

## ÁREAS ÚMIDAS DA CHAPADA DO ARARIPE: ESTRUTURA E DINÂMICA

Silva, M.O. (UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA) ; de Souza, J.O.P. (UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA) ; Guerra, M.D.F. (UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI)

### RESUMO

As Áreas Úmidas (AUs) são ambientes que permanecem periodicamente ou continuamente inundados. Este trabalho buscou caracterizar as AUs da Chapada do Araripe, no semiárido brasileiro, que se encontram associadas a cabeceiras de drenagem. A identificação inicial das AUs foi realizada a partir de sensoriamento remoto e dados de campo. A definição das AUs ocorreu a partir do delineamento de parâmetros ambientais. Posteriormente, a caracterização destas deu-se por meio da consideração de controladores ambientais, em seguida foram definidos pontos representativos. Os resultados apontaram que a maior parte das AUs da Chapada do Araripe possuem regime hídrico intermitente e que são forjadas especialmente pela conjuntura hidrogeológica e hidrogeomorfológica. Ademais, observou-se que o uso intensivo da terra pode comprometer significativamente a manutenção destas áreas. Por este motivo, estudos relativos a AUs em terras secas são necessários para proteção e gestão eficiente dessas áreas.

### PALAVRAS CHAVES

*Áreas úmidas; Cabeceiras de drenagem; Parâmetros ambientais; Hidrogeomorfologia; Chapada do A*

### ABSTRACT

Wetlands (AUs) are environments that remain periodically or continuously flooded. This work sought to characterize the UAs of Chapada do Araripe, in the Brazilian semi-arid region, which are associated with drainage headwaters. The initial identification of AUs was carried out from remote sensing and field data. The definition of UAs occurred from the design of environmental parameters. Subsequently, the characterization of these occurred through the consideration of environmental controllers, then representative points were defined. The results showed that most of the UAs of Chapada do Araripe have an intermittent water regime and that they are forged especially by the hydrogeological and hydrogeomorphological conjuncture. Furthermore, it was observed that the intensive use of land can significantly compromise the maintenance of these areas. For this reason, studies related to AUs in dry lands are necessary for the protection and efficient management of these areas.

### INTRODUÇÃO

Áreas úmidas (AUs) são ambientes definidos por Cunha (2015, p.37) como áreas “periodicamente ou continuamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica”. Estes ambientes podem se formar em uma variedade de paisagens e configurações climáticas. Todavia, a manifestação de AUs em terras secas revela-se imprescindível, tendo em vista a diversidade de serviços providos por elas, como a disposição de um maior aporte hídrico, funcionando como pontos de acesso para populações que residem próximo, e como abrigo para diversas espécies de animais, especialmente nos períodos de estiagem. Existem diversos tipos de AUs que podem ocorrer em diferentes pontos de uma bacia hidrográfica, incluindo as áreas de cabeceiras de drenagem. Estas se desenvolvem no domínio das encostas (COELHO-NETTO, 2003), correspondendo, geralmente, ao local de exsudação do nível freático. Esses ambientes podem abrigar AUs perenes ou intermitentes, a depender do contexto hidrológico/hidrogeológico local, além do cenário de conservação do ambiente. Os estudos relativos a AUs de cabeceira de drenagem contribui sobremaneira com o conhecimento acerca de AUs de pequeno porte, o qual apresenta lacunas, que embora estejam sendo supridas nos últimos anos, ainda existem inúmeras incompreensões que atravessam esta temática (GUIMARÃES; FELIPPE, 2021). No que se refere as AUs presentes em áreas de clima seco, é relevante destacar que estas se

desenvolvem nesses ambientes de estresse hídrico em virtude de uma gama de processos ambientais associados a controladores que forjam localmente equilíbrios positivos de água na superfície constantemente ou periodicamente (TOOTH; McCARTHY, 2007). Estes controladores ambientais, moldam e estruturam as áreas, conseguindo mantê-las mesmo em condições climáticas adversas. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a atuação destes controladores ambientais na gênese e dinâmica de AUs em cabeceiras de drenagem na Chapada do Araripe. Sabe-se que estes ambientes influenciados pela Chapada apresentam diferentes contextos ambientais no seu entorno gerando uma diversidade de AUs. Além disso, a Chapada do Araripe é percebida como espaço singular no contexto do semiárido. Desse modo, os estudos relativos ao desenvolvimento e manutenção das AUs inseridas nesse contexto são relevantes e necessários. A Chapada do Araripe integra-se à formação da Bacia Sedimentar do Araripe. Geologicamente, esta morfoestrutura é constituída de modo basilar pelas Formações Santana, Araripina e Exu. A formação Exu constitui-se uma camada permoporosa, que consegue absorver a água precipitada, já as formações Araripina e Santana, sotopostas a Exu, apresentam permoporosidade baixa. Dessa forma, há o acúmulo de parte desta água, favorecendo a formação de aquíferos: inferior, médio e superior (ASSINE, 2007). Esta condição se refere, grosso modo, à disposição da conjuntura hidrogeológica da Chapada do Araripe. A atuação, especialmente do aquífero superior, permite a disposição de surgências nos rebordos da Chapada, e estas alimentam as AUs, influenciando diretamente em sua formação (GUERRA et al., 2020). No que se refere a hipsometria, nota-se que morfoestrutura apresenta altitudes que ultrapassam os 1000 m (figura 1A). A declividade da Chapada, considerando as disposições do topo, variam de plano a suave ondulado. O platô não apresenta feições dissecadas em razão da dinâmica exposta pela formação Exu, a qual não permite a formação de redes de drenagem. Por outro lado, a declividade das escarpas se apresenta bem acentuadas, oscilando do forte ondulado ao escarpado (figura 1B). As condições climáticas atrelam-se a topografia, uma vez que as áreas com maiores índices pluviométricos, que chegam a 1000mm se acumulam na região a barlavento, na porção nordeste, na qual a altitude ultrapassa os 1000m de altitude. Por outro lado, os setores localizados a sul, noroeste e oeste apresentam índices pluviométricos que não alcançam os 800 mm.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

De modo inicial, ocorreu a identificação das AUs a partir de sensoriamento remoto e trabalho de campo. Nesse sentido, foram selecionadas áreas da Chapada do Araripe que apresentassem possíveis indicadores para origem e manutenção destas no referido ambiente (e.g. GUERRA, 2019; GUERRA et al., 2020). As áreas que foram previamente selecionadas localizam-se em ambientes de cabeceiras de drenagem, inseridas em vales encaixados, os quais abrigam nascentes, perenes ou intermitentes. Assim, foram eleitos pontos que apresentassem características específicas, tais como: se encontrar em áreas de sopé e/ou encosta, considerando os espaços acomodados em trechos de vales encaixados, e áreas que exibissem acumulação de água e sedimentos. Posteriormente, realizou-se visitas de campo aos espaços previamente escolhidos, no segundo semestre de 2021. A atividade de campo ocorreu em toda a extensão da Chapada, passando por trechos pertencentes aos três estados onde esta morfoestrutura se localiza. Durante as análises realizadas em campo, os ambientes que não se enquadravam como AUs foram sendo descartados. A partir desta averiguação, foram indicados 6 ambientes que abrigam AUs. A identificação destas áreas possibilitou uma investigação mais precisa acerca das características e parâmetros que originam e mantém estes ambientes. Posteriormente, foram selecionados controladores ambientais, como os de ordem hidrogeológica, geomorfológica, hidrogeomorfológica, e de vegetação para compor a investigação e caracterização das AUs na Chapada do Araripe. Estes foram analisados com o intuito de entender quais desses contribuí efetivamente com a gênese e manutenção destas áreas em ambientes secos e quais não. A avaliação destes controladores foi realizada a partir do estabelecimento de parâmetros para cada um dos condicionantes ambientais. Para o condicionante ambiental de ordem hidrogeológica foram analisados os seguintes parâmetros: processo de exfiltração de água/presença de nascentes. Estes parâmetros foram obtidos por meio de dados secundários (e.g. KIMURA; LOUREIRO 2004; BRASIL 1996) e trabalho de campo para identificação de locais de exsudação do nível freático. Para análise do condicionante geomorfológico foram investigadas as áreas de deposição de sedimentos, a curvatura do terreno e a declividade, a partir do uso de ferramentas disponíveis no ArcMap 10.5 e trabalho de campo. O contexto

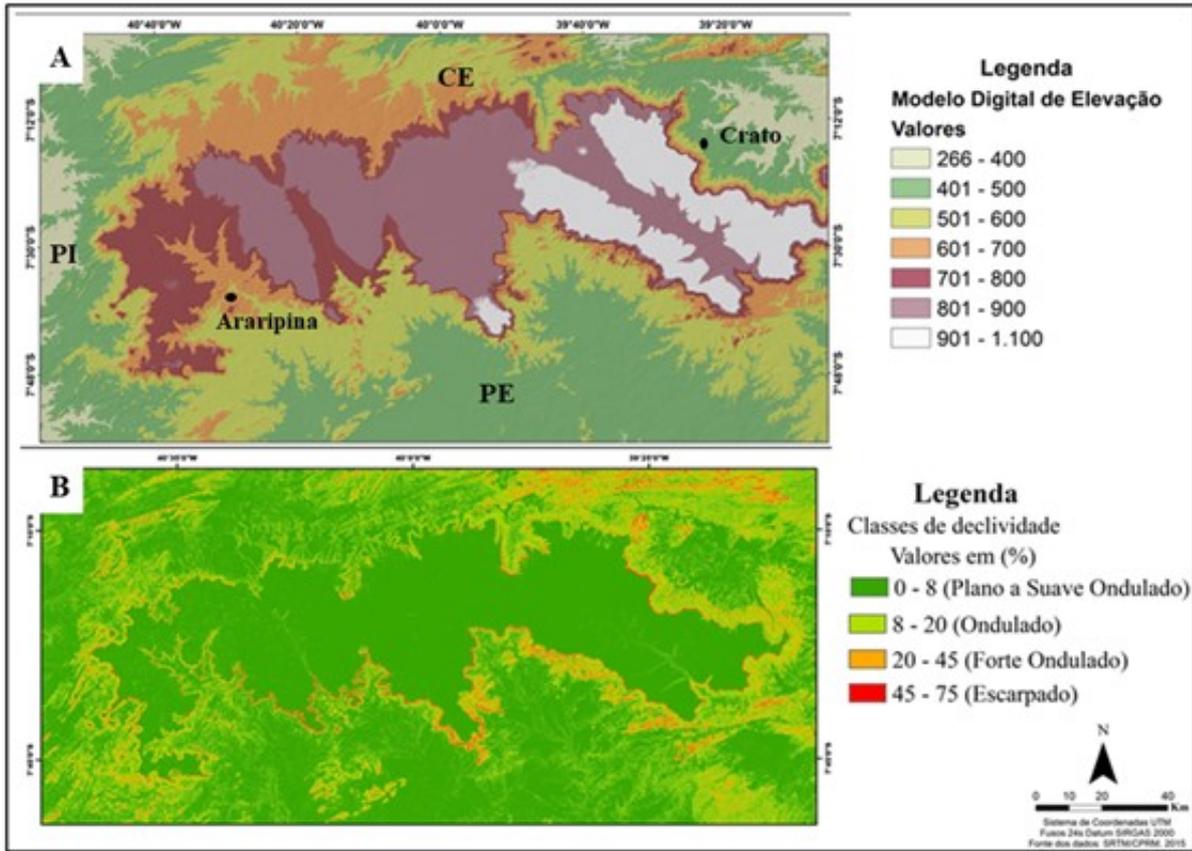
hidrogeomorfológico foi averiguado por meio do potencial para acumulação de água utilizando o Topographic Wetness Index (TWI) também partir do uso do software ArcMap 10.5, utilizando a seguinte fórmula:  $TWI = \ln(\alpha / \tan \beta)$ , onde:  $\alpha$  = área de contribuição e  $\beta$  = declividade da região (LOTTE, 2015). E por fim, a vegetação foi analisada a partir da presença de espécies hidrófita e/ou higrófitas, por meio de dados secundários (GUERRA, 2019; GUERRA et al., 2020), como também trabalho de campo. Por isso, foram definidos e analisados pontos representativos. Esta etapa consistiu na determinação de pontos representativos, selecionados a partir dos 6 identificados como AUs, para a elaboração de uma caracterização mais acurada. Dessa forma, considerando os aspectos semelhantes, foram selecionados 3 pontos, a saber: AUs localizadas nos municípios de Salitre, Barbalha e Jardim, na porção da Chapada localizada no estado Ceará. Esta seleção ocorreu a partir da identificação de características comuns aos pontos, mesmo que de modo geral. Para a análise de forma mais detalhada, foram utilizados os parâmetros ambientais conforme os aspectos expostos por estes 3 pontos determinados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As AUs são espaços que expõe grande diversidade ambiental, sendo moldadas a partir das condições estruturais e funcionais do ambiente. Nesse contexto, cabe destacar as diferenciações e semelhanças observadas nas AUs visitadas na Chapada do Araripe. As AUs identificadas neste trabalho encontram-se em áreas do sopé e encosta da Chapada do Araripe, especialmente na porção nordeste e noroeste. Estes ambientes, geomorfologicamente, situam-se em trechos de cabeceiras de drenagem e tem sua dinâmica hidrológica forjada pela conjuntura hidrogeológica da Chapada em destaque, a qual permite a exsudação do nível freático nestas porções específicas. Essas áreas, em virtude da acomodação em cabeceiras de drenagem, tendem a acumular sedimentos que surgem de terços mais elevados das encostas. Além disso, a forma, majoritariamente côncava (COELHO-NETO, 2003), possibilita um maior acúmulo de água também. Assim, as AUs conseguem se manter alagadas, durante o ano todo, ou de modo intermitente, a depender da dinâmica hídrica que as surgências apresentam. No que se refere a dinâmica hídrica, notou-se que a maior parte das AUs possui regime hidrológico intermitente. Com isso, a configuração ambiental, principalmente considerando as condições do solo, vegetação, se diferencia das AUs que apresentaram condições perenes. Ademais, as áreas que são mantidas a partir do fluxo hídrico intermitente, se manifestam durante o período chuvoso, quando o nível freático é alimentado pela precipitação, possibilitando a presença de água superficial. As AUs que possuem o regime hidrológico perene, embora consiga manter a água de modo constante, no período seco, a vazão da surgência diminui. Assim, a área alagada é reduzida, promovendo também dinâmicas ambientais distintas nos dois períodos do ano. Outro ponto que merece destaque refere-se ao uso e ocupação do solo nestes ambientes. De modo geral, verificou-se que as AUs são bastante usadas para diversos fins, mas com foco na agricultura e pecuária, uma vez que se trata de ambientes com uma maior disponibilidade hídrica, contrastando com a dinâmica semiárida. De modo geral, as AUs identificadas, embora apresentem ambientes com aspectos convergentes, os espaços que as acomodam, do ponto de vista geomorfológico são distintos. Enquanto alguns ambientes situam-se em trechos do sopé, outros encontram-se distribuídos em segmentos da encosta. Por essa razão, a estruturação e dinâmica também são diferentes e específicas em cada AU. Além disso, o contexto hídrico também possibilita essas diferenciações e especificações. No que se refere aos pontos selecionados, nota-se que estes pontos apresentaram condições que conseguem sumarizar, de modo geral, as características ambientais dos demais pontos identificados. Para a caracterização desses ambientes, além da análise dos parâmetros descritos na figura 2, as observações em campo foram fundamentais para a compreensão das particularidades e distinções entre as AUs, considerando especialmente o contexto geomorfológico e hidrológico. De modo específico, a AU localizada em Salitre/CE (figura 3B) geologicamente, se insere na porção composta por superfícies colúviais, situado no setor noroeste da Chapada, em áreas do sopé. A área, em média, apresenta altitude de 695,23 m e a declividade exibiu valor mediano de 6,57%, considerando os números obtidos nas demais AUs. Por outro lado, o índice da curvatura vertical apresentou-se como o maior (figura 2). A média sugere que a AU é composta por feições de relevo côncavo de maneira significativa, mas considerando a presença das outras formas, especialmente a retilínea. Esta AU apresenta regime hídrico intermitente, mantido por meio da distribuição da precipitação, bem como

por nascentes que alimentam o ambiente durante o período chuvoso. Todavia, cabe destacar que os índices pluviométricos do município de Salitre não ultrapassam os 800 mm. Assim, nota-se, a forte atuação das condições geomorfológicas e hidrogeomorfológica no desenvolvimento desta AU. Nesse sentido, a partir da análise do valor obtido com o TWI de 7,71, é válido destacar a capacidade que a área possui para reter e manter umidade, aspecto comprometido em virtude da intensa utilização da terra, que acarretou a retirada da vegetação nativa para inserção bovina. Na figura 3B pode-se verificar-se que a área se encontra inteiramente descampada. Devido a esta utilização da terra, o efeito tampão provocado pela vegetação, assim como a retenção de água no solo pelas raízes encontra-se comprometido. A AU em Barbalha/CE (figura 3A) situa-se em uma porção substancialmente constituída por rochas da Formação Santana. A área apresenta altitude que permaneceu entre os 684,7 m e expõe escarpas mais íngremes e expressivas. Sendo assim, o valor da declividade foi o maior. Além disso, a área corresponde ao setor a barlavento da Chapada do Araripe, desse modo, ocorre a distribuição de chuvas orográficas, permitindo a disposição de uma maior umidade na AU. Já o valor numérico da curvatura vertical, 0,03, aponta para relevos de caráter côncavo, porém com características retilíneas mais pronunciadas. Esta AU é alimentada por nascentes perenes que surgem em trechos mais elevados e que tem suas águas drenadas para a AU por meio do curso d'água de um pequeno riacho que corta o ambiente. Devido a retirada da vegetação para fins agrícolas, assim como para construção de parques aquáticos ou chácaras, a umidade do ambiente, no que se refere aos trechos alagados não consegue se sustentar durante todo o ano. A lâmina d'água em grande parte do ano se restringe ao curso do riacho, que se mantém estreito, entre 1 e 2 m. Todavia, o TWI alcançou o valor de 7,12, evidenciando a capacidade da AU de reter umidade que o ambiente apresenta, embora não sustente o ano todo. O ponto visitado em Jardim/CE (figura 3C) situa-se no sopé da Chapada, com litologias predominantes referentes também a Formação Santana. Esta área localiza-se em vale estreito, na porção leste da Chapada do Araripe. A AU permeia uma altitude que ultrapassa os 600 m, e apresenta declividade baixa, constituindo o menor valor obtido neste parâmetro. No que se refere a curvatura vertical, de modo específico, o valor obtido na AU em Jardim/CE foi o segundo menor, demonstrando que a AU apresenta disposições maiores entre os relevos convexo e retilíneo, uma vez que este valor 0,06 aproxima-se de 0,0, que caracteriza um relevo com estas características. Todavia, destaca-se ainda que a área apresenta feições convexas, mesmo que com menor expressividade. A AU exhibe regime hídrico intermitente, sendo alimentada, além da precipitação, por fluxos advindos surgências situadas na encosta. Conforme a média obtida no TWI, menor valor averiguado entre os ambientes estudados, nota-se que embora a área consiga concentrar fluxos de água e sedimentos, a AU não consegue manter por longos períodos. Ademais, o ambiente encontra-se degradado, com grande parte da área desmatada para fins agrícolas e agropecuários. Esta interferência humana afeta a disposição de água na AU por mais tempo, considerando que a área se encontra descampada e o efeito tampão, assim como a retenção de água feita pelas raízes apresentam-se também comprometidos. A análise das AUs em zonas secas necessita do uso e consideração de fatores ambientes que se atrelam a estrutura da paisagem, como a geomorfologia, hidrogeologia e a hidrogeomorfologia. Estes, conseguem explicar como as AUs conseguem se desenvolver em regiões de clima adverso. Além disso, estas áreas só conseguem se manter em virtude da ação de potenciais arranjos constituídos por tais controladores. Embora os condicionantes supracitados tenham se destacado na análise, bem como na constituição dos ambientes, ainda foram empregues e analisados fatores como a vegetação e uso do solo. A combinação destes, consegue elucidar como a vegetação influencia na manutenção destes ambientes, e como o uso do solo pode afetá-los, gerando riscos futuros de desaparecimento.

*Figura 1*



Mapas de hipsometria (A) e declividade (B) da Chapada do Araripe

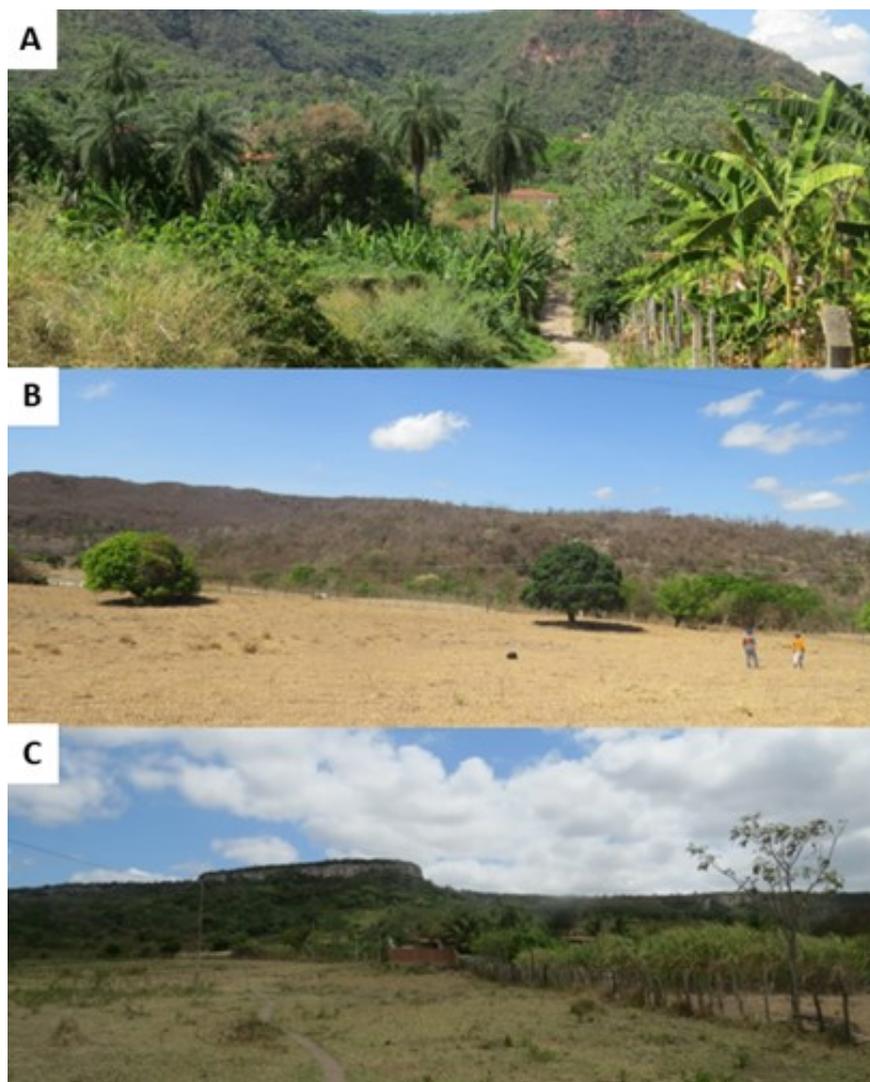
Figura 2

**VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS**

ÁREA ÚMIDA	TWI	Declividade	Curvatura do terreno
Salitre	7,71	6,57%	0,13
Barbalha	7,12	7,41%	0,03
Jardim	6,70	2,89%	0,06

Parâmetros ambientais obtidos por meio de geoprocessamento

Figura 3



*AUs identificadas na Chapada do Araripe - Vista panorâmica - Imagens do período seco.*

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As AUs aqui investigadas apresentam inúmeras especificidades, ocasionado pelas divergências estruturais e morfológicas que a Chapada do Araripe expõe. Estes ambientes, embora se encontrem em um mesmo contexto geomorfológico, grosso modo, as características geológicas, hidrogeológicas, hidrogeomorfológicas e climáticas locais, forjam cenários pontuais com estruturas e funcionalidades distintas. Estas áreas, entendidas como sistemas complexos, necessitam de um conjunto de fatores para sua estruturação e funcionamento, especialmente em ambientes secos. As AUs da Chapada do Araripe, dessa forma, são mantidas, sobretudo pelas condições hidrogeomorfológicas e hidrogeológicas. Ambas, atreladas aos parâmetros geomorfológicos, apresentaram-se imprescindíveis para caracterização de AUs na Chapada em destaque. Outro ponto que merece destaque, e que interfere sobremaneira na disposição destes ambientes são os diferentes usos da terra. A utilização intensiva provoca uma série de mudanças ambientais as quais afetam o equilíbrio ecológico destes ambientes. Estas alterações inibem o desenvolvimento da biodiversidade que a AU abriga, além contribuir para seu desarranjo ambiental e seu possível desaparecimento. À vista disso, ressalta-se a importância da preservação, do uso consciente destes ambientes, os quais mostram-se importantes para a sustentação da biodiversidade, como ainda para a retenção da água, recurso indispensável à manutenção da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos (GEAFS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos que contribuiu com o desenvolvimento da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

### REFERÊNCIAS

- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. *Boletim Geociências Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 371-389, Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe. Recife: DNPM, 1996.
- COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, n. 2, p. 69-100, 2003, DOI 10.20502/rbg.v4i2.25.
- CUNHA, C. N da; PIEDADE, M. T. F; JUNK, W. J. Classificação e delineamento das Áreas Úmidas brasileiras e de seus macrohabitats. Recurso eletrônico (E-book): modo de acesso: [www.editora.ufmt.br](http://www.editora.ufmt.br). Cuiabá, EdUFMT, 2015.
- GUERRA, M. D. F. Veredas da Chapada do Araripe: contexto ecogeográfico de subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil. Tese (Doutorado em geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, p. 2019, 211.
- GUERRA, M. D. F; DE SOUZA, M. J. N; DA SILVA, E. V. Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil. *Ateliê Geográfico*, v. 14, n. 2, p. 51-66, 2020, DOI: 10.5216/ag.v14i2.62824.
- GUIMARÃES, I. P. M. B; FELIPPE, M. F. Abordagem hidrogeográfica da ocorrência e formação de Áreas Úmidas no domínio dos “Mares de Morro”. *Revista Espaço e Geografia*, v. 24, n. 1, p. 109-131, 2021, ISSN: 1516-9375.
- KIMURA, G; LOUREIRO, O. C. Reservas Hídricas Subterrâneas do Gráben Crato-Juazeiro (CE). XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2004, Mato Grosso. Anais..., Cuiabá, p. 1-11, 2004.
- LOTTE, R. G; ALMEIDA, C. M de; Valeriano, M. M. Aquisição do Índice de Saturação do Solo (TWI) para a avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa na região de São Sebastião-SP. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Anais... João Pessoa-PB, INPE. 2015, p. 7117- 7124, ISBN: 978-85-170076-8.
- TOOTH, S; McCARTHY, T. S. Wetlands in drylands: geomorphological and sedimentological characteristics, with emphasis on examples from southern Africa. *Progress in Physical Geography*, v. 31, n. 1, p. 3-41, 2007, DOI 10.1177/0309133307073879,