



## POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES DA ESTRUTURA HÍDRICA DO TERRITÓRIO DO RIO GRANDE DO NORTE

### POTENTIALS AND FRAGILITIES OF THE WATER STRUCTURE OF THE TERRITORY OF RIO GRANDE DO NORTE

**Bruno Lopes da Silva** – UFRN - Natal – Brasil  
brunogeografialopes@gmail.com

**Adriano Lima Troleis** – UFRN – Natal - Brasil  
adrianotroleis@gmail.com

#### RESUMO

Os recursos hídricos de um determinado território podem apresentar diferentes características no que diz respeito a sua disponibilidade. No caso de estados afetados por longos períodos de seca, como o Rio Grande do Norte, essa disponibilidade tende a ser intensificada. Nesse contexto, esta discussão objetiva analisar as fragilidades e potencialidades hídricas do Rio Grande do Norte, no período compreendido entre 2015 e 2017. Para alcançar este objetivo foram realizados um conjunto de procedimentos metodológicos, dos quais destacam-se a pesquisa bibliográfica sobre recursos hídricos, junto aos trabalhos desenvolvidos por Christofolletti (1979/1999); Guerra & guerra (2008); Ross (1993); Santos & Silveira (2008); e Tricart (1977), dentre outros; obtenção de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais; e produção de mapas temáticos dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte. Um dos resultados obtidos na pesquisa revelou que entre 2015 e 2017, mais de 90% dos municípios do estado decretaram estado de calamidade por conta da seca, o que representa um indicador de fragilidade hídrica.

**Palavras-chave:** Hidrologia; Seca; Estado de calamidade

#### ABSTRACT

The water resources of a given territory may present different characteristics with regard to their availability. In the case of states affected by long periods of drought, such as Rio Grande do Norte, this availability tends to be intensified. In this context, this discussion aims to analyze the water weaknesses and potential of Rio Grande do Norte, in the period between 2015 and 2017. To achieve this objective, a set of methodological procedures were carried out, of which the bibliographic research on water resources, together with the works developed by Christofolletti (1979/1999); War & War (2008); Ross (1993); Santos & Silveira (2008); and Tricart (1977), among others; obtaining hydrological data from official bodies; and production of thematic maps of the water resources of Rio Grande do Norte. One of the results obtained in the survey revealed that between 2015 and 2017, more than 90% of the municipalities in the state declared a state of calamity due to the drought, which represents an indicator of water fragility.

**Keywords:** Hydrology; Dry; State of calamit

## INTRODUÇÃO

A estrutura hídrica de um determinado território pode apresentar um conjunto de elementos, que dependendo do seu estado funcional, pode colocar em evidência as potencialidades ou fragilidades dos recursos existentes. Para a identificação dessas potencialidades ou fragilidades da estrutura hídrica, uma série de variáveis devem ser levadas em consideração, como por exemplo, o regime pluviométrico da área analisada; os reservatórios de captação existentes; a vazão das bacias hidrográficas; a disponibilidade e produtividade das captações de água subterrânea; bem como, a lógica de funcionamento dos sistemas de abastecimento de água urbanos.

Dependendo da maneira pela qual essas variáveis se relacionem, poderão ser identificados dois tipos de cenários: territórios com elevada produtividade e disponibilidade de água – potencialidade hídrica; e territórios com baixa produtividade e oferta de água – fragilidade hídrica. Para o estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, uma análise dessa natureza se constitui em uma abordagem de suma importância, pois além de fazer parte do polígono das secas, essa unidade da federação passou por um longo período de estiagem, mais precisamente de 2012 a 2017, o que trouxe consequências para a estrutura hídrica do estado.

Nesse contexto, pretende-se através dessa discussão analisar as fragilidades e as potencialidades hídricas do Rio Grande do Norte, no período compreendido entre 2015 e 2017. Para alcançar esse objetivo, adotou-se como procedimentos metodológicos, uma pesquisa bibliográfica junto aos trabalhos de Santos e Silveira (2008); Christofolletti (1979 e 1999); Tricart (1977); Ross (1993); e Rebouças (1997), entre outros, para a elaboração do embasamento teórico e conceitual sobre potencialidades e fragilidades hídricas.

Foi desenvolvida também uma pesquisa documental para obtenção de dados hidrológicos e de vazão das fontes de água subterrânea e superficial do estado. Essa pesquisa foi realizada mediante consulta aos repositórios institucionais do Ministério de Minas e Energia (2009); da Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2015); da Agência Nacional (ANA, 2016); e da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2017).

Por meio do uso de softwares ligados ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi realizada a espacialização cartográfica dos principais elementos e processos da estrutura hídrica do Rio Grande do Norte, como a dinâmica hidrogeológica e hidrográfica; a vazão dos reservatórios; e níveis de segurança hídrica.

Através da aplicação desses diferentes procedimentos metodológicos, foi possível a construção de uma análise estruturada em três seções temáticas: na primeira seção, discutiu-se a dimensão conceitual das potencialidades e fragilidades; na segunda, foi feita uma abordagem sobre as potencialidades hídricas do Rio Grande do Norte; e na terceira, estudou-se as fragilidades hídricas existentes nessa unidade da federação.

## **POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES HÍDRICAS: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL**

No âmbito dos recursos hídricos, um território pode ter potencialidades e fragilidades, o que para Santos e Silveira (2008) representam os espaços luminosos e os espaços opacos. Dessa forma, o que definiria conceitualmente as fragilidades ou os espaços opacos e as potencialidades ou os espaços luminosos em relação aos recursos hídricos de um território?

As potencialidades hídricas, tidas como pontos luminosos de um território, se caracterizariam pelo conjunto de recursos e estruturas cujas condições oferecem segurança hídrica para a população atendida. Contraditoriamente, as fragilidades, definidas enquanto espaço opacos de um território, representam uma situação cujos recursos e estruturas não oferecem a segurança hídrica para o pleno desenvolvimento de uma determinada população.

Cabe ressaltar que essa condição de “luminosidade ou opacidade” (SANTOS e SILVEIRA, 2008) de um território no que se refere aos recursos hídricos, está mais relacionada ao aparato técnico existente no espaço, no que tange a densidade de estruturas técnicas relacionadas aos recursos hídricos, como adutoras, poços tubulares, barragens, açudes, grandes obras de segurança hídrica, como canais de transposição, dentre outros aspectos. Entretanto, não apenas a densidade técnica de estruturas hídricas é o único indicador de fragilidade ou potencialidade hídrica, pois a condição hídrica de um determinado território pode estar relacionada também a dinâmica de funcionamento dos seus sistemas ambientais.

O exemplo mais claro disso é a própria dinâmica de circulação da água entre a terra e a atmosfera, numa lógica sistêmica. Para representar esse sistema de forma mais simplificada, Christofolletti (1979) desenvolveu a modelagem do fluxo de água em bacias de drenagem, como forma de evidenciar as condições pelas quais um sistema apresente potencialidade ou fragilidade hídrica. Essa modelagem identificou os seguintes processos: a precipitação cai sobre a superfície terrosa; a precipitação é interceptada pela vegetação; a quantidade de água que atinge a superfície ultrapassa a capacidade de infiltração; a

quantidade de água ultrapassa a capacidade de retenção da superfície; a quantidade de água excede a capacidade de umidade do solo; a quantidade de água excede o limite de armazenamento da zona de aeração; o fluxo de água subterrânea processa-se no interior da bacia hidrográfica; e a quantidade de água excede a capacidade do canal.

Quando há o ajustamento completo desses processos às condições externas e internas do sistema, considera-se, portanto, que o sistema alcançou o estágio de equilíbrio. No caso dos recursos hídricos, por exemplo, esse equilíbrio caracteriza-se quando os níveis de entrada e saída de água proporcionam o funcionamento do ciclo hidrológico dentro dos seus limites estruturais. Em termos práticos, identifica-se o equilíbrio em uma bacia hidrográfica quando os recursos disponíveis (matéria e energia) proporcionam os usos múltiplos, para os seus diferentes atores sociais, sem comprometer a qualidade e a quantidade do volume de água existente. Numa escala territorial, isso significaria dizer que o volume de água disponível, encontra-se acima da demanda de consumo da população.

Nesse sentido, a noção de equilíbrio sistêmico é um dos pré-requisitos para a identificação de um cenário de potencialidade hídrica. Por outro lado, quando esse equilíbrio é quebrado, ou seja, quando se identifica o desajuste entre as variáveis do sistema, tem-se, portanto, o início de um cenário de instabilidade (CHRISTOFOLETTI, 1999), que traz à tona um possível cenário de fragilidade hídrica. No caso dos recursos hídricos, esse aspecto é colocado em evidência principalmente quando há alterações no regime de precipitação, quando o nível pluviométrico apresenta queda, o que acarreta um menor aporte de água nas bacias hidrográficas e nos reservatórios superficiais e subterrâneos, como é o caso do que acontece no Nordeste brasileiro, em épocas de secas prolongadas.

Diante disso, parte-se do pressuposto de que há uma inseparabilidade entre as noções de equilíbrio, fragilidade e potencialidades, aplicadas ao estudo dos sistemas ambientais, e em particular para os recursos hídricos. A articulação dessas noções (equilíbrio, fragilidade e potencialidade) tratam-se de contribuições teóricas e empíricas das pesquisas realizadas por Tricart (1977) e Ross (1993), que serviram de base para o desenvolvimento de estudos e propostas e planos de gestão do território. Essas análises tiveram um ponto em comum: a realização de estudos pautados na abordagem da dinamicidade dos sistemas ambientais, considerando os seus diferentes estágios evolutivos. Sendo assim, com base nos resultados e contribuições dessas pesquisas, pressupõe-se as seguintes associações: sistemas ambientais estáveis ou com estabilidade – tendem a colocar em evidência as potencialidades hídricas; sistemas ambientais instáveis – tendem a ressaltar as fragilidades hídricas.

Dessa forma, para uma análise de cunho territorial, que dê conta da totalidade dos recursos hídricos, em termos de potencialidade e fragilidade, é preciso que sejam considerados tanto a densidade das estruturas técnicas ligadas a captação, reservação, adução e distribuição de água; quanto, a lógica de funcionamento e níveis de estabilidade/instabilidade dos sistemas ambientais que estão relacionados com o ciclo hidrológico. Assim, conclui-se que a dimensão conceitual que envolve as potencialidades e fragilidades hídricas, estão relacionadas as materialidades técnicas e ambientais existentes no território. Tal aspecto que deve ser considerado como um dos pressupostos norteadores das ações de planejamento territorial dos recursos hídricos.

No contexto dos recursos hídricos do estado do Rio Grande do Norte, quais situações caracterizam um cenário de potencialidades e um cenário de fragilidades? Para alcançar a resposta desse questionamento, torna-se necessária uma análise integrada das condições territoriais que influenciam os recursos hídricos, considerando tanto os elementos técnicos quanto os ambientais.

## **AS POTENCIALIDADES HÍDRICAS DO RIO GRANDE DO NORTE**

As potencialidades hídricas de um território estão relacionadas ao elevado volume de água disponível, que poderá ser aproveitado por meio de diferentes técnicas de captação (REBOUÇAS, 1997). Por esse motivo, pressupõe-se que quanto maior o potencial hídrico apresentado, passível de ser explorado, maior será a estabilidade de uma área frente aos efeitos adversos de um processo de escassez.

Nesse caso, considerando a estrutura e o funcionamento dos recursos hídricos, quando se identifica um cenário de potencialidade passível de ser explorado, entende-se que pode haver uma menor vulnerabilidade a fenômenos hídricos adversos, tal como um colapso de abastecimento (TRICART, 1977; ROSS, 1993; REBOUÇAS, 1997).

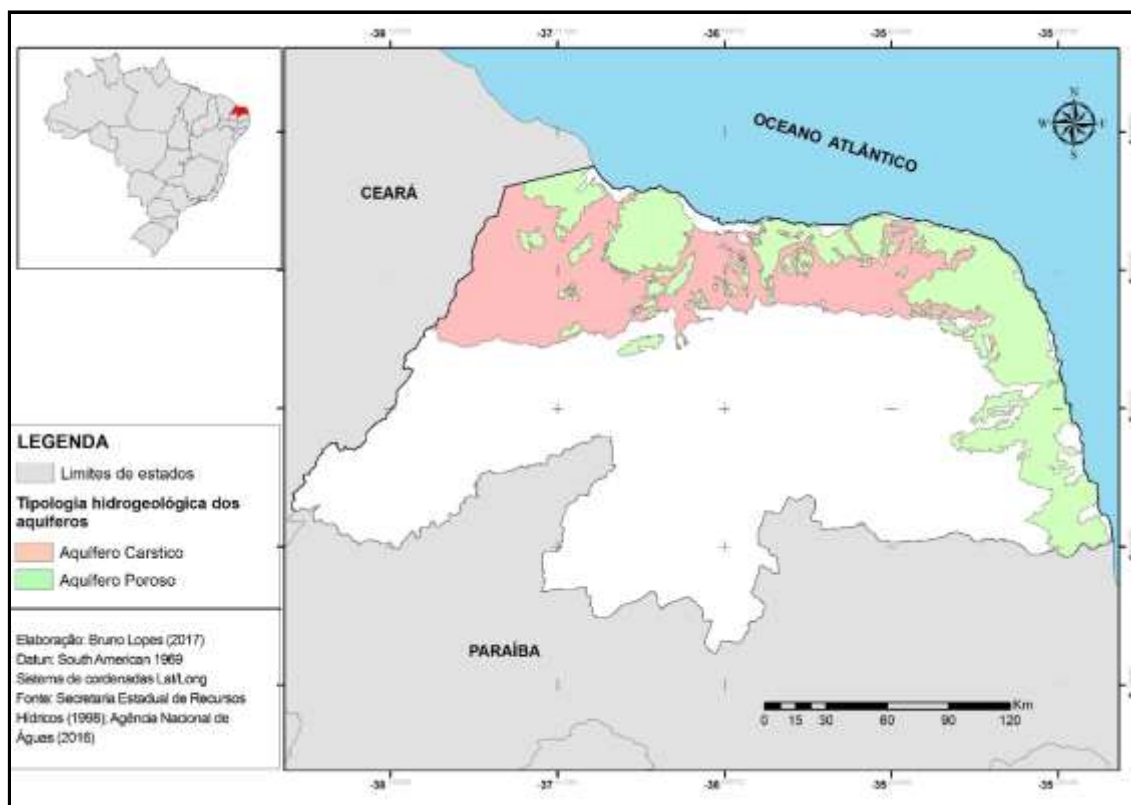
Para o Rio Grande do Norte, três condições foram definidas para identificação do cenário de potencialidade hídrica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009; SEMARH, 2015; MOLLE, 1992; SERHID, 1998):

- 1) Aquíferos com produtividade entre 25 e 100 m<sup>3</sup>/h de vazão;

- 2) Existência de um grande número de reservatórios (açudes e barragens) com capacidade igual ou superior à 5.000.000 m<sup>3</sup>, e com volume de água armazenada acima de 50% de sua capacidade total;
- 3) Vazão hidrográfica média da ordem de 260.000 m<sup>3</sup>/h;

Para análise das potencialidades dos sistemas de aquíferos do estado, procurou-se discutir os seus níveis de produtividade, no que diz respeito às vazões de exploração em m<sup>3</sup>/h. Por esse motivo, foram analisados duas dessas fontes subterrâneas com maior potencialidade de exploração, considerando sua estrutura geológica, que são o aquífero Poroso e o aquífero Cárstico, representados cartograficamente na figura 1.

**Figura 1: Aquíferos Poroso e Cárstico no Rio Grande do Norte**



Fonte: Agência Nacional (ANA, 2016).

Dos três tipos de aquíferos do Rio Grande do Norte, dois têm a capacidade de armazenar grandes quantidades de água e de proporcionar maior capacidade para prospecção de poços tubulares, são eles o Poroso e o Cárstico. Os aquíferos do tipo Poroso são formados principalmente por rochas sedimentares, que possuem inúmeros espaços vazios que armazenam água em volume considerável. Os vários poros dessas rochas

permitem a circulação de água em várias direções, contribuindo também para o processo de recarga do próprio aquífero (GUERRA e GUERRA, 2008).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2009), há, aproximadamente, um universo de 1880 poços perfurados nesse sistema de aquíferos, que além de fornecerem água aos pequenos consumos localizados na faixa litorânea, atendem também as cidades de maior porte situadas nessa área, sobretudo os núcleos urbanos da Região Metropolitana de Natal.

Já os aquíferos do tipo Cárstico, são formados por rochas calcárias, que em função da dissolução desse tipo de rocha, há a formação de verdadeiros rios subterrâneos, de águas que descem verticalmente (GUERRA e GUERRA, 2008). De forma conjunta, a produtividade desses aquíferos se constitui em uma potencialidade hídrica para o estado, tendo em vista que suas vazões médias variam entre 25 e 100 m<sup>3</sup>/h, sendo de extrema importância para o consumo humano e para o desenvolvimento de uma série de atividades produtivas que demandam grandes volumes de água. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Esses aquíferos, em seu processo de afloramento, fornecem águas para as bacias hidrográficas, principalmente nos locais onde o lençol freático estabelece contato com os canais fluviais. Além da contribuição que recebem do afloramento das águas dos aquíferos, essas bacias têm sua recarga realizada principalmente pela água das chuvas (precipitação). Tais condições interferem nas características das vazões apresentadas e no consequente aproveitamento da água das bacias hidrográficas.

No caso das 14 bacias hidrográficas do RN, por apresentarem diferenças estruturais e funcionais, as suas vazões, por consequência, possuem valores bem variados, conforme mostra o quadro 1:

**Quadro 1: Vazões médias das bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte**

<b>Bacia hidrográfica</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/h)</b>
Rio Apodi-Mossoró	40680
Rio Piranhas-Açu	75024
Rio Boqueirão	4824
Rio Punaú	11376
Rio Maxaranguape	21204
Rio Ceará-Mirim	9828
Rio Doce	16920
Rio Potengi	9396
Rio Pirangi	21600

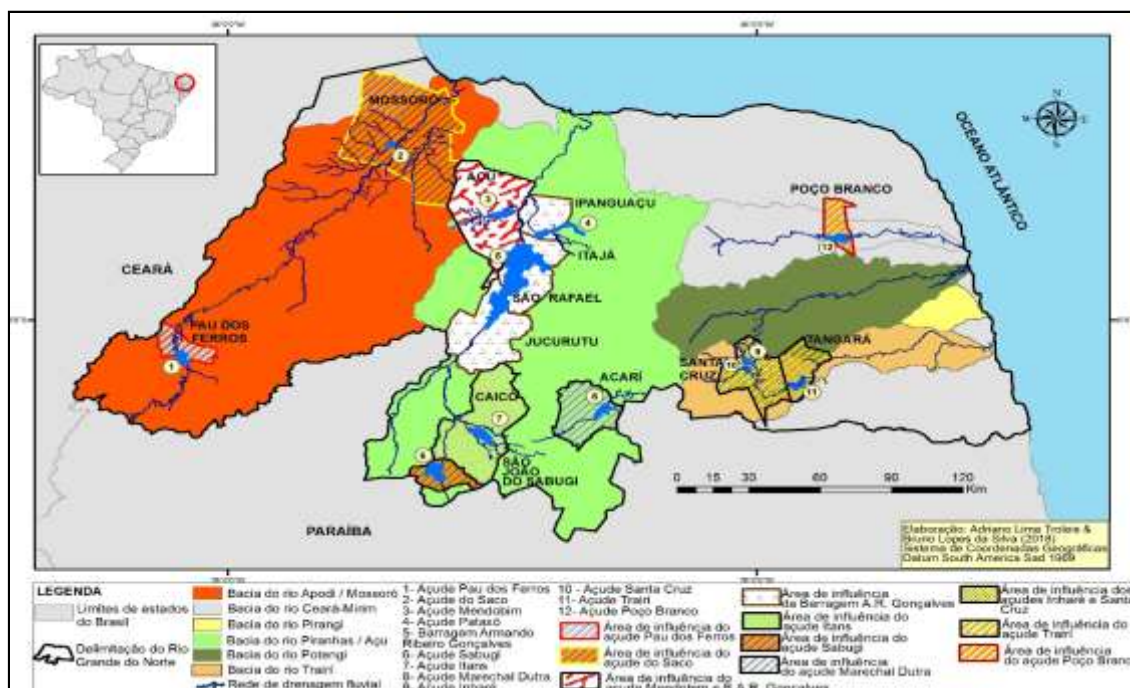
Rio Tairí	9612
Rio Jacú	4536
Rio Catú	10836
Rio Curimataú	9072
Rio Guaju	14508

Fonte: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos (SERHID, 1998).

Considerando as vazões médias das 14 bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, expressas no quadro 1, percebe-se que os maiores volumes de água (m<sup>3</sup>) que circulam ao longo do dia (horas) concentram-se nas áreas drenadas pelos rios Piranhas-Açu; Apodi-Mossoró, Pirangi e Maxaranguape. Porém, quando se usa como parâmetro analítico o valor médio geral de vazão, conclui-se que o estado apresenta uma potencialidade de vazão hidrográfica da ordem de 260.000 m<sup>3</sup>/h, o que pode se constituir em um indicador para a tomada de decisão, no que tange ao uso integrado desses recursos, considerando para isso as especificidades estruturais e funcionais de uso para cada bacia hidrográfica.

De forma indireta, esses valores médios de vazão expressos refletem também o potencial de exploração atual de cada bacia hidrográfica e barragens e açudes, enquanto reservatório de captação de água. Tal aspecto pode ser identificado na figura 2, que mostra a relação dos principais açudes e barragens com as bacias hidrográficas do estado.

**Figura 2: Reservatórios e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte**



Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2015).



Os 11 principais reservatórios do Rio Grande do Norte, conforme mostra a figura 8, estão associados a cinco bacias hidrográficas específicas, dentre as quais se destacam a bacia do rio Apodi/Mossoró e a bacia do rio Piranhas/Açu, que são as duas maiores em termos de área drenada, com 14.276 Km<sup>2</sup> e 17.498,5 Km<sup>2</sup>, respectivamente, responsáveis por concentrar o maior número de reservatórios (SEMARH, 2015).

Na bacia do rio Apodi/Mossoró, há o açude Pau dos Ferros, com capacidade de 54.846 m<sup>3</sup>; e o açude do Saco, com 120 m<sup>3</sup>. Por outro lado, na bacia do rio Piranhas/Açu, existe um total de 7 reservatórios, incluindo barragens e açudes. São eles: o açude Mendobim, com capacidade de 76.349 m<sup>3</sup>; o açude Pataxó (15.017 m<sup>3</sup>); a barragem Armando Ribeiro Gonçalves (2.400.000 m<sup>3</sup>); o açude Sabugi (65.335 m<sup>3</sup>); o açude Itans (81.750 m<sup>3</sup>); e o açude Marechal Dutra (44.421 m<sup>3</sup>) (SEMARH, 2015).

Com relação aos açudes Inharé e Santa Cruz, ambos recebem água das bacias hidrográficas do rio Potengi e do rio Trairí. A área drenada por essas bacias equivale, respectivamente, a 4.093 Km<sup>2</sup> e a 2.867,4 Km<sup>2</sup>, sendo que, boa parte da água drenada por essas duas áreas, ficam reservadas nos 5.159 m<sup>3</sup> do açude de Inharé e nos 776 m<sup>3</sup> do açude Santa Cruz (SEMARH, 2015). Por sua vez, o açude Poço Branco tem como bacia hidrográfica contribuinte a do rio Ceará-Mirim, a qual tem uma área drenada de 2.635,7 Km<sup>2</sup>. Cabe destacar que esse reservatório possui uma capacidade total de 135.160 m<sup>3</sup>.

No total, o Rio Grande do Norte tem mais de 40 reservatórios, os quais juntos contabilizam uma capacidade de armazenagem de água de 4.289.280 m<sup>3</sup>. Segundo Montenegro e Montenegro (2012) boa parte desses reservatórios foi construída no contexto da política de açudagem do governo federal, desenvolvida a partir da década de 1960, cujo objetivo principal era o de armazenar água para ser utilizada nos períodos de estiagem, tanto para o abastecimento humano quanto para a dessedentação de animais e na irrigação de culturas agrícolas.

Além dessa grande capacidade de armazenamento, estruturalmente, o estado dispõe de uma extensa rede de adutoras, que se constitui em uma outra potencialidade hídrica. As 14 adutoras em operação no Rio Grande do Norte, possuem uma extensão de mais de 1600 Km de tubulações, que atendem a 106 municípios do estado, o que em termos populacionais equivale a uma demanda de 1.200.000 consumidores. Isso significa dizer que mais de 63% dos municípios do estado são atendidos por adutoras, ou seja, potencializa-se a exploração e o uso dos recursos hídricos mediante a implantação de sistemas técnicos para o transporte de água (CAERN, 2017).

Apesar de existirem essas potencialidades hídricas no Rio Grande do Norte, que englobam aquíferos, bacias hidrográficas, e reservatórios, há também nesse mesmo território, fragilidades.

## **AS FRAGILIDADES HÍDRICAS DO RIO GRANDE DO NORTE**

As fragilidades hídricas de um determinado território caracterizam-se, de forma geral, pela baixa disponibilidade de água para exploração e uso nas diversas atividades humanas. Em termos quantitativos, um dos indicadores desse cenário de fragilidade é a relação entre a demanda hídrica e o potencial de águas disponíveis (REBOUÇAS, 1997).

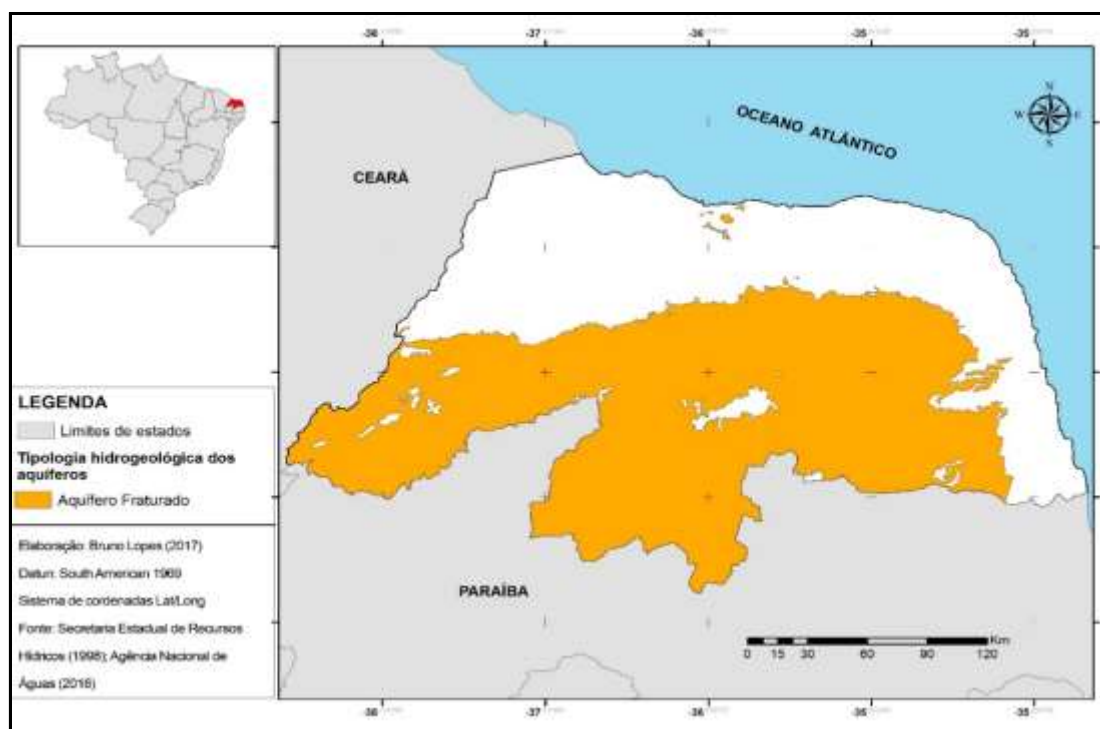
Nesse sentido, quando o ritmo de exploração e consumo torna-se maior do que o processo de recarga das fontes superficiais, a situação torna-se muito crítica, demandando ações de gerenciamento para dessa situação de fragilidade. Essa quebra de equilíbrio entre demanda e disponibilidade hídrica traz à tona não só um cenário de fragilidade, como também de instabilidade, que pode afetar o abastecimento da população (TRICART, 1977; ROSS, 1993; REBOUÇAS, 1997).

No caso do Rio Grande do Norte, algumas condições podem ser usadas para indicar um cenário de fragilidade hídrica, tais como:

- 1) Aquíferos com produtividade abaixo de 10 m<sup>3</sup>/h de vazão;
- 2) Zonas climáticas com elevadas temperaturas e precipitação média abaixo de 800 mm anuais;
- 3) Áreas não atendidas pelos sistemas de adutoras;
- 4) Municípios com baixa garantia hídrica.

Cada uma dessas premissas de fragilidade será analisada de forma integrada, justamente para demonstrar que uma situação de crise hídrica não decorre de um fato isolado, mas sim em razão da articulação sistêmica de um conjunto de problemas de ordem natural e técnica. Dentro desse contexto, um dos problemas a se destacar é a baixa disponibilidade hídrica dos aquíferos do tipo fraturado. A figura 3 mostra a área do Rio Grande do Norte abrangida por esse tipo de aquífero.

**Figura 3: Aquífero fraturado no Rio Grande do Norte**



Fonte: Agência Nacional (ANA, 2016).

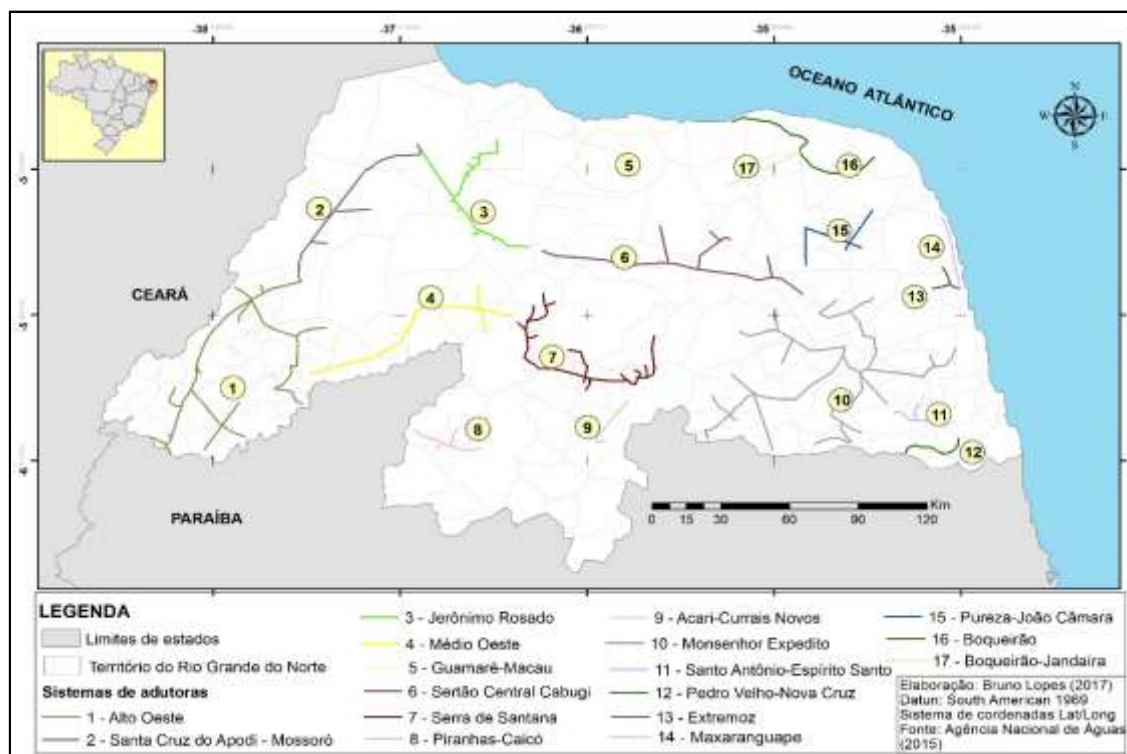
Conforme mostra a figura 3, grande parte do território do Rio Grande do Norte é formada por aquíferos do tipo fraturado. Aquíferos dessa natureza se caracterizam como um elemento de fragilidade hídrica, pois devido a sua constituição geológica, com formações do tipo cristalino, aliado aos solos poucos profundos e à baixa capacidade de infiltração, o armazenamento subterrâneo de água fica comprometido. Conseqüentemente, os poços perfurados nesses locais apresentam vazões muito baixas, além do alto teor de salinidade da água (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012).

Esse é um dos fatores que motivaram a construção de açudes e barragens nessa área de formações cristalinas ao invés de poços tubulares. Entretanto, as barragens e açudes, que são reservatórios abertos, são afetados por outros problemas, que podem ser considerados também como fragilidades territoriais, que afetam os recursos hídricos, são eles: os baixos índices de precipitação e de umidade e as elevadas temperaturas.

Segundo Bezerra (2002), na zona climática do semiárido norte-rio-grandense, os índices de precipitação anual não ultrapassam os 800 mm e as temperaturas são elevadas, variando entre 23 e 27<sup>o</sup> C. Por esse motivo, nessa zona climática do estado, o número de horas de exposição à radiação solar é elevado, algo em torno de 3.000 horas por ano, o que contribui para elevar as taxas de evapotranspiração e negativar os níveis de balanço hídrico dos reservatórios, durante boa parte do ano.

Vale ressaltar que o quadro de fragilidades se torna mais grave ainda quando um município ou região com essas características geológicas e climáticas não é atendido por nenhum sistema de adutoras. A figura 4 mostra a disposição dos sistemas de adutoras no estado do Rio Grande do Norte:

**Figura 4: Sistemas de adutoras do Rio Grande do Norte**



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2016).

Com base na figura 4, é possível identificar que no Rio Grande do Norte há um total de 17 adutoras. Esses sistemas técnicos tem como função transportar água de uma localidade para outra, seja através de pressão atmosférica ou via bombeamento. Geralmente a captação é feita junto a reservatórios superficiais, como lagoas, açudes e barragens, e após isso, a água é aduzida para outras regiões do estado que não possuem autossuficiência hídrica.

Duas fragilidades hídricas identificadas para esses sistemas de adutoras, correspondem a falta de integração funcional entre esses sistemas, pois algumas adutoras estão isoladas no território do Rio grande do Norte, não mantendo integração com nenhum outro sistema adutor; e o fato dessas 17 adutoras não abrangerem a totalidade dos municípios do estado. Porém, a compreensão da situação de fragilidade hídrica não deve se restringir a análise dos sistemas de adutoras.

Nesse sentido, um outro indicador desse cenário de fragilidade hídrica é o uso de estratégias alternativas, para suprir o déficit hídrico. Uma dessas estratégias é o uso de carros-pipa para abastecer as cidades, tal como mostra a figura 5.

**Figura 5: Municípios do Rio Grande do Norte atendidos pela operação carro-pipa**

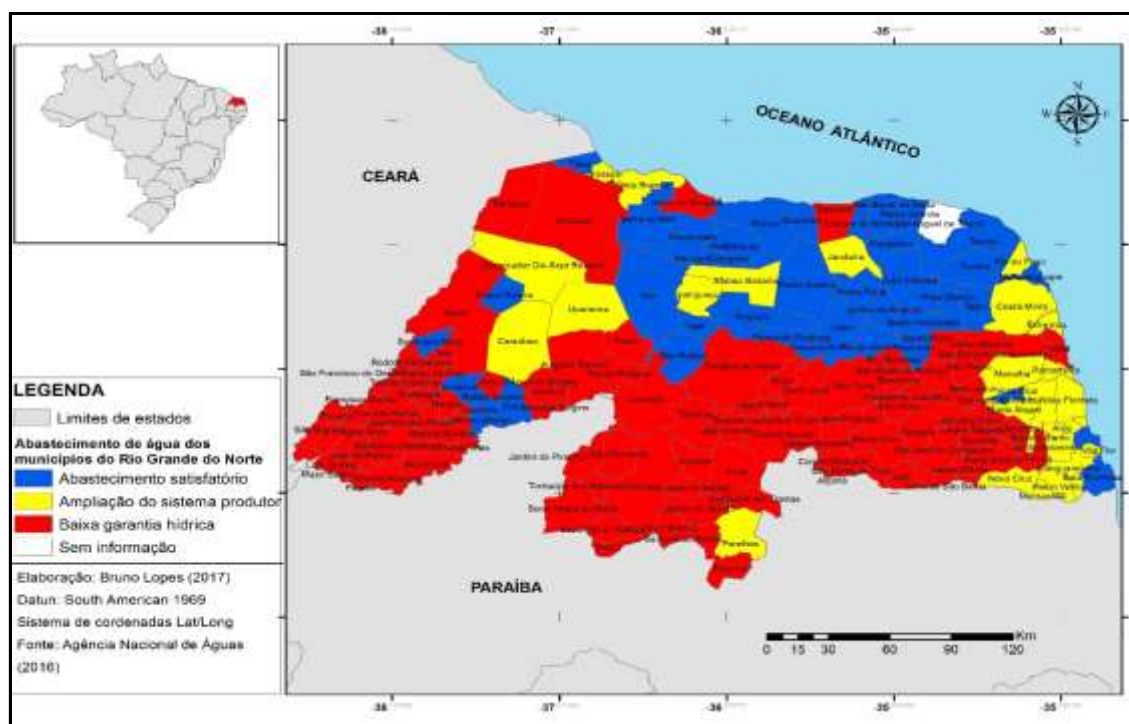


Fonte: Governo do estado do Rio Grande do Norte (2015).

A análise da figura 5 mostra que dos 167 municípios do Rio Grande do Norte, 65 têm seu sistema de abastecimento de água complementado pela atuação de carros-pipa, no âmbito da Operação Vertente, coordenada pelo Exército Brasileiro (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, 2017). De acordo Santos, Matos e Alvarenga (2012) essa operação tem sido colocada em prática sempre em períodos de estiagem, tal como tem acontecido em boa parte do território norte-rio-grandense, onde o suprimento de água tem sido comprometido em função da irregularidade dos níveis de precipitação e dos baixíssimos níveis de reservação dos açudes e barragens. A utilização de carros-pipa é um indicador de colapso hídrico e de calamidade pública nos municípios do Rio Grande do Norte, e nesta situação, encontram-se quase 40% da população do estado, principalmente, nos municípios da região Central e Oeste, tal como apresentado na figura 5.

Ressalta-se que, aliado aos efeitos da estiagem e ao conseqüente uso de carros-pipa, alguns núcleos urbanos do estado apresentam sistemas de abastecimento de água em mau funcionamento, conforme demonstrado pela figura 6.

**Figura 6: Situação do abastecimento de água do Rio Grande do Norte**



Fonte: Agências Nacional (ANA, 2016).

Percebe-se, ao observar a figura 6, que boa parte dos municípios do Rio Grande do Norte estão em situação de baixa garantia hídrica, cuja distribuição de água para a população fica suspensa durante vários dias. Na região de Caicó e Currais Novos, por exemplo, populações de vários municípios têm recebido água apenas três vezes na semana, tendo o abastecimento interrompido no restante dos dias, para que o rodízio contemple todos os municípios que se encontram com baixa garantia hídrica, mesmo que de forma escalonada. Nessa situação também se encontram municípios das regiões Oeste e Central do estado, que além de serem submetidos ao rodízio no abastecimento, recebem água também através de manobras que são feitas nos sistemas de adutoras, onde a adução tem seu fluxo de funcionamento alterado para que a água possa ser dividida entre várias localidades (ANA, 2016).

Já os municípios que estão em situação oposta (abastecimento satisfatório), são aqueles do Litoral Setentrional Norte, onde a distribuição de água acontece de forma plena. Em situação intermediária (Ampliação do sistema produtor) encontram-se aqueles municípios que já apresentam sinais iniciais de colapso, ou seja, com falta de água durante algumas horas, sendo necessário o uso de rodízios no abastecimento das localidades. Trata-se de municípios que não são autossuficientes no que diz respeito ao abastecimento de sua

população, pois suas fontes superficiais e subterrâneas já não permitem a exploração contínua de água para o suprimento dos consumidores, o que indica a necessidade de ampliação do sistema de captação de água junto a outras fontes, muitas vezes fora dos seus próprios limites territoriais (ANA, 2016).

São esses problemas conjugados que evidenciam as fragilidades hídricas que afetam os vários municípios do Rio Grande do Norte. Uma das consequências desse quadro de baixa segurança hídrica foi o fato de 153 municípios, dos 167 existentes, terem decretado estado de calamidade pública em relação a disponibilidade de água (DECRETOS, nº 22.637, de 11 de Abril de 2012; nº 23.801, de 18 de Setembro de 2013; nº 24.700, de 29 de Setembro de 2014; nº 25.051, de 27 de Março de 2015; nº 25.931, de 21 de Março de 2016; nº 26.730, de 22 de Março de 2017). Esse aspecto evidencia que as fragilidades hídricas, estão relacionadas não apenas as características regionais, mas também a questões de cunho municipal, como a segurança hídrica dos sistemas de abastecimento urbano.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do que foi discutido sobre a estrutura hídrica do estado do Rio Grande do Norte, constatou-se que as fragilidades e potencialidades identificadas, estão associadas aos elementos naturais e técnicos presentes nesse território, como a produtividade dos aquíferos; a vazão das bacias hidrográficas; o nível das barragens e açudes; e a segurança hídricas dos sistemas de abastecimento urbano.

Portanto, a dimensão conceitual das potencialidades e fragilidades hídricas partiu de um nível de análise que considerou as materialidades técnicas, e os aspectos naturais e ambientais que interferem na dinâmica das águas em nível estadual. Nesse sentido, identificou-se como potencialidades hídricas no estado do Rio Grande do Norte, a elevada produtividade dos aquíferos cárstico e poroso; a existência de 14 bacias hidrográficas, com vazão média de 260.000 m<sup>3</sup>/h, das quais destacam-se a bacia do rio Piranhas/Açú e Apodi/Mossoró, que são as de maior extensão territorial, e que abrigam os principais reservatórios do estado.

Cabe destacar que as análises realizadas identificaram também para o Rio Grande do Norte uma série de fragilidades hídricas, como por exemplo, a baixa produtividade dos aquíferos cristalinos; existência de condições climáticas de aridez e semiaridez em boa parte do território estadual (elevadas temperaturas e baixos índices pluviométricos); áreas do

estado desprovidas de sistemas de adutoras; e municípios com sistemas de abastecimento de água com baixa garantia hídrica.

Além disso, o fato do estado ter enfrentado um período de seca, entre 2012 e 2015, fez com que essas fragilidades hídricas ficassem em evidência, com a redução da disponibilidade de água nas fontes superficiais e subterrâneas. Essa conjuntura teve como consequência a adoção do decreto de calamidade pública pela maior parte dos municípios do Rio Grande do Norte, entre 2015 e 2017.

Tais aspectos só reforçam ainda mais a necessidade da incorporação das noções de potencialidade e fragilidade, no contexto do planejamento territorial dos recursos hídricos do estado. Para alcançar essa finalidade, é de fundamental importância que sejam consideradas as dimensões natural e técnica do território, no que tange a estrutura hídrica.

Uma das iniciativas que pode ser adotada para superação das fragilidades seria o desenvolvimento de um sistema integrado formado pelos diferentes tipos de recursos hídricos. No caso do Rio Grande do Norte, especificamente, constatou-se a falta de integração funcional e sistêmica entre adutoras, poços tubulares, açudes e barragens, rios, lagoas e demais elementos que compõem os recursos naturais e os objetos técnicos implantados e em funcionamento do Rio Grande do Norte. Essa articulação tende a tornar a estrutura hídrica menos vulnerável a uma situação de colapso hídrico.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos**: informe 2016. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016.

BEZERRA, Nizomar Falcão. Água no semiárido nordestino: experiências e desafios. In.: FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER. **Água e desenvolvimento sustentável no Semiárido**. Série Debates nº 24, ISBN 85 – 7504-036-7. Dezembro de 2002.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). **Características dos sistemas de adutores e integrados**. CAERN: Natal, 2017.

DECRETO Nº 22.637, DE 11 DE ABRIL DE 2012. **Declara situação de emergência nos Municípios do Rio Grande do Norte, afetados por Desastres Naturais Relacionados com a**



**Intensa Redução das Precipitações Hídricas, em decorrência da Estiagem, e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/gac/DOC/DOC00000000064967.PDF>> Acesso em: 02 Ago. 2018.

DECRETO Nº 23.801, DE 18 DE SETEMBRO DE 2013. **Declara situação de emergência nos Municípios do Rio Grande do Norte, afetados por Desastre natural climatológico por estiagem prolongada, provocando a redução sustentada das reservas hídricas existentes – COBRADE/1.4.1.2.0 – Seca, e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://www.governocidadao.rn.gov.br/smiv3/site/cont>> Acesso em: 02 Ago. 2018.

DECRETO Nº 24.700, DE 29 DE SETEMBRO DE 2014. **Declara situação de emergência nas áreas dos Municípios do Rio Grande do Norte, afetados por desastre natural climatológico por estiagem prolongada que provoca a redução sustentada das reservas hídricas existentes – COBRADE/1.4.1.2.0 – Seca, e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/gac/DOC/DOC0000000006>> Acesso em: 02 Ago. 2018.

DECRETO Nº 25.051, DE 27 DE MARÇO DE 2015. **Declara Estado de Calamidade Pública nas áreas dos Municípios do Estado do Rio Grande do Norte afetados por desastre natural climatológico por estiagem prolongada, que provoca a redução sustentada das reservas hídricas existentes (COBRADE/1.4.1.2.0 - Seca), e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/gac/DOC/DOC00000000090896>> Acesso em: 02 Ago. 2018.

DECRETO Nº 25.931, DE 21 DE MARÇO DE 2016. **Declara Situação de Emergência nas áreas dos Municípios do Estado do Rio Grande do Norte, afetados por desastre natural climatológico por estiagem prolongada que provoca a redução sustentada das reservas hídricas existentes – COBRADE/1.4.1.2.0 – Seca, e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/gac/DO>> Acesso em: 02 Ago. 2018.

DECRETO Nº 26.730, DE 22 DE MARÇO DE 2017. **Declara Situação de Emergência nas áreas dos Municípios do Estado do Rio Grande do Norte afetados por desastre natural climatológico por estiagem prolongada, que provoca a redução sustentada das reservas hídricas existentes (COBRADE/1.4.1.2.0 - Seca), e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <[http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id\\_](http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id_)> Acesso em: 02 Ago. 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (GOVRN). Portal do governo do RN – Operação Vertente. Disponível em: <<http://www.rn.gov.br>> Acesso em: 2 Dez. 2017.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo dicionário Geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Relatório Técnico 015:** análise das informações sobre recursos hídricos subterrâneos no país. J. Mendo Consultoria: Brasília, 2009.

MOLLE, François. **Manual do pequeno açude, por François Molle e Eric Cadier**. Recife, SUDENE, 1992.

MONTENEGRO, Abelardo A. A.; MONTENEGRO, Suzana M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In.: GHEYI, Hans Raj; PAZ, Vital Pedro da Silva; MEDEIROS, Salomão de Sousa; et al. (editores). Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**. Vol.11 Num. 29. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1997.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS (SERHID). Plano estadual de recursos hídricos – relatório síntese. Natal: Hidroservice, 1998.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH). **Situação volumétrica de Reservatórios do RN**. Disponível em <istemas.searh.rn.gov.br/monitoramentovolumetrico> Acesso em: 20 Outubro de 2015

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977

---

**Bruno Lopes da Silva** - Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (PPGE) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

**Adriano Lima Troleis** - Professor Doutor do Departamento de Geografia (DGE) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Docente do Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (PPGE) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

---

Recebido para publicação em 19 de maio de 2021.

Aceito para publicação em 17 de janeiro de 2022.

Publicado em 06 de fevereiro de 2022.