

RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO AÇUDE DO BARRO BRANCO EM JUAZEIRO DO NORTE-CE: DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS

José Laécio de Moraes¹
John Hebert da Silva Felix²

RESUMO

O presente trabalho busca compreender os desafios e soluções para a recuperação ambiental do Açude do Barro Branco, em Juazeiro do Norte, Ceará. Para tanto, em primeiro lugar identificamos as causas e tipos de degradação ambiental do Açude do Barro Branco. Em seguida, avaliamos como tem sido feita a gestão dos recursos hídricos do Açude do Barro Branco. Por fim, propomos um plano de recuperação ambiental para mitigar os impactos ambientais identificados no referido recurso hídrico. Como metodologia, adotamos inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o tema, posteriormente, aplicamos um checklist para identificação de causas e tipos de degradação e entrevistas com gestores públicos e privados relacionados à gestão do reservatório. Como resultados foi apresentado um diagnóstico da situação atual do Açude do Barro Branco e sua gestão e propomos um plano de recuperação ambiental da área de estudo, bem como indicamos os principais desafios a serem enfrentados na gestão e recuperação desse bem ambiental, dando um norte para as ações a serem implementadas para melhoria de sua qualidade ambiental.

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas. Degradação dos Recursos Hídricos. Áreas de Preservação Permanente.

ABSTRACT

This study seeks to understand the challenges and solutions for the environmental recovery of the Barro Branco Reservoir, in Juazeiro do Norte, Ceará. To this end, we first identify the causes and types of environmental degradation of the Barro Branco Reservoir. Then, we evaluate how the water resources of the Barro Branco Reservoir have been managed. Finally, we propose an environmental recovery plan to mitigate the environmental impacts identified in this water resource. As a methodology, we initially adopted a literature review on the subject, then applied a checklist to identify causes and types of degradation and interviews with public and private managers related to the management of the reservoir. As a result, a diagnosis of the current situation of the Barro Branco Reservoir and its management was presented and we propose an environmental recovery plan for the study area, as well as indicating the main challenges to be faced in the management and recovery of this environmental asset, providing guidance for the actions to be implemented to improve its environmental quality.

Keywords: Recovery of degraded areas. Degradation of Water Resources. Permanent

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), laecio.moraes@urca.br.

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, johnfelix@unilab.edu.br.

Preservation Areas.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças impulsionadas pelas atividades humanas, resultado do desenvolvimento socioeconômico, têm se intensificado significativamente. Especialistas apontam que essas transformações são tão profundas que já deixam marcas permanentes nos registros geológicos da Terra. Isso ocorre porque alteram o ritmo natural de modificação das rochas, que passam a acumular sedimentos de diversas origens. Essas mudanças têm levado pesquisadores a sugerirem o reconhecimento formal de uma nova era geológica, o Antropoceno, caracterizada pelos impactos das ações humanas sobre o meio ambiente (Zalasiewicz, 2016).

O desenvolvimento socioeconômico e cultural da sociedade contemporânea, aliado ao significativo crescimento das áreas urbanas e ao aumento do consumo per capita de bens e serviços, decorrente do rápido avanço econômico observado nos últimos anos, tem gerado uma série de problemas ambientais. Esses desafios impactam recursos naturais essenciais para a sobrevivência humana no planeta, sendo a água um dos recursos mais vulneráveis e ameaçados. Diante disso, torna-se urgente a implementação de estratégias eficazes para sua conservação e uso sustentável.

A contaminação dos recursos hídricos tem se destacado como uma das principais preocupações no debate sobre a gestão da água, sendo uma questão ainda mais complexa devido à sua natureza difusa e às múltiplas origens. Entre as causas dessa contaminação estão: lixões e aterros mal gerenciados; acidentes com substâncias tóxicas; práticas inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias-primas, produtos, efluentes e resíduos em indústrias, como químicas, petroquímicas, metalúrgicas, eletroeletrônicas, alimentícias, galvanoplastias, curtumes, entre outras; atividades minerárias que comprometem os aquíferos; sistemas de saneamento "in situ"; vazamentos nas redes de esgoto; o uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes; práticas de irrigação que podem gerar problemas como salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para os aquíferos; além de outras fontes dispersas de poluição (Cetesb, 2023).

Em 2019, a população mundial era de 7,7 bilhões de pessoas e espera-se que chegue a 9,7 bilhões até 2050 (United Nations, 2019). Esse crescimento populacional significativo terá repercussões em diversas áreas de desenvolvimento, uma vez que esses novos habitantes precisarão de alimentos, energia e bens manufaturados, todos os quais exigem água. Além disso, haverá uma demanda crescente por água para consumo doméstico, como beber, cozinhar e

tomar banho. O aumento dessa demanda está levando à exploração insustentável dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, o que torna urgente a busca por soluções para evitar a “próxima grande crise global” (Mckie, 2015).

Neves et al. (2017) alertam que, em resposta à escassez de água que tem afetado a humanidade nas últimas décadas, o uso de águas subterrâneas se tornou uma alternativa em diversas regiões do mundo. Estima-se que mais de 300 milhões de poços tenham sido perfurados nos últimos 30 anos em todos os continentes. No Brasil, as águas subterrâneas são responsáveis por aproximadamente 50% do abastecimento de água potável.

Na visão de Nascimento (2011), a água, embora seja um recurso natural renovável, é também exaurível e sofre os impactos das ações socioeconômicas, que a tornam suscetível à degradação. Esse processo reduz sua qualidade e a disponibilidade utilizável em períodos de tempo cada vez mais curtos. Diferente de outros recursos naturais, que se esgotam com o uso, as formas de utilização da água causam modificações significativas em seus aspectos qualitativos e quantitativos.

A contaminação da água compromete tanto a qualidade quanto a diversidade biológica dos ecossistemas aquáticos, afetando diretamente o equilíbrio ambiental. Além disso, as atividades produtivas que dependem da água, como a agricultura, a indústria e o abastecimento de água potável, também são severamente prejudicadas, impactando a economia e a saúde humana.

As transformações ambientais observadas nas diversas bacias hidrográficas, tanto no campo quanto nas áreas urbanas, indicam uma crescente pressão social sobre os recursos naturais disponíveis. No caso dos recursos hídricos, por exemplo, a demanda aumentou devido à diversificação de seus usos e ao crescimento urbano e agroindustrial, frequentemente resultando em impactos ambientais que reduzem os índices de desenvolvimento social. Além disso, fatores como a compactação dos solos, a erosão, o desmatamento, especialmente da vegetação ciliar, a compactação das várzeas pela pecuária extensiva, os longos períodos de seca, com a interrupção do fluxo hídrico, e a irregularidade na alimentação dos regimes fluviais agravam ainda mais a situação (Nascimento, 2011).

Segundo Rebouças (2002), a crise hídrica no Brasil, especialmente no Nordeste, decorre de uma série de fatores, entre eles: o crescimento rápido e desordenado da demanda por água; a degradação da qualidade dos mananciais, que são utilizados em níveis insustentáveis; a baixa eficiência dos serviços de saneamento básico; a criação de áreas de risco; e o agravamento dos efeitos da seca. Esses problemas são resultado da urbanização e da industrialização, da história do uso extensivo do potencial hídrico no meio rural, e do baixo nível tecnológico e

organizacional nos métodos de uso e ocupação do solo. Isso tem causado desmatamento, erosão, empobrecimento das pastagens nativas, redução das reservas de água no solo e uma queda progressiva da produtividade natural. Nesse contexto, é urgente implementar a gestão ambiental das bacias de drenagem como unidades de planejamento, com o objetivo de mitigar ou reverter o estado de degradação das paisagens, que afeta diretamente a qualidade de vida das populações.

Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos é um tema de extrema relevância no Brasil, especialmente em regiões semiáridas, onde a escassez de água é uma realidade enfrentada por muitas comunidades. O Açude do Barro Branco, localizado na área urbana do bairro Três Marias, em Juazeiro do Norte, no sul do Ceará, é um recurso hídrico urbano que tem apresentado indicativos de degradação ao longo dos anos. A poluição, o assoreamento e a eutrofização deste corpo hídrico, combinados com a falta de ações efetivas para sua preservação comprometem não apenas a qualidade da água, mas também a biodiversidade local e a qualidade ambiental de todo o entorno do reservatório.

O problema central que este trabalho buscou abordar foi: quais estratégias podem ser implementadas para promover a recuperação ambiental do Açude do Barro Branco e garantir uma gestão sustentável de seus recursos hídricos? A partir dessa questão, propõe-se investigar as causas da degradação do açude, avaliar as práticas de gestão atuais e propor ações para um plano de recuperação que envolva ações integradas de preservação ambiental, conscientização da comunidade e intervenções eficazes na área.

A escolha do Açude do Barro Branco como objeto de estudo se justifica pela sua relevância enquanto recurso hídrico urbano da cidade de Juazeiro do Norte e seu papel enquanto elemento paisagístico no bairro Três Marias. Contudo, sua degradação representa uma ameaça à saúde pública e à sustentabilidade da região. Além disso, o aumento das temperaturas e as mudanças climáticas têm acentuado a pressão sobre os recursos hídricos, tornando ainda mais urgente a necessidade de ações efetivas para sua recuperação.

Nesse sentido, estudos demonstram que a degradação ambiental dos açudes está diretamente relacionada à falta de gestão adequada e ao despreparo da comunidade em relação à conservação dos recursos naturais. Portanto, o fundamento desta pesquisa não está apenas em identificar os problemas enfrentados pelo Açude do Barro Branco, mas também propor soluções viáveis que possam ser implementadas em parceria com a população local e os órgãos governamentais.

Como objetivo geral nos propomos a compreender os desafios e soluções para a recuperação ambiental do Açude do Barro Branco, em Juazeiro do Norte, Ceará.

Para alcançarmos os objetivos geral anteriormente proposto, delimitamos os seguintes objetivos

específicos:

- a) Identificar as causas e tipos de degradação ambiental do Açude do Barro Branco;
- b) Avaliar os efeitos da degradação ambiental no Açude do Barro Branco;
- c) Propor ações para a elaboração de um plano de recuperação ambiental para mitigar os impactos ambientais identificados no Açude do Barro Branco.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Recursos Hídricos: um desafio para gestão urbana

Estudos apontam que mais de 70% da superfície da Terra é coberta por água. No entanto, nem toda essa água está disponível para uso humano. Os oceanos são os maiores corpos de água, tanto em área quanto em volume, e respondem por aproximadamente 96,5% de toda a água da Terra. Mas, a água do mar contém grandes quantidades de sal (~35g/L) o que torna essa água inutilizável para fins humanos sem dessalinização. Os 2,5% restantes da água são água doce e aproximadamente 90% delas estão presos na neve e no gelo (USGS, 2016).

Já discutimos que a população mundial pode chegar a 9,7 bilhões até 2050 (United Nations, 2019), nesse sentido há projeção de que o crescimento industrial acompanhe o crescimento populacional. A urbanização e os avanços em tecnologia e engenharia e contribuem para o aumento da demanda global por recursos. Nessa perspectiva podemos citar dois grandes impactos na disponibilidade de água da atividade industrial: grandes volumes de água são usados durante a atividade industrial, e resíduos são descarregados ou produzidos, geralmente diretamente em ou perto de recursos hídricos.

Geralmente onde as indústrias estão em operação, grandes volumes de água são frequentemente necessários como matéria-prima para a produção, para o resfriamento de máquinas e para as instalações dos funcionários. Por esse motivo, é comum que as áreas industriais estejam localizadas perto de grandes corpos d'água superficiais, como lagos e rios. Desse modo, a disponibilidade de água é, portanto, uma questão que deve ser considerada no planejamento urbano e industrial.

Considerando as particularidades e os desafios envolvidos na definição do que caracteriza o rural e o urbano, a concentração de seres humanos nas cidades é uma realidade inegável. A rápida urbanização, enquanto fenômeno global, representa um dos principais problemas que a maioria dos países precisa enfrentar, principalmente em se tratando de regiões metropolitanas, onde esse fenômeno ocorre em maior intensidade.

É fato que a urbanização ocorre mais rapidamente em regiões onde há atração de pessoas

devido ao desenvolvimento industrial e o crescimento econômico, resultando em cidades cada vez maiores. Nessas circunstâncias, um número crescente de pessoas vive e trabalha em torno de uma localidade central, e a paisagem conseqüentemente muda para acomodar mais moradores.

Com o crescimento das cidades, a paisagem local passa por mudanças para acomodar edifícios, estradas e instalações comerciais e industriais. Esse processo de urbanização, por vezes, não é acompanhado da oferta pelo poder público de infraestruturas adequadas para atender aos moradores de diversas áreas da cidade, surgindo diversos problemas urbanos, relacionados principalmente ao uso e ocupação desordenada das áreas urbanas, muitas delas consideradas áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações. Como reflexo da desordenada ocupação urbana vemos a ausência de pavimentação de ruas, deficitária iluminação pública, inexistência de redes de distribuição de água tratada e de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, falta de coleta de resíduos sólidos, contaminando diretamente o solo e os recursos hídricos urbanos.

Moraes e Jordão (2002) defendem que a ocupação humana inadequada, como o despejo de resíduos líquidos e sólidos nos corpos d'água, tem prejudicado a qualidade da água. Pesquisas apontam que a poluição gerada por esgotos e resíduos industriais é uma das principais fontes de contaminação, impactando diretamente a saúde das populações que dependem dessas fontes para o consumo.

É comum que a poluição da água ocorra em áreas de intensa atividade humana, como em cidades altamente populosas, zonas industriais e comunidades periurbanas., uma vez que a utilização de produtos químicos de uso doméstico atrelada a ausência de tratamento dos efluentes pode aumentar a possibilidade de dispersão de materiais indesejáveis no meio ambiente, contaminando especialmente os recursos hídricos (Aktar et al.,2009).

A forte pressão das ações antrópicas nos ambientes urbanos tem influenciado no ciclo hidrológico, essa influência decorre da construção de infraestruturas como ruas, calçadas e edificações resulta na impermeabilização do solo, o que impede a infiltração da água da chuva e conseqüentemente gera o aumento no escoamento superficial, contribuindo para alagamentos e erosão do solo. Além disso, a ausência de vegetação nas áreas urbanas reduz a evapotranspiração e a capacidade de retenção de água, acentuando os problemas relacionados a drenagem das águas pluviais, contribuindo para a introdução de poluentes nos corpos d'água, de modo a afetar a sua qualidade (Santana et al, 2023).

Santana e colaboradores (2023) defendem que as atividades urbanas liberam uma série de poluentes, incluindo metais pesados, pesticidas, produtos químicos e resíduos sólidos, que

são transportados pela água da chuva. Além disso, a urbanização pode elevar a temperatura dos corpos d'água, uma vez que as áreas urbanas costumam apresentar temperaturas mais altas devido ao fenômeno das ilhas de calor. Portanto, é fundamental levar em conta os impactos da urbanização na hidrologia e realizar um planejamento adequado do uso do solo e da gestão dos recursos hídricos para minimizar esses efeitos adversos.

Nesse sentido, Silva e colaboradores (2024) argumentam que as bacias urbanizadas enfrentam desafios consideráveis na manutenção da qualidade da água devido a problemas como poluição pontual e difusa, aumento do escoamento superficial causado pela impermeabilização do solo, transporte de contaminantes para os corpos hídricos e alterações nos regimes hidrológicos, como a modificação dos cursos d'água e a ocupação irregular de áreas de várzea. Esses impactos geram problemas ambientais e de saúde pública, incluindo a degradação dos ecossistemas aquáticos e a proliferação de doenças transmitidas pela água.

2.2 Degradação dos recursos hídricos

Fernandes e colaboradores (2005) sugerem que o termo degradação ambiental, refere-se aos danos causados ao meio ambiente por atividades econômicas, aspectos populacionais e fatores biológicos.

Sánchez (2006) classifica a degradação ambiental como um termo de conotação claramente negativa, com uso quase sempre ligado a uma mudança ou perturbação ocasionada pelo homem em um ambiente.

A lei Federal nº 6938 de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente) define em seu art. 3º, inciso II, que a degradação da qualidade ambiental é a “alteração adversa das características do meio ambiente” (Brasil, 1981), reforçando a conotação negativa apresentada por Sánchez (2006).

Já o Decreto Federal 97.632/89 (Brasil, 1989), apresenta a degradação como o conjunto de “processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”.

Para Dias (1998), a degradação ambiental refere-se a alterações nas condições naturais que comprometem o uso dos recursos naturais (solos, água, flora, fauna, etc.) e diminuem a qualidade de vida das pessoas.

A degradação ambiental pode ser entendida como “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade

ambiental” (Sánchez, 2006).

No tocante aos ecossistemas aquáticos, Tundisi e Tundisi (2008) explicam que as atividades humanas têm produzido uma contínua e inexorável deterioração da qualidade das águas e alterações profundas no ciclo hidrológico, nos ciclos biogeoquímicos e na biodiversidade.

Straškraba (1986) destaca que a degradação dos corpos d’água lênticos é percebida através de 15 características como:

1. Poluição por matéria orgânica de origem doméstica, geralmente relacionada com despejos de esgoto não tratado;
2. Remoção da vegetação de Áreas de Preservação Permanente;
3. Presença de processos erosivos e deposição de sedimentos, ocasionando assoreamento dos corpos hídricos;
4. Contaminação por bactérias e vírus, originadas a partir de despejos de esgoto hospitalar, fezes de animais e resíduos sólidos despejados irregularmente;
5. Eutrofização: introdução excessiva de matéria orgânica no sistema aquático, devido à entrada de nutrientes (especialmente nitrogênio e fósforo);
6. Poluição por nitrato, produzindo problemas de saúde pública;
7. Anoxia hipolimnética (em lagos e represas estratificados);
8. Acidificação: diminuição do pH e liberação de metais;
9. Problemas de turbidez produzidos por material em suspensão;
10. Salinização decorrente da excessiva aplicação de fertilizantes no solo, ou salinização do solo em regiões áridas ou semiáridas;
11. Poluição por metais pesados;
12. Presença de substâncias tóxicas resultantes de produtos agroquímicos e/ou acumulação nos sedimentos e bioacumulação nos organismos;
13. Impactos de substâncias tóxicas resultantes da eutrofização e do crescimento acelerado de cianobactérias;
14. Descarga de óleos e outras substâncias químicas nos rios, lagos, represas e nos estuários e águas costeiras;
15. Aumento da temperatura da água por poluição térmica, desequilíbrio nos ciclos hidrológicos, aumento da temperatura da água devido a alterações associadas a mudanças climáticas globais.

Pesquisadores têm indicado que o aquecimento global, de origem antropogênica, terá um impacto significativo nos recursos hídricos do planeta. Os principais efeitos esperados estão

relacionados ao aumento da drenagem, mudanças nos padrões de precipitação, elevação dos níveis dos rios, alterações no uso do solo e deslocamento da população devido às modificações climáticas locais e regionais (Dias; Matos, 2023).

Os recursos hídricos de regiões áridas e semiáridas são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas, o que pode resultar no dessecamento permanente de áreas úmidas atuais e no desaparecimento definitivo de lagos temporários. Com a redução do volume de água, o possível aumento da eutrofização e a aceleração dos ciclos hidrológicos, existe o risco de intensificação da eutrofização, o que levaria à degradação da qualidade da água nos mananciais (Tundisi e Tundisi, 2008).

Na região semiárida do Brasil, o crescimento econômico está, em grande parte, fundamentado na exploração dos recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos. Esse modelo, por si só, não representa um problema, desde que o uso dos recursos seja realizado de maneira equilibrada. O problema surge quando a exploração é orientada pela maximização dos benefícios de curto prazo, sem considerar a sustentabilidade a longo prazo e a degradação ocorrida ao longo do processo (Silva et al., 2018).

Tendo em vista a necessidade de não apenas prevenir a ocorrência de degradação da qualidade ambiental, surge a necessidade de recuperar os ambientes degradados pelas atividades antrópicas. Nesse sentido, a Política Nacional do Meio Ambiente apresenta a recuperação de áreas degradadas como um de seus princípios (Brasil, 1981). Tal “recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Brasil, 1989).

Nessa perspectiva, a Lei Federal nº 9985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Brasil, 2000) define recuperação como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.

Em se tratando de recuperação de ambientes aquáticos degradados, Tundisi e Tundisi (2008) sugerem que antes de se adotar qualquer tecnologia para a recuperação desses ambientes é importante que seja realizado um diagnóstico do estágio atual de degradação do recurso hídrico (reservatório) que se deseja recuperar. A utilização de checklist com questões a serem levantadas é um passo importante para se conhecer a realidade dessas áreas. A seguir apresentamos um quadro com perguntas que puderam auxiliar no diagnóstico realizado neste trabalho.

Quadro 1 - Checklist de informações relevantes para diagnóstico de degradação ambiental de reservatório.

Qual é a área do ecossistema aquático e qual é a relação entre ambos?
Quais são os principais focos de poluição existentes no recurso hídrico?
Quais são os tipos e as declividades dos solos que compõem o entorno do recurso hídrico, considerando-se a erosão e seus efeitos na composição das águas?
Quais são os tipos predominantes de uso do solo?
Quais são as consequências desses tipos de uso?
Houve desmatamento no entorno do reservatório? Qual é o estado da cobertura vegetal? Necessita de recuperação ou proteção?
Quais são as entradas (carga) de nutrientes (N, P) no reservatório?
Qual é o tempo de retenção do reservatório?
Qual é a composição dos sedimentos do reservatório e quais são suas concentrações de nitrogênio e fósforo?
Qual é o tipo de uso que o público faz do reservatório?
Quais são os principais fatores impactantes existentes?
Analisar a posição e a distância dos focos de poluição em relação ao reservatório.

Fonte: Adaptado de Tundisi e Tundisi (2008).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

A presente pesquisa pode ser classificada, conforme Gil (2017), quanto: a) a área do conhecimento, como pesquisa em Geociências; b) à finalidade, trata-se de uma pesquisa básica estratégica, por buscar novos conhecimentos direcionados amplas áreas com vistas à solução de reconhecidos problemas práticos; c) aos seus propósitos gerais (objetivos), a pesquisa é explicativa; d) a natureza dos dados, é qualitativa; e) aos ambiente de coleta dos dados, será uma pesquisa de campo; f) ao grau de controle das variáveis, a pesquisa é não experimental; g) aos métodos empregados: trata-se de uma pesquisa bibliográfica combinada com aplicação de checklist na área estudada.

Quanto aos procedimentos, o presente trabalho trata-se de um estudo de caso relacionado à recuperação ambiental do Açude do Barro Branco, em Juazeiro do Norte, Ceará. O estudo de caso é uma metodologia de pesquisa que, geralmente, utiliza dados qualitativos coletados a partir de eventos reais, com a finalidade de explicar, explorar ou descrever fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto específico. Esse tipo de estudo é

caracterizado por uma análise detalhada e abrangente de um número reduzido de objetos, ou até mesmo de um único objeto, proporcionando um entendimento profundo sobre o tema investigado (Yin, 2009).

Na visão de Goode e Hatt (1975), o estudo de caso permite investigar, de maneira aprofundada, o desenvolvimento, as características e outros aspectos constitutivos de diversas unidades sociais, como um indivíduo, um núcleo familiar, uma escola, um grupo social, uma empresa pública ou privada, entre outros. Esse método possibilita a organização dos dados de caráter social relacionados ao objeto de estudo, preservando sua natureza e características específicas.

3.2 Campo Social

A pesquisa foi realizada em uma área de expansão urbana do município de Juazeiro do Norte, Estado do Ceará, denominada distrito de Três Marias, tendo como objeto de estudo o açude do Barro Branco, situado no loteamento urbano denominado Juá Ville, conforme é mostrado na Figura 1.

O Açude do Barro Branco ocupa uma área de aproximadamente 6,1ha quando atinge sua capacidade máxima, não tendo sido identificados dados oficiais sobre a capacidade de armazenamento do reservatório. No açude não há captação de água para consumo humano ou quaisquer atividades industriais, tratando-se de um reservatório cujo uso é limitado a dessedentação de animais que são criados na área do seu entorno. A importância desse reservatório para o município de Juazeiro do Norte está relacionada a contenção de enchentes na área onde está situado, bem como ao seu papel como elemento paisagístico da área urbano, uma vez que este é um dos poucos reservatórios artificiais em área urbana do município.

Segundo o IPECE (2024), o município de Juazeiro do Norte está localizado na Região do Cariri, possuindo uma área territorial absoluta de 258,8 km², o que corresponde a 0,17% do território do Estado do Ceará, de clima predominantemente Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando, com temperaturas médias variando entre 24°C e 26°C, pluviometria histórica de 925,1mm anuais, com período chuvoso compreendido entre os meses de janeiro e maio. O município está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Salgado, caracterizado por relevo de Sertões e solos predominância de solos classificados como Argissolos e Neossolos, em cuja vegetação predominante é do tipo Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Mata Seca).

Juazeiro do Norte possui 286.120 habitantes (IBGE, 2022), com densidade demográfica

de 1.105,62 hab./km². Em 2021, o PIB per capita foi de R\$ 18.381,08. Em relação a outros municípios do estado, o município ocupava a 25^a posição entre 184 e a 3.334^a posição entre 5.570 municípios. Possui 47,2% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, 89,6% dos domicílios urbanos localizados em vias públicas com arborização e 11,6% dos domicílios urbanos em vias públicas com infraestrutura urbana adequada (como bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio).

Figura 1- Planta de situação do Açude do Barro Branco, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

2.3 Instrumentos e procedimentos de coleta de dados

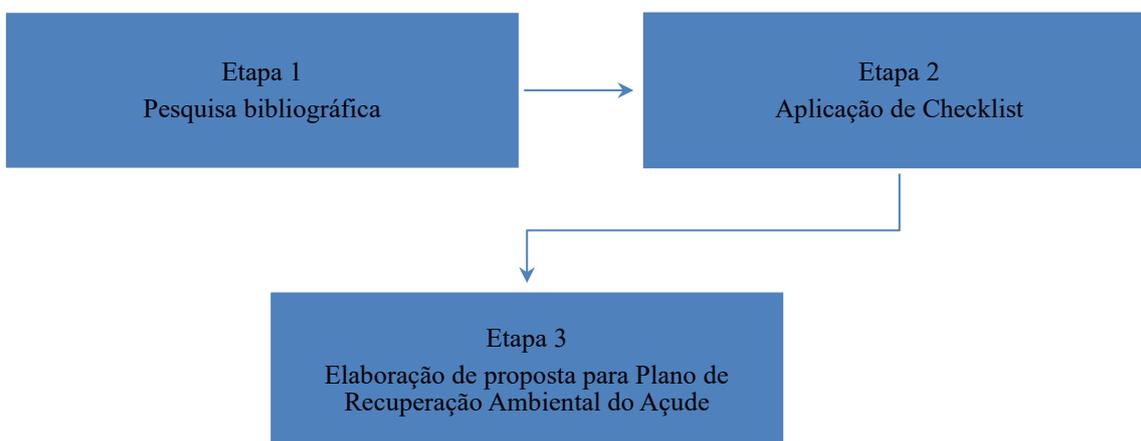
Como parte dos procedimentos metodológicos foram aplicadas as seguintes etapas: levantamento bibliográfico e aplicação de checklist. Os procedimentos adotados estão sumarizados no fluxograma metodológico, conforme é apresentado na Figura 2.

Para conhecer os impactos ambientais presentes no açude do Barro Branco, foi necessária a construção de um check-list, que segundo Medeiros (2010), é uma ferramenta

prática e de fácil aplicação, composta por uma lista de fatores e parâmetros ambientais que auxiliam na identificação de elementos ambientais relevantes. Este método pode ser realizado em um curto período de tempo, com custos reduzidos, e é de fácil compreensão pelo público em geral. No entanto, apresenta um alto grau de subjetividade, uma vez que prioriza a análise qualitativa em vez de adotar uma abordagem quantitativa na avaliação.

O objetivo do checklist é identificar os impactos ambientais sobre uma determinada área a partir de ações antrópicas, com base em estudos realizados no local, onde um especialista, utilizando seus conhecimentos, realiza um diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e social do sítio em questão.

Figura 2 - Procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação do Checklist durante visita de campo na área do Açude do Barro Branco, foi identificado que o ecossistema aquático do mesmo ocupa uma área de 6,1ha (quando atinge sua capacidade máxima) inserido em um ambiente de expansão urbana, o qual sofre forte pressão das atividades antrópicas presentes na área (residências, comércios e indústrias).

As áreas urbanas nos municípios se expandem sobre espaços que antes eram cobertos por vegetação, especialmente por meio da criação de loteamentos. Esse processo afeta o manejo e a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos locais, interferindo nas dinâmicas e ciclos

ecológicos de matéria e energia, os quais têm menor rotatividade em ambientes urbanos em comparação aos ambientes naturais. Assim, é recomendada a conservação dos recursos locais para garantir uma qualidade de vida mínima à população.

De modo geral, os problemas socioambientais que se destacam na região do Açude do Barro Branco estão ligados a ocupações do entorno, descarte irregular de resíduos sólidos (Figura 3) lançamento de efluentes domésticos, resultantes da expansão urbana, que não obedecem às legislações, uma vez que não houve a preservação de faixa marginal de 30 metros correspondente a Área de Preservação Permanente (APP) do açude, cujo objetivo é justamente a preservação dos ecossistemas urbanos límnicos.

Figura 3 – Resíduos sólidos dispostos irregularmente na área do entorno do Açude do Barro Branco em Juazeiro do Norte-CE.



Quanto à vegetação, o que foi observado nas áreas adjacentes ao loteamento foi um ambiente típico da caatinga com a presença de vegetação e fauna predominantes desse domínio morfoclimático. Essa vegetação foi identificada na Área de Preservação Permanente (APP) e na área verde do loteamento Juá Ville.

Quando da visita de campo com aplicação do check-list, entre as espécies vegetais encontradas observou-se a presença de *Piptadenia columbrina* (angico branco), *Conidoscoluli phyllacanthus* (favela), *Caesalpinia pyramidalis* (catinguei), *Mimosa hostilis* (jurema preta), *Pilosocereus gounellei* (xique-xique), *Combretum leprosum* (mofumbo), *Aspidosperma pyriformium* (pereiro), *Ximения americana* (ameixa brava), *Caesalpinia ferrea* (pau-ferro), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Amburana cearenses* (cumarú), *Ziziphus joazeiro* (juazeiro) (Figura 4a) e *Croton sonderianus* (marmeleiro). Tal área se encontra no segundo estágio de sucessão ecológica, com predominância de arbustos, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Espécies vegetais presentes na APP do Açude do Barro Branco, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

Percebeu-se que a ação antrópica na área fez com que fosse reduzida a diversidade de espécies vegetais na mesma, tendo muitas delas desaparecido devido à constante pressão advinda das atividades humanas. Cipullo (2016) alerta que os habitats disponíveis para a vida selvagem passaram por alterações drásticas e a biodiversidade já enfrentou perdas consideráveis, principalmente pela fragmentação de habitats. Nesse sentido, a biodiversidade tem um papel fundamental na manutenção da resiliência dos ecossistemas através dos grupos funcionais de organismos.

A fauna típica desse ambiente é constituída por espécies animais como *Milvago chimachima* (gavião), *Columbina picui* (rolinha branca), *Polyborus plancus* (carcará), *Coragyps atratus* (urubu), *Crotalus durissus* (jararaca), *Thamnodynas tespallidus* (corri campo), *Crotalus durissus* (cascavel), *Euphractus sexcintus* (tatu-peba), *Procyon cancrivorus* (guaxinim), *Apis mellifera linguica* (abelha italiana).

Com relação às características pedológicas, foram identificados os solos rasos com rochas expostas. A área em estudo, antes da instalação do loteamento, também era uma propriedade privada com intensa atividade pecuária (criação de gado bovino), sendo visível a ausência de vegetação em parte da área, fato que contribui para a presença de processos erosivos na Área Verde do loteamento, como pode ser visualizado na Figura 5, reforçando a necessidade de recuperação dessa área.

Figura 5 - Processos erosivos presentes na Área Verde do Loteamento Juá Ville, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

Atualmente todas as formações vegetais, em maior ou menor grau, encontram-se modificadas pela ação humana. Isso ocorreu principalmente por causa das atividades agropecuárias e pelos impactos causados pela urbanização. Em muitos casos, sobram apenas algumas manchas em que a vegetação original é encontrada, nos quais, embora com pequenas alterações, ainda preserva suas características principais, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Representação das principais características atuais da área a ser recuperada.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

A área de estudo foi afetada por desmatamento para implantação do loteamento urbano, afetando áreas que, em tese, deveriam permanecer com vegetação, como é o caso das áreas verdes e APPs que são zonas ecologicamente sensíveis e vulneráveis, estabelecidas com o objetivo de conservação (Oliveira et al., 2017), o que implica que devem ser mantidas cobertas pela vegetação nativa, sendo vedado qualquer tipo de utilização. Foi identificada a necessidade

de recomposição florestal de 4,5ha correspondentes a APP e área verde do loteamento.

A primeira consequência do desmatamento é o comprometimento da biodiversidade, por causa da diminuição ou, mesmo, da extinção de espécies vegetais e animais. As florestas tropicais tem uma enorme biodiversidade e, por isso, possuem um valor incalculável. Muitas espécies, hoje ainda desconhecidas da sociedade urbano-industrial, podem vir a ser a solução para a cura de doenças e poderão ser usadas na alimentação ou como matérias primas. Com o desmatamento, há o risco dessas espécies serem destruídas antes de serem descobertas e estudadas.

Ao analisar a pressão antrópica no Córrego Cascavel, em Goiânia, no estado de Goiás, Canedo (2021) sugeriu que a revegetação de espaços abertos de solo exposto são a maneira ideal nos centros urbanos para mitigar problemas ambientais, corroborando com a necessidade de recuperação da vegetação ripária do Açude do Barro Branco, utilizando principalmente espécies nativas.

Segundo Baptista e Pádua (2016), a vegetação ripária desempenha um papel crucial na proteção dos cursos d'água contra a entrada de poluentes difusos, contribuindo para a melhoria da qualidade da água. Os autores destacam a importância dessa vegetação na remoção e controle da movimentação de nutrientes, sedimentos, matéria orgânica, agrotóxicos, metais pesados e outros poluentes antes que estes atinjam o corpo d'água.

De acordo com Ticianel (2023), a zona ripária oferece estabilidade às áreas mais íngremes das margens, reduzindo a erosão do solo e a deposição de sedimentos no rio, além de ser essencial para a saúde do ecossistema local. A autora sugere que, para a reintegração dessas áreas, medidas como a revitalização da mata ciliar, a criação de parques lineares e áreas de proteção ambiental, a regularização de taludes, a aplicação de estacas vivas e a remoção de vias próximas aos recursos hídricos podem ser eficazes.

Na zona ripária do Açude do Barro Branco foi observada a presença de diversos indivíduos da espécie *Prosopis juliflora* (algaroba), conforme apresentado na Figura 7, considerada invasora e um fator limitante para recuperação de áreas com espécies nativas, uma vez que é inibidora da germinação e desenvolvimento de outras espécies vegetais, fazendo-se necessária a sua remoção para a antes de qualquer ação de revegetação da área.

Estudos apontam que a algarobeira prejudica negativamente os ecossistemas endêmicos e os campos agrícolas locais. As substâncias liberadas por *P. juliflora* têm a capacidade de inibir a germinação e o crescimento de culturas tropicais. De modo geral, *P. juliflora* pode reduzir o crescimento das plântulas em termos de área foliar, diâmetro do caule e altura da planta, além de aumentar a mortalidade das plântulas entre espécies nativas de plantas lenhosas da caatinga.

Além disso, as espécies nativas apresentam diferentes níveis de suscetibilidade à presença de *P. juliflora*, especialmente no que diz respeito ao crescimento das plantas (Nascimento et al., 2014).

Figura 7 - Indivíduos de *Prosopis juliflora* (algaroba) presentes na APP do Açude do Barro Branco, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

A presença de gado bovino e de equinos, conforme é mostrado na Figura 8, pastejando na APP são também fatores limitantes para o sucesso da recuperação desta área, carecendo de ações que visem o isolamento da mesma, principalmente através da construção de cercas e controle de acesso ao local.

Figura 8 - Presença de bovinos e equinos na APP do Açude do Barro Branco, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

Segundo Amaral (2018), a presença de bovinos e de equinos em APP é altamente impactante, pois a presença desses animais gera alto grau de impacto ambiental para o meio

físico e biótico, uma vez que compactação do solo, podem favorecer a erosão e assoreamento e ainda interferem nos ecossistemas naturais. Assim, faz-se necessário o isolamento com cerca tipo alambrado das áreas de APP para impedir o trânsito de animais, pois conforme relatado por Sampaio e Guarino (2007), o pisoteio de animais em áreas de vegetação nativa, interfere nos processos sucessionais e de regeneração devido à quebra ou herbivoria de plântulas e a compactação do solo.

Durante os trabalhos de campo foi observada a presença abundante de espécies macrófitas no espelho d'água do Açude do Barro Branco. É importante destacar que as macrófitas aquáticas são espécies naturais nos reservatórios e desempenham funções ecológicas essenciais para os ecossistemas aquáticos. No entanto, as condições de degradação, especialmente nos reservatórios, que são ambientes altamente gerenciados, seja devido à poluição ou ao assoreamento, favorecem a propagação e o crescimento dessas plantas. Isso se torna um problema significativo, comprometendo a operação, o manejo e a vida útil dos reservatórios (Barbosa, Gentil, 2009).

Como apontado por Barbosa e Gentil (2009), não existe uma solução única para esse problema, pois só poderá ser resolvido por meio de um manejo integrado para o controle das macrófitas aquáticas, aliado ao conhecimento da dinâmica do reservatório. Assim, expandir o entendimento sobre a ecologia das macrófitas aquáticas tropicais fornecerá informações valiosas para apoiar seu manejo, contribuindo para o gerenciamento ambiental.

Na área a ser recuperada identificamos a proliferação de macrófitas, conforme apresentado na Figura 9, possivelmente ocasionada pelo aumento de nutrientes advindos de esgotos sanitários irregularmente direcionados ao reservatório.

Figura 9 - Presença de plantas macrófitas no Açude do Barro Branco, Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Moraes, José Laécio de (2024).

Para solução desse problema propomos a remoção manual e mecânica das macrófitas, através do uso de roçadeiras, barcos e retroescavadeiras, de modo a ter o cuidado de retirar a vegetação cortada do corpo d'água, pois os inúmeros pedaços gerados poderão se distribuir pelo reservatório e se tornar inóculos para novas colonizações, inclusive em áreas que não apresentavam problemas de intenso crescimento.

As partes cortadas das macrófitas aquáticas podem liberar rapidamente grandes quantidades de nutrientes retidos na biomassa viva, como nitrogênio e fósforo (Pompêo; Henry, 1999). Esse aporte adicional de nutrientes, resultante da decomposição da massa vegetal cortada e morta, pode estimular o crescimento intenso de novas macrófitas aquáticas ou provocar blooms de fitoplâncton. Além disso, a manutenção da massa vegetal triturada e morta prejudicará a qualidade da água, devido ao maior consumo de oxigênio dissolvido durante seu processo de decomposição, podendo resultar em um déficit extremo de oxigênio na água (Antonio et al., 1999), o que causaria novos danos aos usos múltiplos do sistema e à biota. Assim, a remoção das macrófitas aquáticas, além de ser uma solução eficaz para os problemas decorrentes do crescimento excessivo dessas plantas, torna-se quase essencial, pois sua retirada do reservatório ajudará a mitigar os problemas mencionados.

A remoção da biomassa cortada também se configura como uma alternativa eficaz no controle da eutrofização, pois possibilita a retirada de nutrientes na forma de biomassa viva do sistema hídrico. Dessa forma, a remoção das macrófitas aquáticas não apenas controla os problemas secundários resultantes do crescimento excessivo, mas também contribui para a redução dos níveis de nutrientes no sistema.

O destino adequado para a biomassa retirada do reservatório deve ser o pátio de compostagem, para aproveitamento da mesma como fertilizante para a arborização urbana. Guimarães (2000) corrobora com essa solução ao afirmar que o emprego da macrófita aquática como fertilizante é possível por meio da compostagem, e o produto final assim obtido reduz à metade a massa vegetal processada, podendo ser empregado na agricultura ou lançado no solo sem risco ambiental significativo.

De modo geral, sugerimos a implantação de uma série de ações anteriormente apresentadas e que são relevantes para a recuperação da área do Açude do Barro Branco e de seu entorno, afim de subsidiar a elaboração e execução do plano de recuperação da área degradada, sugerimos a adoção da sequência de ações sistematizadas no Quadro 2, apresentado a seguir.

Quadro 2 – Sugestão de etapas para elaboração e execução do PRAD do Açude do Barro Branco.

Elaboração de diagnóstico detalhado da área degradada
Georreferenciamento da Área de Preservação Permanente - APP
Demarcação e proteção da APP por meio de cercamento
Elaboração do Plano de Plantio
Remoção da vegetação exótica da área
Manejo/remoção de plantas macrófitas aquáticas do açude
Seleção e aquisição das mudas de espécies nativas
Plantio de mudas nativas na APP e área verde
Acompanhamento técnico das atividades a serem desenvolvidas
Tratos culturais e manutenção do plantio
Monitoramento da recuperação ambiental da área

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos urgente a implementação de ações de recuperação ambiental no Açude do Barro Branco, sendo estas baseadas em documento técnico que atenda a legislação aplicada a recuperação de áreas degradadas e que contemple técnicas adequadas ao local e as condições ambientais em que se encontra a área, nesse sentido o PRAD a melhor opção a ser adotada para o caso em estudo.

Para a área total a ser recuperada considerando a necessidade de plantio em toda a sua extensão com mudas de plantas nativas, as quais devem ser distribuídas entre espécies pioneiras, secundárias e clímax.

Faz-se necessário o manejo das plantas macrófitas aquáticas, devendo ser retiradas das margens do reservatório através de roço manual ou de forma mecânica com uso de retroescavadeira e nas áreas interiores do açude com o uso de barcos. A biomassa dessa vegetação deverá passar por processo de compostagem em pátio próximo ao local e ser utilizada como adubo orgânico para a árvores urbanas do loteamento onde está situado o loteamento.

Espera-se que haja o entendimento por parte do proprietário do loteamento e de autoridades municipais sobre a importância da recuperação da área objeto deste estudo e que ações de recuperação sejam adotadas, de modo a promover uma melhor qualidade ambiental em um futuro próximo.

As ferramentas metodológicas apresentadas nesse trabalho podem ser aperfeiçoadas e adaptadas a distintas realidades locais, a depender do interesse de estudo de outros pesquisadores e órgãos públicos. Sendo de grande relevância o monitoramento das áreas degradadas para compreender a sua evolução durante uma série histórica e possibilitar a tomada de decisões pelas partes interessadas, tendo sempre como base a conformidade com as especificações técnicas, os parâmetros projetados nos planos de recuperação de áreas degradadas e os exigidos por lei, possibilitando assim o desenvolvimento da atividade antrópicas de forma ambientalmente correta no local.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, R. M.; BITAR, A. L.; BIANCHINI Jr., I. Consumo de oxigênio na mineralização de folhas, galhos, cascas e serrapilheira. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 2, p. 65-78, 1999.

AKTAR, M. W.; SENUPTA, D.; Chowdhury, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc Toxicol.* 2009; Vol. 2(1): 1–12. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2984095/>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BAPTISTA, M.; PÁDUA, V. (2016). “Técnicas para Intervenções em Cursos d’água”, in: *Restauração de sistemas fluviais*. Editora Manole Ltda, ed. 1, pp. 259-304.

BARBOSA, A. C.; GENTIL, I. C. Histórico do manejo de macrófitas aquáticas no reservatório Guarapiranga. In: **SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE**, 2., 2009, Taubaté. Anais... Taubaté: IPABHi, 2009. p. 585-592. Disponível em: <https://ipabhi.org/serhidro/anais/anais2009/doc/pdfs/p76.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 6938 de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRASIL. Decreto Federal nº 97.632 de 1989. Dispõe sobre regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRASIL. Lei nº 9985 de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 16 nov. 2024.

CANEDO, G. B.; CASTRO, M. N. 2021. ANÁLISE DA PRESSÃO ANTRÓPICA DO CÓRREGO CASCAVEL EM GOIANIA-GO. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 27 f.

Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3416/1/TCC 2 - Gustavo Borges Canedo.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CETESB (2023). **Poluição das águas subterrâneas**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CIPULLO, N. Biodiversity Indicator's: the accounting point of view. Elsevier. **Procedia Economic and Finances**. v. 39, p. 539 – 544, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567116302970>. Acesso em: 27 dez. 2024.

DIAS, R. L. F.. 1998. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semiárido cearense** (O caso de Irauçuba). Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 139 f.:Il.

DIAS, R.; MATOS, F. IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS: DESAFIOS E IMPLICAÇÕES PARA A HUMANIDADE. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, set. 2023. Disponível em: <https://show.scientificsociety.net/2023/09/impactos-das-mudancas-climaticas-nos-recursos-hidricos-desafios-e-implicacoes-para-a-humanidade/>. Acesso em: 02 jan. 2025.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. S.; SILVA, R. G. Degradação Ambiental no Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n.1. mar. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/9hL8j98frVh6cGTR65W5Qcm/?format=pdf>. Acesso em: 28 dez. 2024.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. São Paulo: Nacional, 1975.

GUIMARÃES, L. T. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ**. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COOPE), 2000. 172 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) – **Panorama Cidades** – Juazeiro do Norte. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 12 dez. 2024.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2024). **Perfil Básico Municipal** – Juazeiro do Norte. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 21 dez. 2024.

MCKIE, R. 2015. **Why fresh water shortages will cause the next great global crisis**. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2015/mar/08/how-water-shortages-lead-food-crises-conflicts>. Acesso em: 22 fev. 2021.

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://sapiens.ipt.br/Teses/2010_TA_Roselice_Duarte_Medeiros.pdf. Acesso em: 21 dez.2024.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**. v. 36, n. 3, jun. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/qNPRVprxpJZq9bpRKmwRTYC/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2024.

NASCIMENTO, F. R. CATEGORIZAÇÃO DE USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E PROBLEMAS AMBIENTAIS. **Revista da ANPEGE**. v. 7, n. 1, número especial, p. 81-97, out. 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6555>. Acesso em: 16 dez. 2024.

NASCIMENTO, C. E. S.; TABARELLI, M.; SILVA, C. A. D.; LEAL, I. R.; TAVARES, W. S.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the Brazilian Caatinga vegetation. **Science of the Total Environment**. v. 481 (2014) p. 108–113. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714001818>. Acesso em: 12 dez. 2024.

NEVES, A. L. R. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 124-135, 1 jan. 2017.

OLIVEIRA, S. N. JUNIOR, O.A. C. GOMES, R. A. T. GUIMARÃES, R. F. MCMANUS, C. M. Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. *Land Use Policy*, v.61, 2017, p. 40–52. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.046>. Acesso em: 17 dez. 2024.

POMPÊO, M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Chemical composition of tropical macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil)**. *Hydrobiologia*, v. 411, p. 1-11, 1999.

REBOUÇAS, A. C. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; e TUNDISI, J. G. (orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p. 151-199.

SANTANA, P. L.; UDA, P. K.; FINOTTI, A. R. A URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DO RIO DO MEIO. In: XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos . nov. 2023, Aracaju. **Anais eletrônicos do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Aracaju: ABRHIDRO, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14714- :~:text=Esse%20estudo%20aborda%20a%20expans%C3%A3o%20das%20%C3%A1reas%20urbanas,cen%C3%A1rio%20futuro%20considerando%20o%20plano%20diretor%20da%20regi%C3%A3o>. Acesso em: 18 dez. 2024

SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, v.31, n.6, 2007, p. 1035-1046. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000600008>. Acesso em: 2 dez. 2024.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SILVA, J. L. C.; VIDAL, C. A. S.; BARROS, L. M.; FREITA, F. R. V. ASPECTOS DA

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 180–191, 2018. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6206. Acesso em: 29 dez. 2024.

SILVA, G. G.; ALMEIDA, C. C.; KNAPIK, H. G. APLICABILIDADE DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA EM BACIAS DENSAMENTE URBANIZADAS: ESTUDO DE CASO DO RIO BELÉM/CURITIBA-PR. In: XV Encontro Nacional de Águas Urbanas e V Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos. set. 2024, Recife. **Anais eletrônicos do XV Encontro Nacional de Águas Urbanas e V Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos**. Recife: ABRHIDRO, 2024. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/238/XV-ENAU0155-1-20240701-195900.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2024.

STRAŠKRABA, M. Ecotechnological Measuring Against Eutrophication. *Limnologica*, Berlin, v. 17, p. 239-249, 1986.

TICIANEL, L. M. “Estratégia de Auxílio no Processo Decisório de Projetos de Restauração de Bacias Urbanas”. (2023). Dissertação de mestrado, UFPR, Curitiba, pp. 103.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

USGS. 2016. The USGS Water Science School. United States Geological Survey. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school>. Acesso em: 12 jan. 2021.

United Nations. 2019. População mundial deve aumentar para 9,7 bilhões em 2050. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666621>. Acesso em 11 jan. 2021.

YIN, R.K. (2009). Case study research, design and methods (applied social research methods). Thousand Oaks. California: Sage Publications.

ZALASIEWICZ, J. *et al.* The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. **Anthropocene**, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213305416300029>. Acesso em: 12 jan. 2023.