

## IMPACTOS DA AÇÃO HUMANA SOBRE OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA, NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

Ana Liliane dos Santos Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Natal, RN, Brasil  
[analliane2018@hotmail.com](mailto:analliane2018@hotmail.com)

Diógenes Félix da Silva Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia & MCC, Natal, RN, Brasil  
[diogenes.costa@ufrn.br](mailto:diogenes.costa@ufrn.br)

### RESUMO

Os reservatórios de água são grandes aliados para uma boa convivência com o semiárido, oferecem diversos serviços ecossistêmicos (SE) que são importantes para a qualidade de vida das pessoas. A classificação dos SE prestados por reservatórios, é importante, para que além do conhecimento de quais serviços são ofertados, seja possível contribuir para uma gestão e um manejo sustentável minimizando os impactos causados pela interferência humana. O objetivo desta pesquisa foi identificar quais os SE prestados pelo Açude Ministro João Alves (Boqueirão), em Parelhas/RN, durante a estação chuvosa anual da região e avaliar como esses serviços estão sendo impactados. Para isso, os procedimentos metodológicos foram: listagem de controle em campo para identificação dos SE, classificação dos serviços através da CICES (v. 5.1) e aplicação do método DPSIR para avaliação dos impactos. Os resultados apontaram ocorrência dos serviços nas três categorias - provisão, regulação e manutenção e culturais - durante a estação chuvosa (mesmo que apenas em determinados períodos do ano). Pode-se então chegar à conclusão de que os serviços hídricos oferecidos pelo reservatório são predominantes durante os meses do ano em que há um maior registro pluviométrico. O comprometimento no abastecimento humano e animal foi considerado um dos impactos mais visíveis.

**Palavras-chave:** DPSIR. Reservatórios. Desertificação.

### IMPACTS OF HUMAN ACTION ON ECOSYSTEM SERVICES IN A WATER RESERVOIR DURING THE RAINY SEASON IN THE SEMI-ARID REGION OF BRAZIL

### ABSTRACT

Water reservoirs are great allies for a good coexistence with the semi-arid region, they offer several ecosystem services (ES) that are important for people's quality of life. The classification of the ES provided by reservoirs is important, so that in addition to knowing which services are offered, it is possible to contribute to management and sustainable management, minimizing impacts caused by human interference. The objective of this research was to identify the ES provided by the Ministro João Alves Dam (Boqueirão), in Parelhas/RN, during the annual rainy season in the region and to evaluate how these services are being impacted. For this, the methodological procedures were: list of field control to identify and, classification of the ES through CICES (v. 5.1) and application of the DPSIR method to assess impacts. The results showed the occurrence of services in the three categories - provision, regulation and maintenance, and cultural - during the rainy season (even at certain times of the year). It can then be concluded that the water services offered by the reservoir are predominant during the period when there is a greater rainfall record. The compromise in human and animal supply was considered one of the most visible impacts.

**Keywords:** DPSIR. Reservoirs. Desertification.

### INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil, que abrange os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e regiões Norte e Nordeste do Estado de Minas Gerais, enfrenta diversos empecilhos devido às suas condições climáticas. Mas, não só por causa disso, também é

importante considerar as ações antrópicas que influenciam diretamente os impactos ambientais da referida região, bem como os desafios futuros que virão com o atual cenário de mudanças climáticas (Cirilo, 2008).

Um dos principais problemas enfrentados é a escassez hídrica, devido receber poucas chuvas e passar entre seis a sete meses em período de estiagem ao longo do ano (Ab' Saber; Oliveira, 2003). De modo geral, a região ocupa 12% da população do país, cerca de 28 milhões de habitantes que residem no semiárido são impactados. Como consequências socioambientais há o impacto negativo comprometendo o abastecimento de água de diversos municípios. Geralmente isso ocorre durante os períodos de estiagem prolongada, onde a situação tem tendência a se agravar refletindo diretamente nas atividades econômicas, principalmente, a agroindustrial (INSA, 2024).

Portanto, é importante que haja o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis na região. Uma gestão de qualidade sobre esses recursos garante que os impactos causados pela seca, tanto na população quanto no meio ambiente sejam mitigados. As políticas públicas possuem grande relevância nesses casos, pois com a implantação delas, como por exemplo a construção de reservatórios para o armazenamento de água, contribuem para um melhor suprimento das necessidades hídricas na região (Cirilo, 2008).

Quando a gestão e o manejo das bacias hidrográficas são realizados corretamente, mostram-se eficazes para garantir uma melhor convivência com o semiárido (Sobral, 2011). Por meio disso, a distribuição e o acesso à água para a população ocorrem em melhores condições e com mais facilidade por meio de adutoras sendo a solução mais adequada quando se trata do abastecimento humano sem mananciais tão próximos (Cirilo, 2008).

Durante os últimos 50 anos a construção de reservatórios de água na região neotropical (área do planeta que possui similaridade de fauna e flora, que vai do sul da América do Sul a áreas tropicais do México) (Amorim, 2024), foi responsável por diversas mudanças na biodiversidade natural tanto terrestre quanto aquática dos ecossistemas (Agostinho; Pelicice; Gomes, 2008). Algumas das consequências dessa construção é na qualidade da água e nos múltiplos usos de tais reservatórios. Mas, a diversidade dos serviços ecossistêmicos ocorre quando esses ecossistemas envelhecem, uma vez que a qualidade da água e a conservação são mantidas (Tundisi; Matsumuratundisi; Tundisi, 2008).

Costanza et al. (1997) definem Serviços Ecossistêmicos como “os benefícios que as populações humanas derivam, direta ou indiretamente, de funções dos ecossistemas”. Assim, é importante ressaltar que, eventualmente os SE podem ser mencionados como “funções”. Em relação às diferentes categorias, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), que é considerada como a categorização mais citada, classifica os SE agrupando-os em quatro categorias, sendo elas: provisionamento, regulação, culturais e serviços de apoio. Outra categoria de classificação bastante utilizada é a da CICES, que classifica os serviços em seção, divisão, grupo, classe e tipo de classe.

Os serviços hídricos são valiosos para a biodiversidade do local e responsáveis pela prestação de vários benefícios essenciais para as populações como um todo. Alguns exemplos são o abastecimento de água, a irrigação, a geração de energia, recreação, controle de enchentes, transporte e navegação, balanço de nutrientes, etc. (Pinto-Coelho; Havens, 2016). A classificação dos serviços hídricos prestados por reservatórios é importante para que, além do conhecimento de quais deles são oferecidos, seja possível contribuir para uma gestão e um manejo sustentável minimizando os impactos causados pela interferência humana.

A presente pesquisa apresenta como problemática as seguintes questões: existem serviços ecossistêmicos no reservatório além dos que já foram identificados na literatura? Esses serviços permanecem durante todo o ano ou somente em determinados períodos? Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi identificar quais os serviços ecossistêmicos (SE) prestados pelo Açude Ministro João Alves (Boqueirão), localizado no município de Parelhas/RN, durante a estação chuvosa anual da região e avaliar como esses serviços estão sendo impactados.

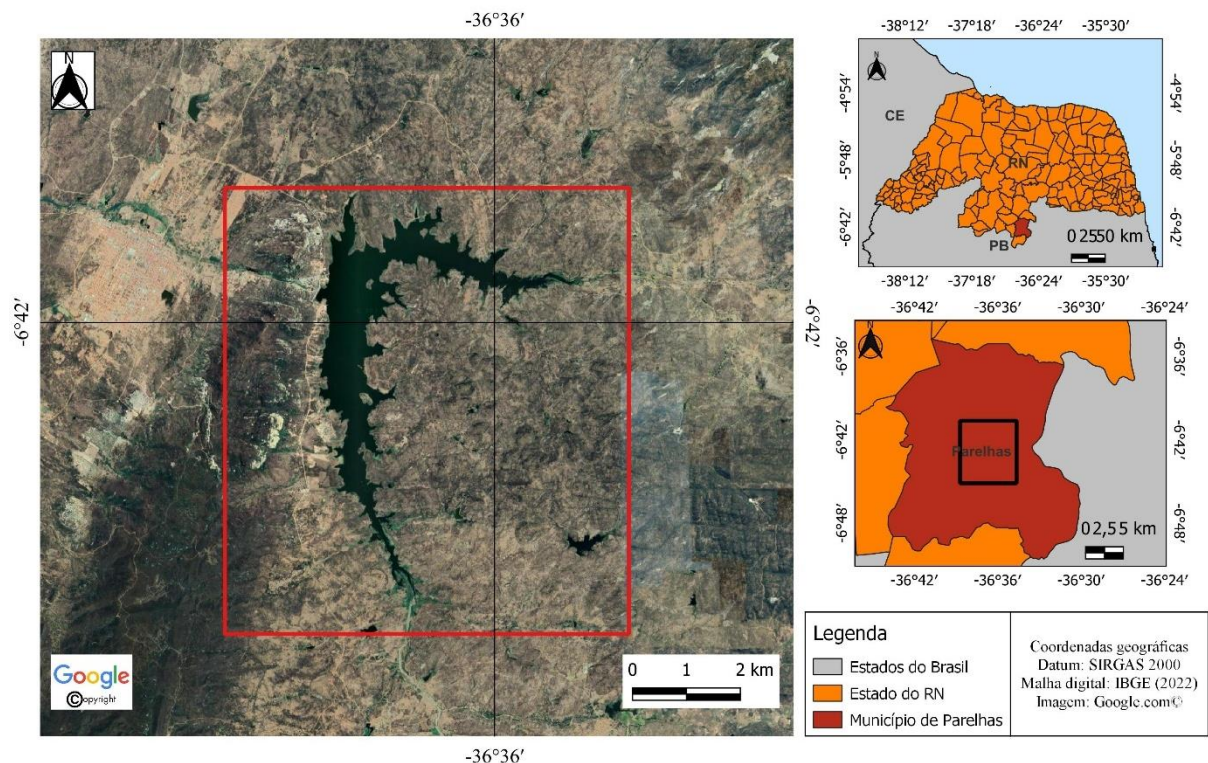
## **METODOLOGIA**

### ***Área de estudo***

Localizado no município de Parelhas/RN, no Estado do Rio Grande do Norte, o reservatório Ministro João Alves, popularmente conhecido como Barragem Boqueirão de Parelhas, foi construído em 1988

e está localizado a 2,5 km da cidade, com ponto de barramento na coordenada 6°41'36"37' (Santos et al., 2005).

Figura 1 - Localização do Reservatório Ministro João Alves (Boqueirão), 2023



Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: Os autores, 2023.

A Bacia de drenagem do reservatório Ministro João Alves possui área de 1.519 km<sup>2</sup>, com volume de armazenamento máximo de 85.012.750 m<sup>3</sup> (Semarh, 2013). O município está inserido na Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, que é a principal bacia hidrográfica no estado do Rio Grande do Norte (Teixeira, 2018).

De acordo com o último censo, ocorrido no ano de 2022, a população do município é de aproximadamente 21.499 pessoas (IBGE, 2022). Com base na classificação de Köppen, o município de Parelhas, inserido na região Nordeste, apresenta clima semiárido quente do tipo BSw'h' e apresenta duas estações bem definidas, sendo elas uma seca e outra chuvosa (Ab'Saber, 1999).

Referindo-se ao relevo local Pediplano Seridoense (Cestaro *et al.*, 1988), este se apresenta como suave ondulado com solos pedregosos e considerados rasos nesta região. Neles são encontrados facilmente os argissolo, luvisso e neossolo litólico. Com altitudes que variam entre 100 a 400 m e elevações entre 400 a 700 m no relevo (Velloso *et al.*, 2002).

A vegetação é abundante em cactáceas e plantas de baixo porte, que são denominadas de Caatinga Hiperxerófila (Rizzini, 1976). Além disso, Parelhas faz parte do Núcleo de Desertificação do Seridó, assim como do Polo Cerâmico da Região. Isso acarreta ainda mais o quadro ambiental de sua flora, tendo em vista os impactos causados pelas atividades econômicas desenvolvidas no local como a retirada de lenha, a pecuária e atividades de base mineral (Adese, 2008; Rio Grande do Norte, 2010).

### Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos podem ser sintetizados nas seguintes etapas: 1) Revisão bibliográfica e visita a campo nas imediações do referido reservatório para validação de dados e listagem dos possíveis serviços ecossistêmicos; 2) Classificação e análise dos serviços prestados utilizando a tabela CICES (v.5.1); 3) Aplicação da estrutura Drivers-Pressures-State-Impact-Response (DPSIR) e



tabulação dos dados em software de planilha eletrônica; e por fim, 4) Representação gráfica “Diagrama Aluvial”.

Para iniciar o desenvolvimento da primeira etapa da pesquisa, foi necessário realizar a checagem dos SE. Com base na revisão bibliográfica (Oliveira; Araujo; Costa, 2016; Felix, 2017; Oliveira, 2016), foi construída uma lista de SE a serem identificados em atividades de campo. A partir do momento em que um serviço era edificado ocorria o registro dele relatando a sua presença no local.

Em seguida, foi realizado um outro *check list* (lista de controle), de acordo com o método de Sanchez (2013), que tem como objetivo, através da Avaliação de Impacto Ambiental, identificar fatores ambientais (nesse caso, os SE) que possivelmente foram afetados ou impactados por ações humanas. Para esta etapa, a metodologia se resume a uma enumeração e identificação dos impactos que deve englobar os meios biológicos, físicos e socioeconômicos (Moraes; D’Aquino, 2016).

Ao chegar na área de estudo, nos locais onde os serviços eram oferecidos, analisa se ainda ocorria o fornecimento deles, seja através de observações *in loco* ou por meio de indicadores ambientais como: a retirada de recursos naturais, a disponibilidade de água e aspectos culturais. Também era levado em consideração o estado em que o ambiente se encontrava, assim como, os possíveis impactos poderiam comprometer a qualidade dos SE. Ainda nesta primeira etapa, por meio da realização de várias atividades de campo, que ocorreram entre os meses de março a junho foram feitos registros fotográficos dos serviços e impactos.

Figura 2 - Registros das atividades de campo



Fonte: Os autores.

A etapa seguinte foi composta pela classificação dos serviços que foram verificados através da *Common International Classification of Ecosystem Services - CICES*. A tabela CICES classifica por seção, divisão, grupo, classe e tipo de classe. Essa classificação foi elaborada com o intuito de colaborar, caracterizar, contabilizar e avaliar os SE. A versão em seu uso generalizado foi publicada

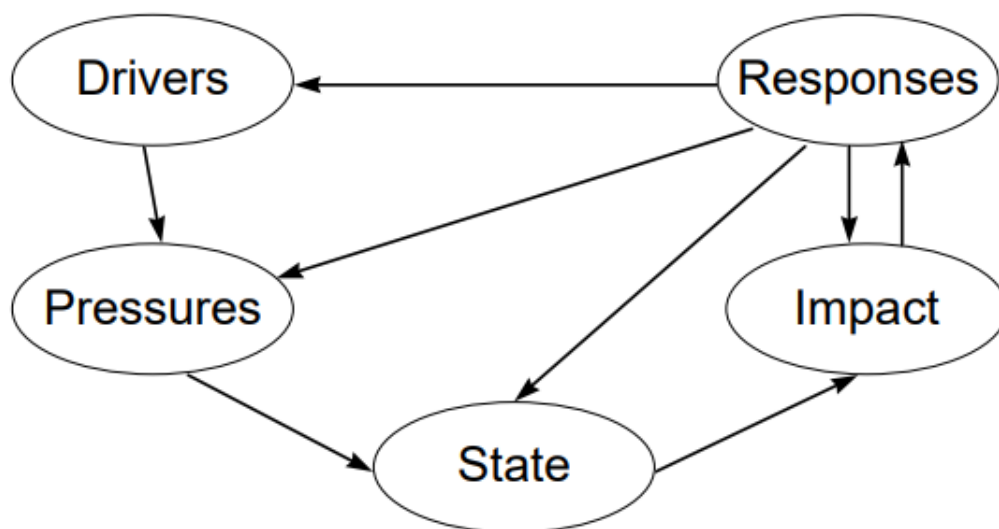
em 2013 (CICES) (v.4.3), desde então tem sido bastante utilizada em pesquisas para identificação, realização de indicadores, mapeamento e avaliação dos ecossistemas (Haines-Young; Potschin, 2012). No entanto, a versão da CICES a ser utilizada no presente trabalho é a mais recente, que é a v.5.1 (2018), a fim de alcançar resultados mais robustos e atuais.

Com o intuito de investigar a associação de causa e efeito das atividades humanas exercidas no reservatório, na terceira etapa foi utilizado o modelo DPSIR (Demanda-Pressão-Estado-Impacto-Resposta) que busca analisar as relações entre as ações humanas e a natureza e conseqüentemente os impactos causados ao meio ambiente por meio desses atos (EEA, 1999). A estrutura DPSIR é utilizada para descrever as relações socioambientais e a partir disso as origens e conseqüências dos impactos ambientais (EEA, 1999). Em reservatórios, o uso desses indicadores ambientais pode auxiliar na gestão, contribuindo para um manejo adequado e eficiente dos recursos naturais, da biodiversidade e do ecossistema (Kristensen, 2004).

Além disso, de acordo com EEA (2003), a estrutura é dividida em cinco categorias, sendo elas: Demandas humanas, Pressões, Estado do meio ambiente, Impactos nos ecossistemas e Respostas. As Demandas, ou forças motrizes são representadas por (D), gerando Pressões representadas por (P), pela sociedade sobre o meio ambiente, e, como resultado dessa pressão, o Estado (S) natural é modificado. Dessa forma, diante das alterações ocorridas no meio natural, isso acaba gerando Impactos (I) que interferem de maneira negativa no funcionamento, tanto do meio ambiente quanto da sociedade, que por conseqüência requer uma Resposta (R). Essas respostas, na maioria das vezes, são as ações mitigadoras que as instituições competentes realizam a fim de minimizar os impactos anteriores (EEA, 2003).

Os “*Drivers*”, que também podem ser ditos como Forças Motrizes, são as necessidades humanas sobre o meio ambiente. As Pressões ou “*Pressures*”, como o próprio nome diz, condizem com as pressões colocadas sob a natureza, geradas a partir das necessidades humanas. O Estado ou “*State*” refere-se ao modo como o espaço (meio ambiente) se encontra. Como conseqüência das alterações na qualidade ambiental e em seu estado, ocorrem os Impactos “*Impact*” sobre os ecossistemas; isso acaba afetando diretamente na qualidade dos serviços prestados à sociedade. E, por fim, esses impactos demandam Respostas “*Responses*” da sociedade a estas mudanças no ambiente, na tentativa de mitigar todos esses impactos através de políticas públicas e ações em busca de recuperar o meio ambiente (EEA, 1999; Kristenssen, 2004).

Figura 3 - Organização: método DPSIR (1999)



Fonte: EEA, 1999.

Em seguida, foi realizada a tabulação dos dados coletados em planilhas eletrônicas virtuais (Google.com©) com o intuito de organizá-los e gerenciá-los em um formato de arquivo adequado para a geração do diagrama aluvial, que é desenvolvido por meio da plataforma *RAW Graphs* v. 2.0 (Mauri et al., 2017). Essa plataforma livre consiste em um aplicativo capaz de gerar gráficos de um conjunto de dados, que quando adicionados nela, são distribuídos e organizados de forma visual mostrando as variáveis e os indicadores que resultaram da estrutura DPSIR.

E por fim, a representação gráfica Diagrama Aluvial, que apresenta a relação entre os fluxos e categorias de acordo com os seus respectivos valores. Sendo assim, para uma melhor compreensão e interpretação do gráfico, as variáveis Demanda e Pressão, foram colocadas por categoria com suas nomenclaturas normais. Já as variáveis Estado, Impacto, Serviços Ecossistêmicos e Respostas foram adicionadas em forma de códigos (Mauri et al., 2017). A pesquisa foi desenvolvida através de estudos já realizados, levantamento de dados em atividades de campo (onde foi coletado material fotográfico a fim de utilizar na construção da pesquisa e também onde houveram observações importantes que contribuíram para o check list) e cruzamento de informações científicas já publicadas sobre o reservatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os materiais disponíveis e selecionados para contribuir com este trabalho, como por exemplo, dados e pesquisas já publicados na literatura, observou-se que atualmente há a presença de serviços já identificados na literatura, mas que antes, por um determinado período, não ocorria na área de estudo. Por meio de leitura do conteúdo juntamente com trabalho de campo para a aplicação da metodologia de checagem, foi possível verificar a presença dos diferentes serviços ecossistêmicos no local, bem como os impactos causados sobre eles devido a ações humanas.

Os SE que ocorrem no açude apresentados por Felix (2017) pertencentes à categoria de provisão são: água para abastecimento humano, criação de animais (suínos e aviários), pesca, peixes de criação, camarão e madeira para lenha. Já os de regulação e manutenção são: controle de inundações e controle das secas. O que corresponde aos culturais, apenas um foi identificado que se encaixa nesta categoria, sendo ele os serviços de bar e restaurantes (Felix, 2017).

De acordo com Oliveira (2016), quando os reservatórios da região semiárida estão com um bom volume de água ou com água disponível, são prestadas diversas funções. As principais, que o autor destaca são: o abastecimento para dessedentação humana e animal, abastecimento para agricultura irrigada, familiar e de subsistência, aquicultura, piscicultura, e produção pesqueira, a mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens, regularização da vazão de rios para o aproveitamento hídrico, autodepuração das águas e dos mananciais, manutenção da biota e de diversos ecossistemas, regulação de fatores abióticos (água, oxigênio, pH das águas e dos solos, hidrogeoquímica, etc.), suporte ecossistêmico oferecendo em seu meio uma biodiversidade de organismos (ictiofauna, comunidades planctônicas e comunidades de herbáceas e macrófitas), ambientes propícios para o crescimento de ervas medicinais, estética ambiental e turismo, ritos religiosos ou não, instigação para produção de conhecimento (Oliveira, 2016).

Para Oliveira, Araujo e Costa (2016) em análise dos SE fornecidos por barragens, identificam para a categoria de provisão o abastecimento de água e a produção de alimentos, irrigação e piscicultura; Para regulação, os autores destacam a mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens, regulação da qualidade da água, autodepuração dos mananciais; E por fim, em suporte, apresentam : produção de oxigênio por fotossíntese, regulação química da atmosfera, criação de refúgio para a fauna da caatinga, provisão de habitat para espécies de ecótonos, regulação da dinâmica de populações, atividade microbiológica, autodepuração do manancial, regulação da ictiofauna, ritos religiosos ou não, recreação e turismo, instigação para conhecimento científico e empírico.

O trabalho de campo viabilizou observar que a maioria dos SE encontrados no açude já foram apontados na literatura sendo eles: água para abastecimento humano e animal, abastecimento para agricultura irrigada, aquicultura, piscicultura, carcinicultura e produção pesqueira, criação de animais (bovinos, caprinos suínos e aves), culturas cultivadas, mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens, manutenção de populações de berçário e habitats, condição química das águas doces, instigação para a produção de conhecimento, valores históricos e educacionais.

Nesta pesquisa foi possível identificar que, tais SE referidos por (Felix, 2017; Oliveira, 2016), como por exemplo, o serviço “qualidades ecológicas da floresta que a tornam atraente para os caminhantes/

jardins privados ou oportunidades para mergulho, natação”, estava presente no decorrer do período chuvoso, mesmo que de forma reduzida.

Pode-se então considerar que os serviços hídricos ofertados pelo reservatório são predominantes durante a estação chuvosa, mais conhecida como inverno da região. Isso se dá pelo fato de que é durante esse período que a região recebe a maior quantidade de precipitações, causando, conseqüentemente, o aumento da lâmina d’água do açude, o que acaba por influenciar um melhor desempenho e qualidade dos SE por este fornecido.

Ou seja, alguns SE que o reservatório oferece são ofertados apenas em determinado período do ano. No entanto, mesmo que esses SE fiquem indisponíveis por algum período, isso não significa que eles não ocorram. Assim, podemos perceber a importância de analisar e comparar avaliando a área com base na sazonalidade das duas estações bem definidas que o clima semiárido possui: a estação chuvosa e a estiagem.

Após a etapa de identificação, realizou-se a classificação de todos os serviços por meio da tabela CICES v.5.1 (2018). Foram elaboradas três tabelas contendo nelas os SE de provisão, manutenção e regulação e culturais, respectivamente, que serão apresentadas adiante.

Na Tabela 1, é possível observar os SE de provisão. Todos esses já haviam sido identificados na literatura e, posteriormente, checado a sua permanência no reservatório. SE de provisão são importantes para as populações e o desenvolvimento delas, pois fornecem o essencial para a sociedade como, por exemplo, a água e a alimentação.

Tabela 1 - Serviços Ecossistêmicos de Provisão  
**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE PROVISÃO**

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Tipo de classe	Serviços Ecossistêmicos
<b>Abiótico</b>	Água	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Água de superfície para beber	Por quantidade, tipo, fontes	Água para abastecimento humano e animal
<b>Abiótico</b>	Água	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Plantas terrestres cultivadas (incluindo fungos, algas) cultivadas para fins nutricionais	Águas superficiais utilizadas como material (para fins não potáveis)	Abastecimento para agricultura irrigada
<b>Biótico</b>	Biomassa	Animais aquáticos criados para nutrição, materiais ou energia	Animais criados por aquicultura in situ para fins nutricionais	Animais por quantidade, tipo	Aquicultura
<b>Biótico</b>	Biomassa	Animais criados para nutrição, materiais ou energia	Animais criados para fins nutricionais	Animais, produtos por quantidade, tipo (por exemplo, carne bovina, laticínios)	Animais criados e suas produções



<b>Biótico</b>	Biomassa	Plantas terrestres cultivadas para nutrição, materiais ou energia	Plantas terrestres cultivadas (incluindo fungos, algas) cultivadas para fins nutricionais	Culturas por quantidade, tipo (por exemplo, cereais, tubérculos, bagas, etc.)	culturas cultivadas
----------------	----------	---	---	---	---------------------

Fonte: CICES (2018).

Na Tabela 2, estão classificados os serviços de manutenção e regulação, que tem um papel fundamental na região semiárida por minorar os efeitos das secas e das estiagens, através da acumulação das águas em reservatórios, garantindo o acesso para a população e aos animais durante os meses em que as chuvas cessam. Além disso, a manutenção de populações de berçário e habitats e a condição química das águas doces também são importantes para a biodiversidade da área e para o bom desempenho e funcionamento dos reservatórios. Todos esses serviços de manutenção e regulação também já haviam sido identificados na literatura e checados quanto à ocorrência na área do estudo.

Tabela 2 - Serviços Ecossistêmicos de manutenção e regulação  
**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE MANUTENÇÃO E REGULAÇÃO**

<b>Seção</b>	<b>Divisão</b>	<b>Grupo</b>	<b>Classe</b>	<b>Tipo de classe</b>	<b>Serviços Ecossistêmicos</b>
<b>Biótico</b>	Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Regulação de fluxos de linha de base e eventos extremos	Ciclo hidrológico e regulação do fluxo de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Por profundidade/volumes	Mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens
<b>Biótico</b>	Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Manutenção do ciclo de vida, habitat e proteção do pool genético	Manutenção de populações e habitats de berçário (incluindo proteção do pool genético)	Por quantidade e origem	Manutenção de populações de berçário e habitats
<b>Biótico</b>	Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Condições da água	Regulação da condição química da água doce por processos vivos	Por tipo de sistema vivo	Condição química das águas doces

Fonte: CICES, 2018.

Durante a estação chuvosa na qual a pesquisa foi desenvolvida, notou-se nas observações em campo que a população voltou a usufruir do banho no açude, bem como visitar o local para apreciar as belezas cênicas e fazer caminhadas e trilhas. Essas atividades se encaixam nos serviços ecossistêmicos culturais, embora no município não haja políticas públicas para o melhor desenvolvimento deles.



Com isso, pode-se observar que alguns SE que o reservatório oferece, ocorrem apenas em determinado período do ano, principalmente durante os meses chuvosos na região. Ou seja, embora esses serviços desapareçam por um determinado tempo, isso não quer dizer que eles não ocorram.

Os SE culturais são os mais dependentes das épocas do ano com maior pluviosidade, pois devido às condições climáticas da região, esses conseguem ser ofertados com mais qualidade, pois com as chuvas a folhagem da vegetação volta, amenizando as elevadas temperaturas e trazendo condições ideais para o desenvolvimento de atividades como caminhadas e trilhas. Com um maior registro das chuvas, os reservatórios de água aumentam seu volume proporcionando belezas cênicas à população e oportunidades para mergulho e natação.

Na Tabela 3, foram classificados os serviços culturais, sendo eles: instigação para a produção de conhecimento; valores históricos e educacionais, que permite por meio do contato com a natureza a geração e inspiração de conhecimento e pesquisa, qualidades ecológicas da floresta que a tornam atraente para os caminhantes, jardins privados ou oportunidades para mergulho, natação, que promove qualidade de vida à sociedade.

Tabela 3 - Serviços Ecossistêmicos Culturais

<b>SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS CULTURAIS</b>					
<b>Seção</b>	<b>Divisão</b>	<b>Grupo</b>	<b>Classe</b>	<b>Tipo de classe</b>	<b>Serviços Ecossistêmicos</b>
<b>Biótico</b>	Interações diretas, <i>in situ</i> e ao ar livre com sistemas físicos naturais que dependem da presença no ambiente	Interações intelectuais e representativas com componentes abióticos do ambiente natural	Características naturais e abióticas da natureza que permitem interações intelectuais	Quantidade por tipo	Instigação para a produção de conhecimento; valores históricos e educacionais
<b>Biótico</b>	Interações diretas, <i>in situ</i> e ao ar livre com sistemas vivos que dependem da presença no ambiente	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou imersivas	Por tipo de sistema vivo ou configuração ambiental	Qualidades ecológicas da floresta que a tornam atraente para os caminhantes; jardins privados ou oportunidades para mergulho, natação

Fonte: CICES (2018).

A partir da análise da interação sociedade e natureza através do modelo DPSIR, obteve-se um quadro (Quadro 1) com as categorias e os seus respectivos códigos, identificando as Demandas (D), Pressões (P), Estado (E), Impacto (I), Serviços Ecossistêmicos (SE) e Respostas (R). Para facilitar a interpretação e a análise dos resultados, foi gerado a partir desse quadro um diagrama aluvial sendo o produto final dessa pesquisa.

Quadro 1 - Códigos e legendas dos indicadores aplicados na metodologia DPSIR e apontados no Diagrama Aluvial

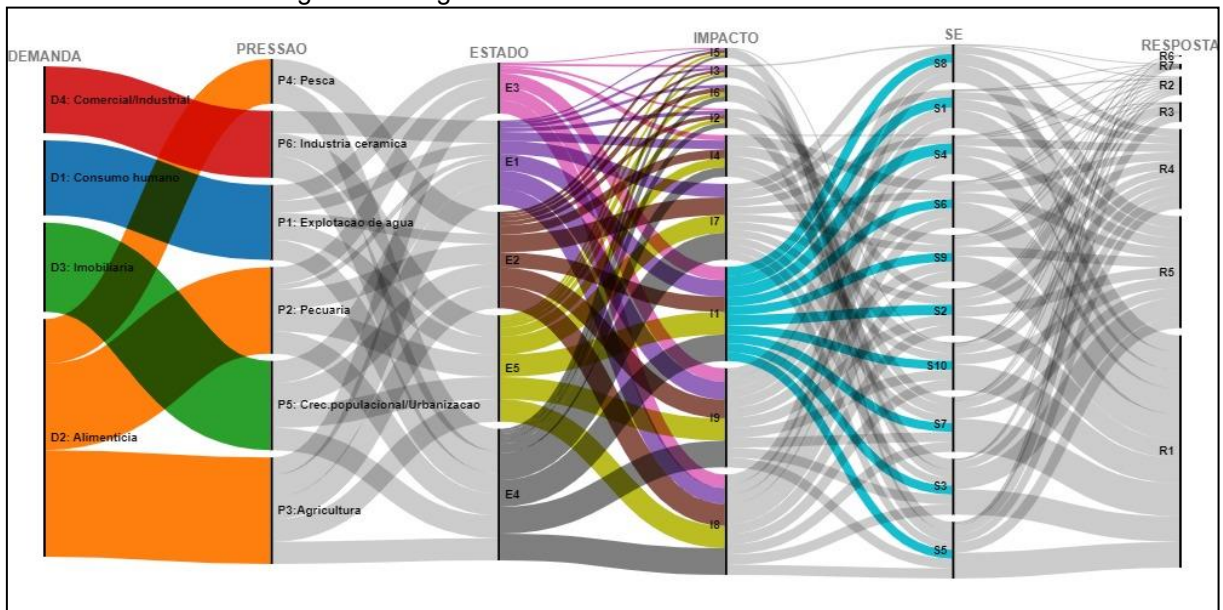
<b>Categorias</b>	<b>Códigos e legendas dos indicadores</b>
Demandas: Desenvolvimento social, econômico e demográfico	D1- Consumo humano
	D2- Alimentícia
	D3- Imobiliária
	D4- Comercial/industrial
Pressão: Atividades humanas resultantes das Demandas que impactam o meio ambiente	P1 - Exploração de água
	P2 - Pecuária
	P3 - Agricultura
	P4 - Pesca
	P5 - Crescimento populacional/urbanização
	P6 - Indústria Cerâmica
Estado: Condição do meio ambiente, qualidade dos fenômenos físicos, químicos e biológicos	E1 - Exaustão dos reservatórios, a queda da disponibilidade hídrica
	E2 - Contaminação e eutrofização de suas águas
	E3 - Reservatório assoreado
	E4 - Resíduos sólidos
	E5 - Desmatamento
Impacto: Resultado das mudanças no Estado	I1 - Comprometimento no abastecimento humano e animal
	I2 - Comprometimento na agricultura
	I3 - Impacto na pesca
	I4 - Compromete os serviços de regulação manutenção e serviços culturais
	I5 - Alteração na composição natural do solo
	I6 - Perda da biodiversidade
	I7 - Poluição dos corpos hídricos
	I8 - Salinização de aquíferos
	I9 - Eutrofização
Serviços ecossistêmicos prestados pelo reservatório	S1 - Água para abastecimento humano e animal
	S2 - Abastecimento para a agricultura irrigada
	S3 - Aquicultura, piscicultura, carcinicultura e produção pesqueira
	S4 - Criação de animais (bovinos, caprinos, suínos, aves)
	S5 - Culturas cultivadas
	S6 - Mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens
	S7 - Manutenção de populações de berçário e habitats
	S8 - Condição química das águas doces
	S9 - Instigação para a produção de conhecimento; valores históricos e educacionais.
	S10 - Qualidades ecológicas da floresta que a tornam atraente para os caminhantes; jardins privados ou oportunidades para mergulho, natação.
Resposta: Esforços institucionais para lidar com as mudanças do Estado do meio ambiente	R1 - Manejo de bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do semiárido
	R2 - Destino correto de águas servidas e resíduos sólidos
	R3 - Adoção e implantação de outras políticas públicas de convivência com o semiárido.
	R4 - Fiscalização a partir das normas ambientais
	R5 - Monitoramento da qualidade da água
	R6 - Implementação de corredores ecológicos
	R7 - Implementação de uma gestão integrada de convivência com o semiárido

Fonte: Os autores, 2023.

O diagrama aluvial apresenta a relação entre as categorias e os fluxos nele adicionados e assim organiza visualmente as variáveis e os indicadores que foram gerados, como resultado da estrutura DPSIR (Figura 3). Assim, torna-se evidente que a interferência humana no meio ambiente impacta diretamente nos indicadores ambientais. As demandas que a sociedade impõe à natureza atingem significativamente os Serviços Ecossistêmicos prestados pelo meio ambiente.

Sendo assim, identificou-se que os SE do reservatório sofrem ameaças devido às demandas sociais, populacionais/urbanas e econômicas que geram pressões sobre o estado natural do açude, afetando a qualidade dos SE prestados e conseqüentemente a qualidade de vida das pessoas. Em virtude das ações humanas, das condições climáticas características da região do semiárido e das mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos, o estado do reservatório encontra-se preocupante.

Figura 4 - Diagrama aluvial resultante do método DPSIR



E1: Exaustão dos reservatórios, a queda da disponibilidade hídrica; E2: Contaminação e eutrofização de suas águas; E3: Reservatório assoreado; E4: Resíduos sólidos; E5: Desmatamento; I1: Comprometimento no abastecimento humano e animal; I2: Comprometimento na agricultura; I3: Impacto na pesca; I4: Compromete os serviços de regulação e manutenção e serviços culturais; I5: Alteração na composição natural do solo; I6: Perda da biodiversidade; I7: Poluição dos corpos hídricos; I8: Salinização de aquíferos; I9: Eutrofização; S1: Água para abastecimento humano e animal; S2: Abastecimento para agricultura irrigada; S3: Aquicultura, piscicultura, carcinicultura e produção pesqueira; S4: Criação de animais (bovinos, caprinos, suínos, aves); S5: Culturas cultivadas; S6: Mitigações dos efeitos das inundações e das estiagens; S7: Manutenção de populações de berçário e habitats; S8: Condição química das águas doces; S9: Instigação para a produção de conhecimentos; valores históricos e educacionais; S10: Qualidades ecológicas da floresta que a tornam atraente para os caminhantes; jardins privados ou oportunidades para mergulho natação; R1: Manejo de bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do semiárido; R2: Destino correto de águas servidas e resíduos sólidos; R3: Adoção e implantação de outras políticas públicas de convivência com o semiárido; R4: Fiscalização a partir das normas ambientais; R5: Monitoramento da qualidade da águas; R6: Implementação de corredores ecológicos; R7: Implementação de uma gestão integrada de convivência com o semiárido.

Fonte: Os autores, 2023.

Foram identificadas como principais demandas sob o reservatório o consumo humano, através do abastecimento de água, tanto para o ser humano quanto para dessedentação de animais. Além disso, o açude abastece outras duas cidades vizinhas, o que acaba por gerar uma pressão sobre os seus recursos hídricos.

Em relação à demanda alimentícia identificou-se a realização da produção pesqueira e a de cultivos no reservatório e em sua área de entorno. Atividades como a agricultura e a pecuária também são desenvolvidas no local. Através do resultado apresentado no diagrama, observa-se que essa foi a maior demanda dentre as demais e conseqüentemente a que gera mais pressão sobre os serviços.

Tratando-se da demanda imobiliária, foi possível perceber que com o crescimento da população, bem como com a especulação de imóveis houve um avanço significativo na construção de estabelecimentos comerciais ou residências privadas ao redor do açude. Desse modo, causando pressões sobre os serviços, impactando diretamente o meio ambiente através do desmatamento e comprometendo o abastecimento. Já a demanda comercial/industrial é representada pela indústria cerâmica que faz o uso dos recursos naturais como por exemplo a água do reservatório como parte do seu processo de produção (Dantas; Santos, 2021).

Para que todas essas demandas sejam saciadas, é necessário a realização de atividades humanas que geram pressão sobre os recursos naturais, que em sua grande maioria acabam sendo impactados negativamente. Foram identificadas um total de seis pressões causadas pelas demandas citadas anteriormente, sendo elas: a exploração da água, que, através do alto consumo nos períodos de estiagem, o reservatório chega a atingir um nível muito baixo, deixando toda a população em alerta e muitas vezes é preciso fazer o racionamento da água.

A pecuária e a agricultura, duas atividades que impactam diretamente os recursos naturais, tanto a água quanto o solo, quando não realizadas da maneira correta, acabam por se contaminarem por meio de agrotóxicos. A pesca, quando em situação de sobrepesca, tanto pressionam o equilíbrio do ecossistema e o habitat, como contaminam com os resíduos deixados por esta atividade.

Na questão imobiliária a pressão atuante é o crescimento populacional e a urbanização, pois com esse avanço se tem cada vez mais procura por áreas para construção seja de residências ou estabelecimentos comerciais, que inclusive já alcançaram a área de entorno do açude. A demanda comercial/industrial as pressões causadas são pela indústria cerâmica que utiliza grandes volumes de água do reservatório como parte do processo de fabricação dos seus produtos (Dantas; Santos, 2021).

No que diz respeito ao estado/condição ao qual o reservatório se encontra, em relação às pressões causadas, foram identificados cinco fatores sendo eles: a exaustão do reservatório e a queda da disponibilidade hídrica; a contaminação e possível eutrofização de suas águas; assoreamento; resíduos sólidos e desmatamento.

Como resultado das mudanças no estado natural foram identificados impactos negativos no abastecimento humano e animal; na agricultura; na pesca; nos serviços de regulação e manutenção e serviços culturais; alteração na composição natural do solo; perda da biodiversidade; poluição dos corpos hídricos; salinização de aquíferos e eutrofização.

No reservatório e em sua área de entorno, foram listados dez serviços ecossistêmicos sendo eles: água para abastecimento humano e animal; abastecimento para a agricultura irrigada; aquicultura, piscicultura, carcinicultura e produção pesqueira; criação de animais (bovinos, caprinos, suínos, aves); culturas cultivadas; mitigação dos efeitos das inundações e das estiagens; manutenção de populações de berçário e habitats; condição química das águas doces; instigação para a produção de conhecimento; valores históricos e educacionais; qualidades ecológicas da floresta, que a tornam atraente para os caminhantes; jardins privados ou oportunidades para mergulho, natação.

É importante destacar que todos esses serviços foram impactados pelas atividades humanas desenvolvidas no reservatório Boqueirão e em sua área de entorno. Como podemos ver no diagrama, há ligação dos efeitos em todos os serviços. Porém, as consequências mais visíveis foram o comprometimento no abastecimento humano e animal, a poluição dos corpos hídricos, a salinização de aquíferos e a eutrofização.

Como medidas mitigadoras para tais impactos foram listadas as seguintes respostas e esforços institucionais para lidar com as mudanças do estado do meio ambiente: manejo de bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do semiárido; destino correto de águas servidas e resíduos sólidos; adoção e implantação de outras políticas públicas de convivência com semiárido; fiscalização a partir das normas ambientais; monitoramento da qualidade da água; implementação de corredores ecológicos; e implementação de uma gestão integrada de convivência com o semiárido.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação dos SE prestados por reservatórios de água, associados ao método de análise DPSIR mostrou-se eficiente para avaliar o impacto da ação humana nas condições deste recurso para prover serviços, como para o consumo humano, alimentícia, imobiliária e comercial/industrial que ocorrem no reservatório analisado.



Com a identificação do problema, torna-se mais fácil aplicar uma gestão e manejo no reservatório que possam diminuir os efeitos causados pelo uso excessivo dos seus recursos, gerando assim uma melhor qualidade no funcionamento e na distribuição das águas. A conservação de todos os outros serviços afetados também irá contribuir com a qualidade do abastecimento público, tendo em vista que um está interligado ao outro.

Portanto, como resposta para mitigação desses impactos, é importante que haja adoção de políticas públicas voltadas para a convivência com o semiárido, juntamente com uma gestão integrada aplicada ao reservatório. É válido ressaltar também a necessidade de fiscalizações, monitoramentos da qualidade da água e projetos que visem a manutenção e restauração da área de estudo e entorno.

Com isso, conclui-se que o reservatório oferece diversos serviços hídricos durante o período de inverno, contudo, acredita-se que a oferta de tais serviços é minimizada ou até mesmo cessada durante o período de estiagem. Para conclusão dessa hipótese, sugere-se a continuidade de pesquisas durante o período de estiagem.

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a CAPES/MEC (Cota PRODEMA/UFRN) pela concessão de bolsa de estudos para viabilizar esta pesquisa, assim como ao Setor de Estudos Ambientais do Museu Câmara Cascudo (MCC/UFRN) pelo apoio logístico e ao projeto “Observatório Potiguar de Unidades de Conservação” (UFRN/PFOEX - PJ277-2024).

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141999000200002>
- AB'SÁBER, A. N.; OLIVEIRA, S. A. K. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: ateliê editorial, 2003. **Revista de Geografia**, v. 29, n. 1, p. 252-258, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/228990>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- ADESE. **Diagnóstico do uso da lenha nas atividades agroindustriais do Território do Seridó/RN**. Caicó, 2008. 130 p. Disponível em: <https://www.doccity.com/pt/adese-diag-do-uso-da-lenha-2008/4902425/>. Acesso em: 23 fev, 2024.
- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology [online]**. 2008, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>
- AMORIM, D.S. Cap. 4, **Biogeografia da região Neotropical**, pp. 88-108, 2024. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B. de; Casari, S. & Constantino, R. (eds). Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 880 pp. <https://doi.org/10.61818/56330464c04>.
- CESTARO, L.A. et al (Org.). **Caracterização dos recursos naturais do município de Caicó - RN**. Natal: Emparn, 1988.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados [online]**. v. 22, n. 63, p. 61-82, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200005>
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R. et al. O valor dos serviços ecossistêmicos e do capital natural do mundo. **Natureza**, v. 387, p. 253-260, 1997. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- DANTAS, F. P.; SANTOS, J. S. dos. A produção da cerâmica vermelha e os impactos ambientais no município de Parelhas-RN. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 68-77, 2021. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/8595>. Acesso em: 1 nov. 2023.
- EEA, European Environment Agency. **Environmental indicators: Typology and Use in Reporting**. European Environmental, 2003. 20 p.

- EEA. European Environment Agency. **Environmental indicators: Typology and overview**. European Environmental, 1999. 19 p.
- FÉLIX, D. R. S. **Serviços Ecossistêmicos prestados pelo reservatório Ministro João Alves (Parelhas/RN)**. 2017. 58f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Centro de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó/RN, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42831> . Acesso em: 29 fev, 2024.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012**. Eutopean Environment Agency Framework Contract No EEA/IEA/09/003, 34p., 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/parelhas.html> . Acesso em: 21 jul, 2023.
- INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **O semiárido brasileiro**. 2024. <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>.
- KRISTENSEN, P. The DPSIR framework. **Denmark: National Environmental Research Institute**, 2004. Disponível em: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-autonoma-de-occidente/medio-ambiente-y-desarrollo/kristensen-2004-the-dpsir-framework-overview/15944910>. Acesso em: 21. Out. 2023.
- MAURI, M; ELLI, T; CAVIGLIA, G; UBOLDI, G; AZZI, M. (2017). **RAWGraphs: uma plataforma de visualização para criar resultados abertos**. Nos anais da 12ª Conferência Bianual sobre o capitulo italiano do SIGCHI. Nova York, NY, EUA: ACM, p. 1-5, 2017. <https://doi.org/10.1145/3125571.3125585>.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington: World Resources Institute, 2005. p.86.
- MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. Avaliação de Impacto Ambiental: Uma Revisão da Literatura Sobre as Principais Metodologias, IN: 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. 2016, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: IFSUL, 2016.
- OLIVEIRA, A. M. de. Análise dos serviços ecossistêmicos em reservatórios da Região Nordeste Semiárida do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 1447–1458, 2016. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10611>
- OLIVEIRA, A. M. de; ARAÚJO, W. S. de; COSTA, D. F. da S. Serviços ecossistêmicos prestados por reservatórios no semiárido do brasil. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 36–43, 2016. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10611>
- PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Gestão de recursos hídricos em tempos de crise**. Porto Alegre – RS: Artmed, 2016, p. 240. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/336820529\\_PINTO-COELHO\\_Ricardo\\_Motta\\_HAVENS\\_Karl\\_Gestao\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_em\\_tempos\\_de\\_crise\\_Porto\\_Alegre\\_Artmed\\_Editora\\_2016\\_240\\_p](https://www.researchgate.net/publication/336820529_PINTO-COELHO_Ricardo_Motta_HAVENS_Karl_Gestao_de_recursos_hidricos_em_tempos_de_crise_Porto_Alegre_Artmed_Editora_2016_240_p) . Acesso em:29 fev, 2024.
- RIO GRANDE DO NORTE. **Secretaria de Recursos Hídricos**. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Rio Grande do Norte – PAE/RN. Natal/RN: 2010. Disponível em: [https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/arquivos/pan\\_brasil\\_portugues.pdf](https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/arquivos/pan_brasil_portugues.pdf) . Acesso em: Acesso em:29 fev, 2024.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. 1ª. Vol. São Paulo, HUCITEC, ed. Da Universidade de São Paulo, 1976-ilust. 327 p.
- SABER, A, N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 1. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.
- SANCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 583 p.
- SANTOS, N. C. F. et al (orgs.). **Caracterização morfológica e cadastro dos Açudes na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu-RN**. Natal, RN: EMPARN, 2005. 26 p. (Documentos; 28). Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000000612.PDF> . Aceso em: 01 mar, 2024.

---

SEMARH-RN. **Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte**. 2013. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/> . Acesso em: 01. nov. 2023.

SOBRAL, Maria do Carmo Martins. Estratégia de gestão dos recursos hídricos. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 7, n.2, p. 76-82, 2011.

TEIXEIRA, Alexandre de Amorim. **Plano de recursos hídricos da bacia do rio piancó-piranhas-açu**. Agência nacional de águas – ANA, 2018. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/25340e2e-22df-435f-ab38-c3aff85afe9f> . Acesso em: 17. Out. 2023.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 4, p. 1133-1135, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500020>

VELLOSO, A. L. et al. (Org.). **Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga**: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil. Recife, 2002. 75 p.

---

Recebido em: 14/03/2024

Aceito para publicação em: 12/07/2024