



Os Serviços Ecológicos em Geossítios do Geopark Araripe (CE), Nordeste do Brasil The Ecosystem Services in Geosites of Araripe Geopark (CE), Northeast of Brazil

Marcos Antonio Leite do Nascimento¹; Matheus Lisboa Nobre da Silva²
& Marcelo Martins de Moura-Fé³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra,
Departamento de Geologia, Campus Universitário s/n, CEP 58078-970, Natal, RN, Brasil

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Pós-graduação em Geologia,
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³Universidade Regional do Cariri, Departamento de Geociências,
Rua Coronel Antônio Luiz, CEP 63105-000, Crato, CE, Brasil

E-mails: marcos@geologia.ufrn.br; nobre.mt@gmail.com; marcelo.mourafe@urca.br

Recebido em: 15/11/2019 Aprovado em: 30/12/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_119_132

Resumo

Os geoparques são uma das principais ações de conservação da natureza, sobretudo, nos seus aspectos abióticos - a geodiversidade. No mundo são 161 geoparques (jul/2020), em 44 países, organizados em rede, o Programa Mundial de Geoparques UNESCO e a Rede Mundial de Geoparques, do qual, no Brasil, apenas o Geopark Araripe é integrante. Qualquer intenção em definição de geoparques começa com o inventário da geodiversidade e a hierarquização dos locais a partir da valorização dos elementos da geodiversidade, fundamental para a elaboração de ações de geoconservação. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a identificação dos serviços ecossistêmicos nos geossítios do Geopark Araripe, sul do estado do Ceará, nordeste brasileiro, associados aos valores da geodiversidade, feita a partir da metodologia de Gray (2013). Metodologicamente foi realizada uma atualização bibliográfica sobre avaliação da geodiversidade e serviços ecossistêmicos, a qual embasou o trabalho de campo no Geopark Araripe em fevereiro de 2019. Tais etapas permitiram a descrição de cada um dos geossítios e, por conseguinte, o levantamento e revisão dos serviços ecossistêmicos da geodiversidade para cada um deles. Como resultados, 19 dos 25 bens e processos, distribuídos pelos cinco serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e de conhecimento), foram identificados nos geossítios, ao passo que três geossítios possuem os cinco tipos de serviços associados: Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Riacho do Meio. Por outro lado, o geossítio Floresta Petrificada do Cariri é o que possui o menor número de serviços. Entende-se que a identificação dos serviços ecossistêmicos nos geossítios seja uma ferramenta de interpretação ambiental, que pode ser utilizada na divulgação das geociências e do próprio geoparque, ao passo que procura elucidar a importância da geodiversidade para o ecossistema, estando o ser humano incluso neste conceito. Tais dimensões se configuram como significativos subsídios para a geoconservação no território do Geopark Araripe.

Palavras-chave: *Geoconservação; Geoparques; Serviços Ecológicos*

Abstract

Geoparks are one of the main actions of nature conservation, above all, its abiotic aspects - geodiversity. In the world there are 161 geoparks (Jul/2020), in 44 countries organized in network, the UNESCO Global Geoparks and Geoparks Global Network, in which, in Brazil, only the Araripe Geopark is a member. Any intention to define geoparks starts with the inventory of geodiversity and the hierarchy of locations based on the valuation of geodiversity elements, fundamental for the elaboration of geoconservation actions. In this context, the objective of this work is to identify the ecosystem services in the Geopark Araripe geosites, in the southern Brazilian state of Ceará, associated with geodiversity values, based on Gray's methodology (2013). Methodologically, a bibliographic update on the evaluation of geodiversity and ecosystem services was carried out, which was based on fieldwork in the Araripe Geopark in February 2019. These stages allowed the realization of descriptions of each of the geosites and, consequently, the survey and review of geodiversity ecosystem services for each of them. As a result, 19 of the 25 goods and processes, distributed among the 05 services (regulation, support, provision, cultural and knowledge) were identified in the geosites, while three geosites have the five types of associated services: *Batateira, Cachoeira of Missão Velha and Riacho do Meio*. On the other hand, the *Floresta Petrificada do Cariri* geosite is the one with the lowest number of identified services. It is understood that the identification of ecosystem services in geosites is an environmental interpretation tool, which can be used in the dissemination of geosciences and the geopark itself, while trying to identify the importance of geodiversity to the ecosystem, being the human being included in this concept. These dimensions constitute significant subsidies for the geoconservation in the territory of the Araripe Geopark.

Keywords: *Geoconservation; Geoparks; Ecosystem Services*

1 Introdução

Atualmente, geoparques são uma das principais ações de conservação da natureza, sobretudo abiótica, em todo o mundo. Já são 161, em 44 países (jul/2020), que compõem o Programa Mundial de Geoparques UNESCO (*UNESCO Global Geoparks, UGG*), o que mostra o forte crescimento da adoção dessa forma de manejo sustentável do meio ambiente, com especial atenção às comunidades envolvidas nos territórios. No Brasil, apenas o Geopark Araripe integra o Programa.

Fornaro & Fernandes (2018) mostram que territórios de geoparques são ideais para o ensino das geociências, com conteúdos que vão além da simples visita aos locais. Diversas atividades nos territórios podem, além de divulgar os conhecimentos sobre a Terra, promover a proteção do meio ambiente, por meio da geoconservação.

Porém, qualquer intenção em definição de geoparques em todo o mundo precisa começar com o inventário da geodiversidade local e, também, com a hierarquização dos locais a partir da valorização dos elementos da natureza abiótica. Tal hierarquização é fundamental para a elaboração de ações de conservação da diversidade natural.

Com a perspectiva de fornecer subsídios para a geoconservação no território do Geopark Araripe, demonstrando a importância dos elementos abióticos para a natureza e para o ser humano, este trabalho tem como objetivo a identificação dos serviços ecossistêmicos em

geossítios do Geopark Araripe, associados aos valores da geodiversidade, sob a ótica do que é proposto pela metodologia de Gray (2013).

1.1 Área de Estudo

O Geopark Araripe, integrante da Rede Mundial de Geoparques (*Global Geopark Network, GGN*) desde 2006 e pelo Programa Mundial de Geoparques UNESCO (*UNESCO Global Geopark, UGG*) desde 2015, está localizado no sul do estado do Ceará, nordeste brasileiro, com uma população estimada em 532.257 pessoas e uma área total de 3.780 km² (a partir das estimativas do IBGE, 2018). Os acessos principais se dão via terra pelas rodovias BR-116, BR-122, CE-060, CE-292 e CE-293 e via área pelo aeroporto regional de Juazeiro do Norte. Atualmente, o território possui nove geossítios onde ações são privilegiadas, dentro dos mais de cinquenta inventariados (Figura 1).

Geologicamente é um território compreendido por rochas granito-gnáissicas do embasamento cristalino, por sua vez coberto por rochas sedimentares da Bacia do Araripe, sendo esta formada por uma sequência paleozoica e superseqüências mesozoicas Pré-Rifte, Rifte e Pós-Rifte, com sua compartimentação associada aos processos de separação do Gondwana (Assine, 2007). Esta região é conhecida internacionalmente pelo seu conteúdo fóssilífero de alto valor científico (Martill *et al.*, 2007; Kellner 2013).

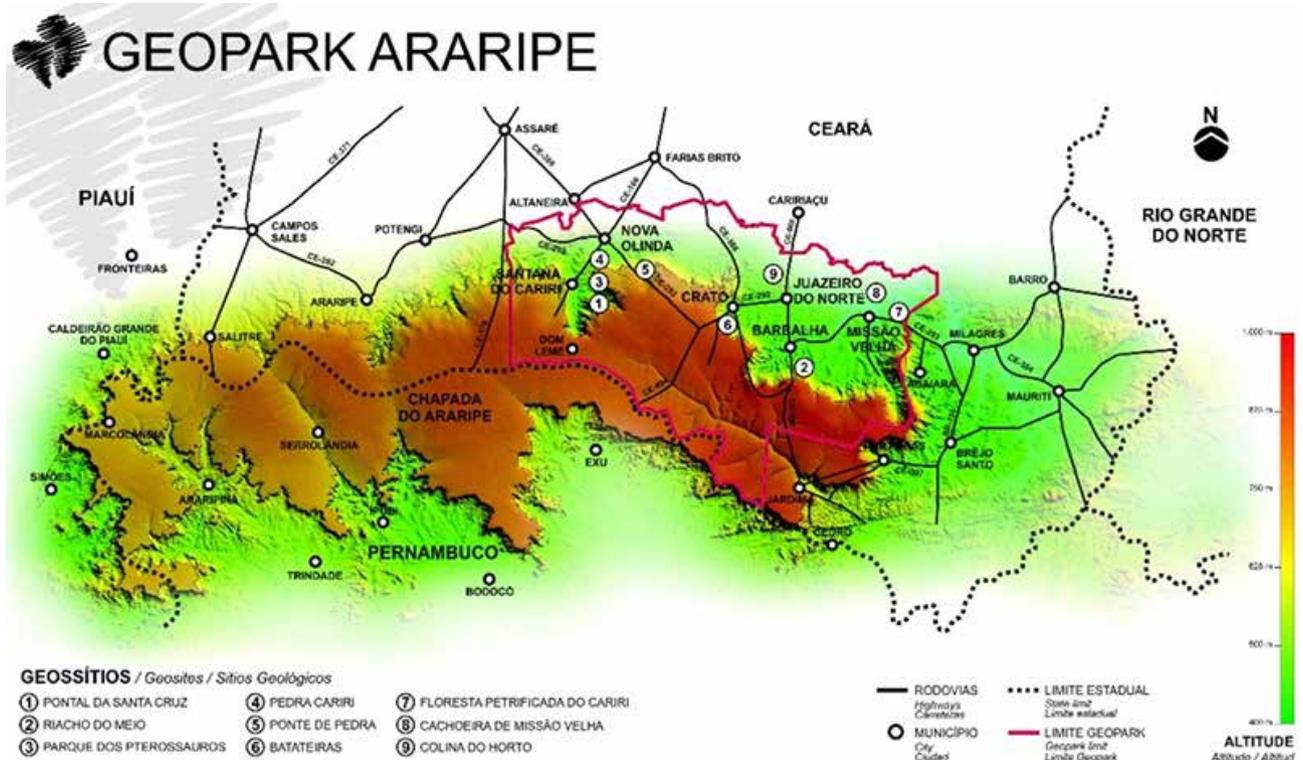


Figura 1 Mapa de localização do Geopark Araripe e seus geossítios (Ceará, 2012a).

Todavia, a região do Geopark Araripe é considerada um “hotspot” da geodiversidade, não somente por se tratar de um “Lagerstätten” (depósitos sedimentares que apresentam fósseis extraordinários com preservação excepcional), mas também por suas características geomorfológicas e hidrológicas (Carvalho-Neta *et al.*, 2016; Araújo & Pereira, 2018; Bétard *et al.*, 2018; Carvalho-Neta *et al.*, 2018; Bétard & Peulvast, 2019).

2 Materiais e Métodos

O estudo foi iniciado com uma atualização bibliográfica sobre a avaliação da geodiversidade e serviços ecosistêmicos, de forma a fornecer embasamento científico para as observações *in loco*, que foram feitas no período de 24 a 28 de fevereiro de 2019, com visita de campo ao território do Geopark Araripe, com ênfase nos 9 geossítios abertos para visitação.

A partir das descrições geológicas dos geossítios, como também de informações sobre cultura, religião, política, de cunho antropológico, foi realizado um primeiro levantamento dos serviços ecosistêmicos da geodiversidade que pudessem ser identificados nas áreas dos nove geossítios, segundo a definição de Gray (2013). Por ter um caráter antropocêntrico, a definição de muitos serviços representa os benefícios que a comunidade local obtém dos elementos abióticos existentes na região, especificamente dos que estão incluídos no inventário do Geopark Araripe (Ceará, 2005).

Em seguida, foram revisados os serviços elencados e definidos os bens e processos associados, também de acordo com o que é indicado pela metodologia de Gray (2013), expressando diretamente as funções ecológicas e/ou socioculturais da geodiversidade, sobretudo dos elementos presentes nos geossítios avaliados. Por fim, para a avaliação, foi montada uma tabela com os serviços identificados em cada local, a fim de facilitar as discussões a serem apresentadas.

3 Resultados e Discussão

3.1 Serviços Ecosistêmicos e Geodiversidade

Em termos de conservação do meio ambiente parece ser impossível proteger todos os elementos que compõem a diversidade natural do planeta. Além da necessidade antrópica pelo consumo dos recursos da natureza, que precisa ser feito de forma mais sustentável, frise-se, existem ameaças naturais às condições de existência e manutenção dos elementos da biodiversidade e da geodiversidade.

Assim, deve haver nas ações de proteção (com destaque para a conservação) uma priorização de quais

elementos e locais precisam de uma atenção maior. Isso se dá com um olhar focado nos elementos excepcionais da natureza. Em relação à geodiversidade, Brilha (2018) indica que para ser considerado excepcional um elemento abiótico deve possuir um alto valor associado, o que vai embasar a sua necessidade de proteção.

Os valores da geodiversidade são discutidos por diversos autores da literatura especializada, mas um dos primeiros trabalhos que elencou uma metodologia sistemática de definição de valores da natureza abiótica foi o de Gray (2004), no qual o autor definia os valores intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional e científico/educativo.

Contudo, a partir da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MA, 2005), passou a emergir, com maior destaque nas Ciências Biológicas, a valoração da natureza com base nos serviços ecosistêmicos. Estes são caracterizados como uma vasta gama de benefícios diretos e indiretos, monetários e não monetários, que seres humanos obtêm como resultado de estarem envolvidos dentro de um ecossistema ativo, nativo ou modificado (Ruppert & Duncan, 2017).

Assim, é possível indicar que os serviços ecosistêmicos são benefícios que toda a natureza, por meio de seus elementos bióticos e abióticos, dispõe para o ser humano. Portanto, é possível, por meio deles, indicar a importância da geodiversidade e fornecer mais informações que sustentem a necessidade de ações de geoconservação, visto que Gordon *et al.* (2012) indicam que a geodiversidade é parte integrante dos serviços ecosistêmicos. Silva *et al.* (2018) apresentam uma ampla revisão sobre a definição dos serviços ecosistêmicos, sua aplicabilidade nos estudos da geodiversidade e atual estado da arte no Brasil.

Procurando utilizar a terminologia dos serviços ecosistêmicos nos estudos do meio abiótico, Gray (2013) definiu os Serviços Ecosistêmicos da Geodiversidade, que são cinco: cultural, regulação, provisão, suporte e conhecimento. Relativos a esses serviços, o autor enumerou 25 bens e processos, simplificados por Silva (2016) no diagrama da Figura 2.

Os **serviços culturais** relacionam os elementos abióticos da natureza com as comunidades em seu entorno, por meio de sua presença na paisagem, muitas vezes incorporada ao imaginário e à identidade local dos povos. Também estão associados com a prática de atividades de lazer que são desenvolvidas no ambiente da geodiversidade, entre outros. Associado a esse tipo de serviços estão cinco bens e processos da natureza abiótica.

O **serviço de regulação** é relativo à responsabilidade e participação da geodiversidade e seus elementos na manutenção do equilíbrio dos processos e condições naturais em toda a Terra. São enumerados quatro bens e processos associados a este serviço.

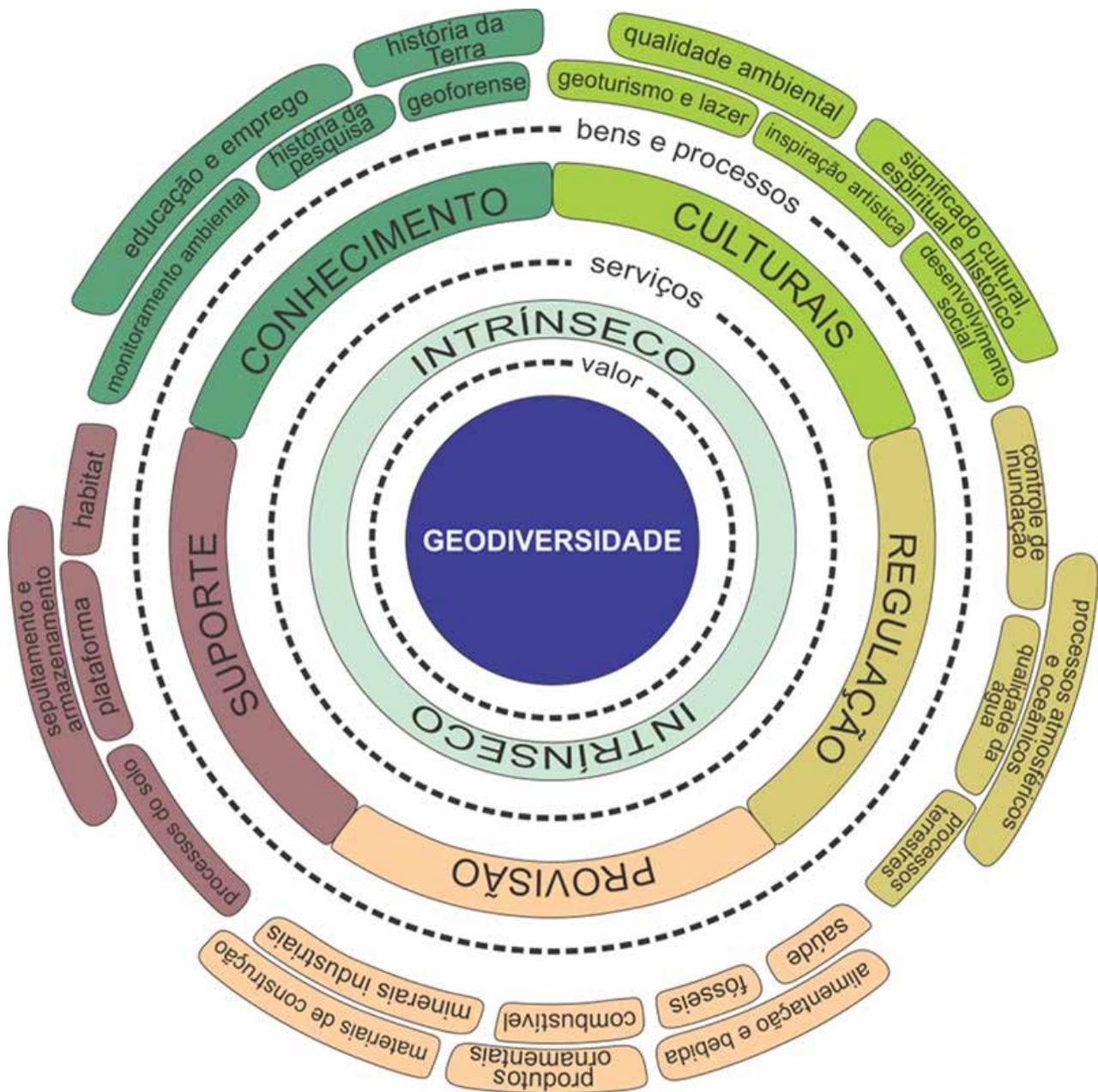


Figura 2 Diagrama simplificado dos serviços ecosistêmicos da geodiversidade *sensu* Murray Gray. Fonte: Silva (2016).

O **serviço de provisão** indica a importância da geodiversidade como fonte de matéria-prima para o ser humano. É possível fazer uma correlação deste serviço com valores monetários dos elementos abióticos. Ao todo, Gray (2013) enumera sete bens e processos, contudo, na realidade nacional é importante frisar que “fósseis” não podem ser considerados um bem, pois a legislação brasileira federal proíbe a comercialização desse importante elemento da geodiversidade (Brasil, 1942).

O **serviço de suporte** inclui as atividades antrópicas nas quais algum elemento abiótico é utilizado pelo ser

humano como base para seu desenvolvimento. Em essência, o ser humano é muito dependente da geodiversidade como fundação para realização de diversas atividades, porém este serviço evidencia, destacadamente, as relações da agropecuária e construção civil com a natureza. Estão compreendidos por este serviço quatro bens e processos.

O **serviço de conhecimento** reflete a importância científica da geodiversidade, principalmente como objeto de estudo das Geociências. Portanto, é reflexo de um valor científico dos elementos abióticos da natureza. São associados a este serviço cinco bens e processos.

3.2 Serviços Ecosistêmicos e Geoparques

A partir da sistematização dos serviços ecosistêmicos em relação à avaliação da geodiversidade é possível utilizar seus conceitos como uma abordagem de embasamento à geoconservação. Neste sentido, Gordon (2016) aponta que os serviços ecosistêmicos fornecem sustentação a questões como geoturismo, manejo sustentável e desenvolvimento científico em áreas com notável patrimônio geológico, a exemplo dos geoparques. Esse autor ainda reflete sobre o crescimento dos UGG, incentivado pela provisão de ativos para o geoturismo dados pelos serviços ecosistêmicos da natureza abiótica.

Também sob uma perspectiva de serviços providos pelos ecossistemas em geoparques, Gabriel *et al.* (2018) elucidam o que chamam de serviços de saúde, que para os autores é uma importante ferramenta que pode ser utilizada na promoção dos geoparques, visto que as atividades realizadas nestes territórios também objetivam o alcance de rotinas de vida mais saudáveis.

É possível, portanto, afirmar que os territórios de geoparques, por meio de seu patrimônio geológico, fornecem exemplos únicos dos benefícios que a natureza, incluindo o ser humano nesta concepção, promovem a partir da geodiversidade. Assim, os geossítios e outros locais de interesse geológico destes territórios podem ser avaliados segundo a perspectiva dos serviços ecosistêmicos.

Um exemplo disto é o trabalho de Pereira (2017), que faz uma avaliação simplificada dos serviços ecosistêmicos disponibilizados pela geodiversidade no Geopark Terras dos Cavaleiros (Portugal). Silva (2018) também usa a ótica dos serviços ecosistêmicos na avaliação dos geossítios inseridos no Geoparque Aspirante Seridó (Rio Grande do Norte, Brasil) e mostra a aplicabilidade deste tipo de avaliação qualitativa em áreas de geoparque.

Em essência, os serviços ecosistêmicos são responsáveis por diversos elementos e fenômenos que os geoparques têm por finalidade proteger e utilizar de maneira mais sustentável. Logo, percebe-se uma clara relação fim-meio entre ambos.

No que concerne especificamente ao Geopark Araripe, já houve avaliações qualitativas da geodiversidade local, contudo, lançando mão de outras metodologias, como a definição de valores para o território feito por Mochiutti *et al.* (2012) e Moura-Fé (2016).

O uso da metodologia de Gray (2013) na avaliação da diversidade abiótica no território do Geopark Araripe poderá corroborar os levantamentos qualitativos já realizados, fornecendo também novas interpretações sobre a importância da geodiversidade local para toda a diversidade natural da área e do planeta.

3.3 Geopark Araripe e seus Geossítios

O Geopark Araripe, primeiro geoparque das Américas, foi criado em setembro de 2006, instituído pelo Governo Estadual do Ceará em parceria com a Universidade Regional do Cariri – URCA (Herzog *et al.*, 2008). Está inserido no contexto geológico da bacia sedimentar do Araripe e geomorfológico da Chapada do Araripe (Moura-Fé, 2016), mais especificamente contemplando seis municípios: Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri, o chamado “território do Geopark Araripe”.

Esta área é considerada como detentora de não apenas um, mas dois *world-class fossil Konservat Lagestätten*, em referência às duas importantes unidades fossilíferas que ali afloram: Membro Crato (Viana & Neumann, 2002) e Membro Romualdo (Kellner, 2002) da Formação Santana. Os fósseis preservados nas jazidas da bacia sedimentar do Araripe são notáveis por sua abundância, diversidade e excepcional estado de conservação (Herzog *et al.*, 2008).

A partir dessa histórica e científica constatação, o Geopark Araripe, conforme o dossiê encaminhado à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO (Cardoso *et al.*, 2007), foi criado para proteger, conhecer e divulgar esse patrimônio paleontológico da Bacia do Araripe (Férrer, 2011). Os principais geossítios foram selecionados em função da representatividade estratigráfica no contexto da bacia (Figura 3), com a finalidade de propiciar atividades científicas qualificadas com potencial de divulgação científica dos conceitos de geociências.

Nesse contexto, a partir de diretrizes da Rede Mundial de Geoparques, o Geopark Araripe tem como objetivos fundamentais: (1) a promoção da conservação do seu patrimônio natural (com ênfase na geodiversidade e considerando a biodiversidade) e cultural, em consonância com (2) o desenvolvimento socioeconômico sustentável das comunidades locais (Moura-Fé, 2016), promovendo o desenvolvimento sustentável regional (Correia, 2013).

Buscando atingir tais objetivos, o Geopark Araripe possui atualmente nove geossítios abertos para visitação, com diferentes características, estágios de manutenção, desenvolvimento institucional de ações, projetos com o envolvimento das comunidades locais, os quais são caracterizados na sequência.

1 - Geossítio Colina do Horto (Juazeiro do Norte): geologicamente compreende as rochas mais antigas do território do Geopark Araripe, constituídas por granitos (rochas de cor clara, com presença de feldspatos e quartzo, como minerais principais) e dioritos (rochas de cor escura, com presença de biotita e anfibólio como minerais

essenciais). Estas rochas representam o substrato cristalino das rochas sedimentares da Bacia do Araripe, pontualmente sobreposto por rochas da base da bacia, correlacionadas à Formação Cariri. Esse embasamento foi formado há cerca de 650 milhões de anos, a alguns quilômetros de profundidade e que, desde então, vem passando por processos tectônicos e erosivos, estando parcialmente exposto na superfície como lajedos e inúmeros blocos (visíveis, por exemplo,

ao longo da trilha do Santo Sepulcro). Ainda em termos litológicos, rochas empilhadas por romeiros ao longo da trilha do Santo Sepulcro e a passagem pela fenda na “Pedra do Pecado” (Mochiutti *et al.*, 2012) são atrativos turísticos que apresentam uma instigante relação entre cultura e geodiversidade, sendo uma área visitada por muitos romeiros e pesquisadores.

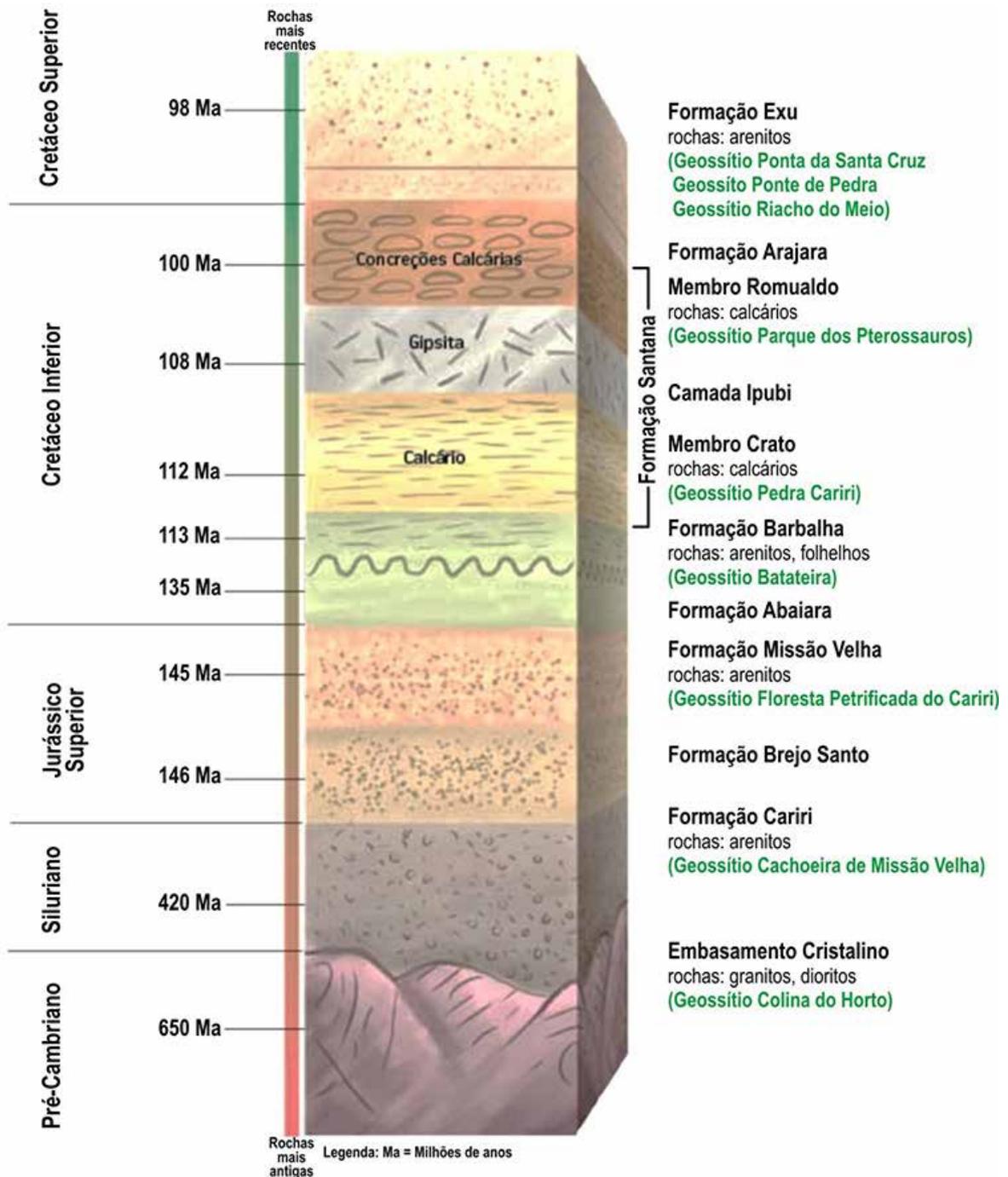


Figura 3 Coluna estratigráfica da Bacia do Araripe (Assine, 2007) e seu embasamento cristalino. Fonte: Adaptada de Ceará (2012b).

Geomorfologicamente se apresenta como um maciço (*stock* granítico) dotado de diversas feições erosivas embutidas (Soares *et al.*, 2018). Esse modelado apresenta uma história estreitamente relacionada com a evolução da região e da Bacia do Araripe.

Principal divisor de águas do município, a Colina do Horto apresenta-se localizada na zona urbana (Figura 4A), oferecendo uma visão panorâmica do Vale do Cariri e da Chapada do Araripe a partir do mirante da estátua do Padre Cícero, uma das principais atrações turísticas junto com a Igreja do Senhor Bom Jesus do Horto, o Museu Vivo do Padre Cícero, a Trilha do Santo Sepulcro (com 2.650 metros de percurso), a Capela do Santo Sepulcro e o Muro da Sedição de 1914 (Ceará, 2012b).

2 - Geossítio Cachoeira de Missão Velha (Missão Velha): litologicamente composta pelos arenitos silicificados da Formação Cariri (Assine, 2007), unidade geológica que antecede à Bacia sedimentar do Araripe, gerada há cerca de 420 milhões de anos, quando da entrada de águas de um mar raso. Esses arenitos apresentam estruturas sedimentares do tipo estratificações plano-paralelas e cruzadas, além de icnofósseis, caracterizando antigos vestígios de organismos, no caso de invertebrados aquáticos (Férrer, 2011; Ceará, 2012b).

De significativa relevância geomorfológica, apresenta uma queda d'água (Figura 4B), a cachoeira de Missão Velha (com aproximadamente 12 metros de altura), e um cânion ao longo do rio Salgado, junto de feições de erosão fluvial de menor porte, tais como marmitas de vários tamanhos (Soares *et al.*, 2018), identificadas por cavidades circulares, geradas pelo turbilhonamento, às quais está associada a lenda da mãe d'água (Mochiutti *et al.*, 2012), uma mulher que atrai e afoga as pessoas.

Localizada no sítio Cachoeira, a 3 km da sede do município de Missão Velha, apresenta outros atrativos turísticos, tais como a trilha da Casa de Pedra e a Fonte do Pinga. Em alguma distância da cachoeira, encontram-se restos de casas de pedra que remetem a uma primeira fase de colonização do Cariri, a partir do século XVII. A cachoeira também é citada como ponto de encontro entre cangaceiros, os bandidos que marcaram a história do sertão nordestino, no início do século XX (Ceará, 2012b).

Atualmente este geossítio está inserido em duas unidades de conservação: o Parque Natural Municipal Cachoeira de Missão Velha/Bioparque (Lei nº 002/02 e Lei Complementar nº 017/02) e o Monumento Natural Cachoeira do Rio Salgado (Decreto nº 28.506/06) (Herzog *et al.*, 2008; Cordeiro *et al.*, 2015).

3 - Geossítio Floresta Petrificada do Cariri (Missão Velha): geologicamente o geossítio é formado por arenitos da Formação Missão Velha (Assine, 2007), ocorrendo em camadas de cor vermelha e possuindo cerca de 8 metros de espessura. De significativa relevância

paleontológica, esse geossítio apresenta ao longo dessas camadas troncos fósseis (Brito & Perinotto, 2012), datados em 145 milhões de anos, evidenciando que naquela época a região em lide era coberta por uma floresta de coníferas, algumas com mais de 2 m de comprimento (Ceará, 2012b).

Localizado no sítio Olho D'água Comprido, a 6 km a sudeste da sede do município de Missão Velha, na localidade conhecida como Grota Funda, o geossítio e seus fósseis de troncos petrificados (Figura 4C) evidenciam um grande valor científico (paleobotânico) e elevado potencial geoturístico (Cordeiro *et al.*, 2015).

4 - Geossítio Batateira (Crato): de relevância geológica e geomorfológica, esse geossítio se caracteriza pela nascente e pelo rio Batateira (Figura 4D), além da Cascata do Lameiro, feições modeladas em arenitos mais ou menos resistentes da Formação Barbalha (Assine, 2007), formando vales diferentes ao longo do próprio rio Batateira, ora mais estreitos (pequenos cânions), devido aos arenitos mais compactos, ora mais alargados, devido aos arenitos mais friáveis, e preenchidos por blocos, calhaus e seixos, predominantemente arredondados.

Os arenitos estão intercalados por camadas de folhelhos betuminosos, relacionados à Camada Batateira da Formação Barbalha, que registra o momento em que a região era caracterizada por ambiente fluvial/lacustre e planícies de inundação, ambientes de águas calmas e com muita matéria orgânica, com baixa oxigenação das águas. Nestes folhelhos ocorrem fósseis de conchas de microcrustáceos (ostracodes), coprólitos, fragmentos carbonizados de vegetais e pequenos peixes. Estes fósseis ocorrem localmente e são frágeis, devido a composição e estrutura dos folhelhos (Assine, 2007; Férrer, 2011).

Situado em uma unidade de conservação estadual, o Parque Estadual Sítio Fundão, o geossítio possui ainda diversas atratividades em termos de biodiversidade (espécies dos biomas Caatinga e Cerrado) e de cultura, na forma de cinco construções, dentre elas: uma murada erguida por ordem do imperador D. Pedro II, um engenho de madeira com tração animal e uma casa de taipa (Fernandes *et al.*, 2016; 2017), além de uma casa que serviu de primeira usina de eletrificação da cidade, a antiga Usina Hidroelétrica, erguida em 1939, já desativada (Ceará, 2012b).

Por fim, em torno do geossítio tem-se lendas dos índios Kariris, com destaque para a lenda da pedra da Batateira e a inundação do vale do Cariri (Mochiutti *et al.*, 2012), um dos mitos fundantes da cidade, que diz que a Chapada do Araripe era a entrada para um lago encantado, cujo único acesso estava segurado pela Pedra da Batateira. Se o local fosse profanado, a pedra iria rolar e a água, jorrando, iria inundar todo o vale do Cariri e matar a sua população inteira, elementos de narrativas cristãs similares ao Dilúvio e ao Apocalipse bíblico (Ceará, 2012b).



Figura 4 Exemplos dos geossítios do Geopark Araripe, tendo em (a) Visão de parte do Geossítio Colina do Horto em meio à área urbana de Juazeiro do Norte (Foto: Filipe Alencar, jan/2019); (b) Arenitos da Formação Cariri, com queda d'água ao fundo, no Geossítio Cachoeira de Missão Velha (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (c) Troncos Fossilíferos no Geossítio Floresta Petrificada do Cariri (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (d) Arenitos da Formação Barbalha ao longo do rio Batateira no Geossítio Batateira (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (e) Frente de antiga lavra com calcários no Geossítio Pedra Cariri (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (f) Escavação no Geossítio Parque dos Pterossauros mostrando calcários e concreções (Foto: Marcelo Moura-Fé, mai/2016); (g) Ponte de Pedra esculpida em arenitos no Geossítio Ponte de Pedra (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (h) Parte do mirante no Geossítio Pontal de Santa Cruz, com a Chapada do Araripe ao fundo (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019); (i) Fonte d'água no Geossítio Riacho do Meio (Foto: Marcos Nascimento, fev/2019).

5 - Geossítio Pedra Cariri (Nova Olinda): situado a 3 km do centro de Nova Olinda, esse geossítio compreende uma antiga área de mineração de calcário (Figura 4E) conhecida por Mina Triunfo (Ceará, 2012b). Litologicamente ocorrem no geossítio calcários depositados em finas camadas, formados há cerca de 112 milhões de anos, pertencentes ao Membro Crato da Formação Santana (Assine, 2007). Estes calcários são dotados de fósseis de invertebrados, vertebrados e plantas (Brito & Perinotto, 2012), apresentando, em suma, uma significativa relevância paleontológica. Em alguns afloramentos é possível identificar contatos e litologias dos membros Crato e Romualdo, além da Camada Ipubi, rochas da Formação Santana e que definem paleoambientes da intrusão e evaporação das águas marinhas na região do Cariri. Esses fósseis são conhecidos mundialmente pela sua excepcional qualidade de preservação.

Em diversas localidades da bacia sedimentar do Araripe estão preservados, em grande quantidade, principalmente fósseis de: invertebrados (crustáceos, insetos, aracnídeos e escorpiões), vertebrados (peixes, anuros, pterossauros, quelônios, crocodilianos e aves) e vegetais (algas, samambaias, gimnospermas e angiospermas) (Ceará, 2012b).

Nesse geossítio pode-se abordar tanto a história da mineração na região, fortemente apoiada na extração da “Pedra Cariri” quanto na delicada situação socioeconômica dos trabalhadores envolvidos atualmente nesta atividade, atrelada ao contexto da região e que precisa de atenção por parte do Poder Público e de políticas específicas (Moura-Fé, 2016).

6 - Geossítio Parque dos Pterossauros (Santana do Cariri): Localizado no Sítio Canabrava, em uma área de 18,2 ha de propriedade da URCA, a 2,5 km da sede de Santana do Cariri e do Museu de Paleontologia da URCA. Litologicamente esse geossítio situa-se em meio às rochas calcárias do membro Romualdo da Formação Santana (Assine, 2007), nas quais são encontradas concreções fossilíferas (Mochiutti *et al.*, 2012). Esse geossítio apresenta uma significativa relevância paleontológica, em nível mundial, principalmente pela ocorrência de escavações paleontológicas e do material coletado no local (Figura 4F).

No geossítio é comum a presença de macrofósseis tridimensionalmente preservados em concreções calcárias, em geral ovoides e de diversos tamanhos, existentes entre as camadas de folhelhos cinzento-esverdeados coalbianos desta formação (Férrer, 2011).

O município de Santana do Cariri é conhecido por possuir um patrimônio fossilífero excepcional, sendo detentora do título de capital cearense da Paleontologia (Cordeiro *et al.*, 2015).

7 - Geossítio Ponte de Pedra (Nova Olinda): de clara relevância geomorfológica, esse geossítio se notabiliza

pela ocorrência de uma geoforma similar a uma ponte (Figura 4G), esculpida por processos erosivos lineares, sobretudo, em arenitos da Formação Exu, unidade de topo da bacia sedimentar do Araripe, em uma fácies mais resistente.

Localizado no Sítio Olho D’água de Santa Bárbara, esse geossítio situa-se cerca de 9 km do centro administrativo de Nova Olinda, e, além da ponte, há no local um mirante com vista para os “pequenos Mares de Morros do Cariri” (Soares *et al.*, 2018), bem como a ocorrência de sítios arqueológicos com registros rupestres e restos de cerâmica e de material lítico usados pelos antigos habitantes Kariri no entorno (Brito & Perinotto, 2012; Ceará, 2012b; Mochiutti *et al.*, 2012). Aliás, ainda em termos culturais/arqueológicos, lendas dizem que a ponte é uma passagem para um Castelo Encantado (Soares *et al.*, 2018);

8 - Geossítio Pontal de Santa Cruz (Santana do Cariri): de relevância geomorfológica, esse geossítio se configura como um dos pontais existentes ao longo da linha de ruptura da Chapada do Araripe, modelado sobre os arenitos predominantemente coesos e avermelhados da Formação Exu (90 Ma), capeadora do Grupo Araripe (Assine, 2007) na forma de uma feição estrutural com 750 m de altitude.

Possui um mirante que propicia uma visão panorâmica da Chapada do Araripe (Figura 4H), do seu topo predominantemente plano, da encosta íngreme, das ressurgências de nascentes e da depressão sedimentar periférica, incluindo a localidade do Brejo Grande e do vale do rio Cariús, importante curso d’água da região.

A trilha integrada ao geossítio é um dos pontos mais atrativos aos visitantes, ao se estender da base do pontal ao seu topo, proporcionando uma visão da paisagem (Cardoso *et al.*, 2018), bem como permitindo acesso à uma gruta modelada nos arenitos da encosta. No topo são realizados acampamentos (Lopes & Chacon, 2012), podendo ser visitada a Capela São Bom Jesus das Oliveiras e a Cruz que identifica o geossítio. Aliás, segundo moradores e a crença popular, a cruz serve para proteger a população local de assombrações que habitavam o pontal (Ceará, 2012b).

9 - Geossítio Riacho do Meio (Barbalha): esse geossítio apresenta relevância geológica associada com a biodiversidade, ao ser um local privilegiado para a visualização do contato de camadas sedimentares das formações Exu e Araripina (Assine, 2007) e a geração de nascentes. Tais nascentes originam cursos d’água (Figura 4I), fundamentais para a ocorrência e manutenção de várias espécies de plantas e animais, algumas delas endêmicas, tais como a samambaia-açu e o soldadinho do Araripe (Mochiutti *et al.*, 2012).

Situado a 7 km da cidade de Barbalha, é uma área de vegetação densa e úmida, com três nascentes (Coruja, do Meio e do Olho D’água Branco) que abastecem as comunidades que vivem em seu entorno. O geossítio Riacho

do Meio está inserido em duas Unidades de Conservação, nas esferas municipal e estadual. O Parque Ecológico Luís Roberto Correia Sampaio (Decreto Municipal nº 007/98; Lei Municipal 1.425/00), mais conhecido como Parque Municipal Riacho do Meio (Ceará, 2012b; Macêdo & Pinheiro, 2014), e o Monumento Natural Sítio Riacho do Meio (Decreto nº 28.506/06) (Herzog *et al.*, 2008), uma UC municipal ainda sem plano de manejo, com microclima/ clima ameno (Mochiutti *et al.*, 2012), sendo dotado de trilhas ecológicas que permitem acesso às nascentes, à pedra do Morcego e às áreas de observação de pássaros no Riacho do Meio (Ceará, 2012b).

Com altitude entre 450 e 900 m, a Pedra do Morcego é um lugar conhecido como refúgio de cangaceiros, próximo ao vazante, onde, segundo fontes orais, teria se abrigado o chamado bando dos Marcelinos. Alguns acreditam que o mesmo lugar tinha servido como parada a Lampião e seu grupo de Cangaceiros, na visita que fez ao Cariri por ocasião da suposta ameaça pela Coluna Prestes, em 1926 (Ceará, 2012b).

Com trilhas bem estruturadas, diversas atrações e equipamentos instalados (miniauditório, restaurante, estacionamento, dentre outros) permite a realização de inúmeras atividades educativas e turísticas, as quais podem ser fomentadas para e pela comunidade local do Riacho do Meio (Moura-Fé, 2016).

3.4 Serviços Ecológicos no Geopark Araripe

A identificação dos serviços ecológicos para a geodiversidade, segundo a concepção de Gray (2013), na área do Geopark Araripe, resultou na observação de 19 dos 25 bens e processos, distribuídos pelos cinco serviços: regulação, suporte, provisão, cultural e de conhecimento. Três geossítios possuem os cinco tipos de serviços associados: Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Riacho do Meio. Por outro lado, o geossítio Floresta Petrificada do Cariri é o que possui o menor número de serviços identificados, apenas os de provisão, cultural e de conhecimento.

3.4.1 Serviço de Regulação

Este serviço foi identificado por ações erosivas, principalmente fluviais, responsáveis pelo modelamento das feições locais, como cânions, cachoeiras e passagem sobre leito seco, o que caracteriza processos terrestres nos geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Ponte de Pedra.

É exemplificado também pelo controle de qualidade da água por meio da filtração por camadas de arenitos permeáveis das formações Barbalha e Exu nos geossítios Batateira, Pontal de Santa Cruz e Riacho do Meio.

Processos atmosféricos foram observados no geossítio Riacho do Meio, onde os elementos geomorfológicos fornecem contribuição importante para o estabelecimento de um microclima úmido.

3.4.2 Serviço de Suporte

Foi observado no geossítio Floresta Petrificada do Cariri. Este está localizado em uma área rural onde o solo, resultado da pedogênese, é amplamente utilizado para a agropecuária, o que caracteriza processos do solo.

Pela presença de fauna e flora típicas ou endêmicas na região, pode-se também considerar a existência de serviço de suporte nos geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Riacho do Meio, locais em que a biodiversidade encontra habitat ideal para seu estabelecimento.

Plataforma é outro tipo de serviço de suporte identificado no Geopark Araripe, especificamente nos geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Pontal de Santa Cruz. Nestes locais a geodiversidade foi utilizada com base para construções ou estruturas de uso antrópico, como barragem de pedra, balneário e capela, respectivamente.

3.4.3 Serviço de Provisão

Relacionado com disponibilização de recursos, este serviço pode ser identificado pela provisão de água como Bebida para a biodiversidade nos geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Riacho do Meio; e de Materiais para Construção como blocos de granito no geossítio Colina do Horto, de arenitos no geossítio Batateira e de calcário no geossítio Pedra Cariri. Neste último, a rocha também é utilizada como Produto Ornamental, o que também caracteriza um serviço de provisão.

Ainda é identificado no geossítio Batateira o bem Combustível Mineral, pelo acúmulo de hidrocarbonetos nos folhelhos betuminosos, ainda que em quantidade não comercial.

Um dos principais atrativos do Geopark Araripe é o seu conteúdo fossilífero, de importância internacional, o que também caracteriza um serviço de provisão da geodiversidade. São encontrados icnofósseis no geossítio Cachoeira de Missão Velha, troncos fossilizados na Floresta Petrificada do Cariri, pterossauros, dinossauros, tartarugas e vegetais no geossítio Parque dos Pterossauros e diversos invertebrados, vertebrados e vegetais no geossítio Pedra Cariri.

3.4.4 Serviço Cultural

O Geopark Araripe demonstra uma relação intrínseca das comunidades locais com o ambiente, caracterizado pelos elementos da geodiversidade, evidenciando a importância cultural da diversidade abiótica. A beleza estética da paisagem, que favorece sua observação e interesse das pessoas pelos locais, caracteriza a Qualidade Ambiental deste serviço cultural, o que é observado em todos os geossítios da área, com exceção da Floresta Petrificada do Cariri e Pedra Cariri.

Identificam-se práticas de Atividades de Lazer, como trilhas e banho de cachoeira, nos geossítios Batateira, Colina do Horto, Pontal de Santa Cruz e Riacho do Meio, o que caracteriza outro serviço cultural.

A relação do ser humano com o meio ambiente é expressa, muitas vezes, por meio do folclore, da religião ou de registros históricos, da forma como é encontrado nos geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha, Colina do Horto, Pedra Cariri, Pontal de Santa Cruz e Ponte de Pedra.

O monumento em homenagem ao Padre Cícero no geossítio Colina do Horto permite que este local da geodiversidade sirva de Inspiração Artística para a produção de diversas expressões das artes, assim como os fósseis dos geossítios Parque dos Pterossauros e Pedra Cariri.

As atividades de conscientização ambiental convergem para o Desenvolvimento Social das comunidades envolvidas no Geopark e seus visitantes. Assim, pode-se observar claramente este serviço cultural da geodiversidade nos geossítios Batateira, Colina do Horto e Pedra Cariri. Este último depende diretamente das atitudes dos mineradores para a proteção do patrimônio fossilífero encontrado nas minas.

3.4.5 Serviço de Conhecimento

A História da Terra está registrada em muitos dos elementos da geodiversidade nos ecossistemas globais. Na área de estudo, isso está exemplificado no geossítio Batateira, onde a Formação Barbalha constitui um marco estratigráfico importante para o entendimento da Bacia do Araripe. Os troncos fossilizados encontrados no geossítio Floresta Petrificada do Cariri também são evidências de que no Jurássico havia na região diversos espécimes de árvores coníferas, diferentemente da flora atual da região.

Os fósseis encontrados nos geossítios Parque dos Pterossauros e Pedra Cariri registram a fauna que habitou a região em tempos geológicos pretéritos, por isso também contam uma parte da História da Terra. Ainda são evidências científicas fundamentais para algumas pesquisas, sobretudo nas geociências, o que caracteriza outro serviço de conhecimento, o de História da Pesquisa.

Em essência, todos os geossítios do Geopark Araripe têm um alto potencial didático e científico, o que possibilita a utilização deles como verdadeiras salas de aula a céu aberto, caracterizando um bem de Educação e Emprego, tipicamente um serviço de conhecimento da geodiversidade.

A partir das observações e descrições dos serviços ecológicos na área de estudo, foi montada a Tabela 1, com o resumo dos bens e processos identificados em cada um dos nove geossítios do Geopark Araripe.

4 Discussões e Conclusões

Em relação aos serviços de regulação e de suporte, os geossítios mais importantes, qualitativamente, são Batateira/Riacho do Meio e Batateira/Cachoeira de Missão Velha, respectivamente, por possuírem dois bens e processos associados a um desses serviços ecológicos. Estes locais, portanto, possuem mais exemplos de como a geodiversidade é importante para a manutenção do equilíbrio ambiental dos ecossistemas e como esta diversidade abiótica é fundamental e base para o desenvolvimento das atividades antrópicas na região.

Referindo-se apenas ao serviço de provisão, os mais importantes são os geossítios Batateira e Pedra Cariri, uma vez que, em cada um destes locais, puderam ser observados três dos sete bens e processos. Afirma-se, assim, que esses geossítios evidenciam de forma mais clara e com mais variáveis a disponibilização de recursos pela geodiversidade para uso antrópico, especialmente.

A predominância dos serviços cultural e de conhecimento nos geossítios do Geopark Araripe mostra a importância social e científica do patrimônio geológico local, com destaque para o patrimônio paleontológico, pois mostram como as comunidades locais se inserem no contexto do território, estando integradas à diversidade natural da região, e como sua geodiversidade foi fundamental para o desenvolvimento das geociências, com evidências de relevância internacional.

No contexto cultural, pode-se afirmar que, qualitativamente, o geossítio Colina do Horto é o mais importante do Geopark Araripe, pois possui o maior número de bens e processos do serviço ecológico cultural quando comparado aos demais geossítios. Fato que se comprova também pela relevância para toda a região pela associação com a figura histórica e religiosa do Padre Cícero.

Cientificamente, os geossítios mais importantes são Parque dos Pterossauros e Pedra Cariri, onde foram observados três dos cinco bens e processos do serviço de conhecimento.

Em um panorama mais generalista, podem-se elencar o Geossítio Batateira como o de maior diversidade qualitativa, segundo a avaliação realizada neste trabalho,

Os Serviços Ecosistêmicos em Geossítios do Geopark Araripe (CE), Nordeste do Brasil
 Marcos Antonio Leite do Nascimento; Matheus Lisboa Nobre da Silva & Marcelo Martins de Moura-Fé

SERVIÇOS	GEOSSÍTIOS								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
<i>Bens e Processos</i>									
REGULAÇÃO									
- <i>Processos Atmosféricos e Oceânicos</i>									
- <i>Processos Terrestres</i>									
- <i>Controle de Inundação</i>	não identificado								
- <i>Qualidade da Água</i>									
SUPORTE									
- <i>Processos do Solo</i>									
- <i>Habitat</i>									
- <i>Plataforma</i>									
- <i>Sepultamento e Armazenamento</i>	não identificado								
PROVISÃO									
- <i>Comida e Bebida</i>									
- <i>Nutrientes e Minerais para Crescimento Saudável</i>	não identificado								
- <i>Combustíveis Minerais</i>									
- <i>Materiais para Construção</i>									
- <i>Minerais Industriais e Metálicos</i>	não identificado								
- <i>Produtos Ornamentais</i>									
- <i>Fósseis</i>									
CULTURAL									
- <i>Qualidade Ambiental</i>									
- <i>Geoturismo e Atividades de Lazer</i>									
- <i>Significado Cultural, Histórico e Espiritual</i>									
- <i>Inspiração Artística</i>									
- <i>Desenvolvimento Social</i>									
CONHECIMENTO									
- <i>História da Terra</i>									
- <i>História da Pesquisa</i>									
- <i>Monitoramento Ambiental</i>	não identificado								
- <i>Geoforese</i>	não identificado								
- <i>Educação e Emprego</i>									

*01 – Batateira; 02 – Cachoeira de Missão Velha; 03 – Colina do Horto; 04 – Floresta Petrificada do Cariri; 05 – Parque dos Pterossauros; 06 – Pedra Cariri; 07 – Pontal de Santa Cruz; 08 – Ponte de Pedra; 09 – Riacho do Meio

Tabela 1 Quadro síntese dos serviços ecosistêmicos, bens e processos associados identificados nos geossítios do Geopark Araripe.

com treze bens e processos ligados aos cinco serviços ecosistêmicos. Depois dele vem o Geossítio Pedra Cariri com nove bens e serviços e o Geossítio Cachoeira de Missão Velha, com oito bens e serviços, compondo os três principais geossítios ligados aos serviços ecosistêmicos da geodiversidade, de acordo com Gray (2013). Contudo são os geossítios Batateira, Cachoeira de Missão Velha e Riacho do Meio que possuem bens e processos dentro

dos cinco tipos de serviços ecosistêmicos definidos na metodologia empregada.

A identificação dos serviços ecosistêmicos nos geossítios do Geopark Araripe, realizada neste trabalho, é uma ferramenta de interpretação ambiental e pode ser utilizada na divulgação das geociências e do próprio geoparque, ao passo que procura identificar a importância da geodiversidade para o ecossistema, estando o ser humano

incluso neste conceito. Tais dimensões se configuram como significativos subsídios para a geoconservação no território do Geopark Araripe.

5 Agradecimentos

Marcelo Martins de Moura-Fé agradece ao apoio concedido pelo Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (BPI 03/2018) da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, por meio de auxílio financeiro na forma de bolsa de Produtividade em Pesquisa.

6 Referências

- Araújo, A.M. & Pereira, D.I. 2018. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil). *Geoheritage*, 10: 591-605.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim Geociências da Petrobras*, 15(2): 371-389.
- Bétard, F. & Peulvast, J.P. 2019. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. *Environmental Management*, 63(6): 822-834.
- Bétard, F.; Peulvast, J.P.; Magalhães, A.O.; Carvalho Neta, M.L. & Freitas, F.I. 2018. Araripe Basin: A Major Geodiversity Hotspot in Brazil. *Geoheritage*, 10: 543-558.
- Brasil. 1942. Decreto No. 4.146, de 4 de março de 1942. Presidência da República, Casa Civil, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del4146.htm>. Acessado em 24 mai 2019.
- Brilha, J.B. 2018. Geoheritage: inventories and evaluation. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. (eds.) *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*. Elsevier, Amsterdam. p. 69-85.
- Brito, L.S.M. & Perinotto, A.R.C. 2012. Difusão da ciência no Geopark Araripe, Ceará, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 35(1): 42-48.
- Cardoso, A.L.H.; Silva Neto, D.C.; Sales, A.M.F. & Hillmer, G. 2007. Dossiê do Geopark Araripe para concorrer ao prêmio Rodrigo Melo Franco de Andrade, na categoria Proteção do Patrimônio Natural e Arqueológico. Crato: Urca, 89 p.
- Cardoso, M.A.A.; Silva, J.L.; Moura-Fé, M.M. 2018. Potencial Geoturístico de Santana do Cariri, Ceará, Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12, Crato, 2018, Resumos expandidos, Crato, URCA, p. 1-8.
- Carvalho Neta, M.L.; Corrêa, A.C.B. & Silva, D.G. 2016. Esboço geomorfológico do Geopark Araripe/CE como ferramenta para a geoconservação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11, Maringá, 2016, Resumos expandidos, Maringá, UEM, p. 1-8.
- Carvalho Neta, M.L.; Bétard, F. & Corrêa, A.C.B. 2018. Mapeamento da Geodiversidade do Geopark Araripe. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12, Crato, 2018, Resumos expandidos, Crato, URCA, p. 1-9.
- Ceará. 2005. Governo do Estado do Ceará. Araripe Geopark: application dossier for nomination, Fortaleza-CE, 139p.
- Ceará. 2012a. Governo do Estado do Ceará. Termo de Referência. Projeto de Desenvolvimento Econômico Regional do Ceará, Fortaleza-CE, 23p.
- Ceará. 2012b. Governo do Estado do Ceará. Geopark Araripe: histórias da Terra, do Meio Ambiente e da Cultura. Projeto Cidades do Ceará, Crato-CE, 167p.
- Cordeiro, A.M.N.; Macedo, F.E. & Bastos, F.H. 2015. Potencial Geoturístico do Cariri Cearense: o caso do Geopark Araripe. *ACTA Geográfica*, 9(19): 146-163.
- Correia, R.R. 2013. *O Geoturismo como Estratégia de Desenvolvimento Regional: o caso do Geopark Araripe/ Ceará – Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado, 86p.
- Fernandes, P.A.S.; Moura-Fé, M.M.; Vieira, R.S. & Pinheiro, M.A. 2016. Educação Ambiental Aplicada no Parque Estadual Sítio Fundão (Crato-CE). In: SEABRA, G. (Org.). *Educação Ambiental & Biogeografia*, Editora Barlavento, p. 1585-1597.
- Fernandes, P.A.S.; Vieira, R.S.; Pinheiro, M.A.; Moura-Fé, M.M. 2017. Proposta de Educação Ambiental no Parque Estadual Sítio Fundão (Crato/Ce) com ênfase na flora nativa. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 12(4): 209-220.
- Férrer, J.A.C. 2011. *O Geopark Araripe e a paleontologia do Cariri*. Especialização em Paleontologia e Geologia Histórica, Universidade Federal do Ceará, Monografia.
- Fornaro, A. & Fernandes, A.M. 2018. Geoparks: from conception to the teaching of Geosciences. *Terrae Didactica*, 14(3): 330-338.
- Gabriel, R.; Moreira, H.; Alencão, A.; Faria, A.; Silva, E. & Sá, A. 2018. An Emerging Paradigm for the UNESCO Global Geoparks: The Ecosystem's Health Provision. *Geosciences*, 8(100): 1-13.
- Gordon, J.E. 2016. Geoheritage Case Study: Geotourism and Geoparks in Scotland. In: HOSE, T.A. (ed.) *Geoheritage and Geotourism: A European Perspective*. The Boydell Press, Woodbridge. p. 261-278.
- Gordon, J.E.; Barron, H.F.; Hansom, J.D. & Thomas, M.F. 2012. *Engaging with geodiversity — why it matters*. Proceedings of the Geologists' Association, 123: 1-6.
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 1st edition. Chichester, John Wiley & Sons, 434 p.
- Gray, M. 2013. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2nd edition. Chichester, John Wiley & Sons, 495 p.
- Herzog, A.; Sales, A.M. & Hillmer, G. 2008. *The UNESCO Araripe Geopark: A short story of the evolution of life, rocks and continents*. Expressão Gráfica e Editora, 71 p.
- IBGE. 2018. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em Síntese. Brasília: IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acessado em 21 fev 2019.
- Kellner, A.W.A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. (Edit.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Vol. I. Brasília: DNPM/CPRM - SIGEP, p. 121-130.

- Kellner, A.W.A. 2013. A new unusual tapejarid (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 103(3/4): 1-13.
- Lopes, E.R.N. & Chacon, S.S. 2012. Formulação de Políticas Públicas para a promoção do ecoturismo no Geoparque Araripe, Ceará, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE SOCIOLOGIA, 7, Porto, 2012.
- MA. 2005. MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. MA Conceptual Framework. In: MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, p. 1-25.
- Macêdo, J.A. & Pinheiro, D.R.C. 2014. O Geoparque Araripe e o seu impacto no desenvolvimento local da comunidade Riacho Meio: Barbalha, Ceará, Brasil. *Geografia, Ensino & Pesquisa*, 18(2): 145-162
- Martill, D.M.; Bechly, G.; Loveridge, R.F. *Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, 625 p.
- Mochiutti, N.F.; Guimarães, G.B.; Moreira, J.C.; Lima, F.F.E & Freitas, F.I. 2012. Os valores da geodiversidade: geossítios do Geopark Araripe/CE. *Anuário do Instituto de Geociências*, 35(1): 173-189.
- Moura-Fé, M.M. 2016. GeoPark Araripe e a geodiversidade do sul do Estado do Ceará, Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2(1): 28-37.
- Pereira, D.I. 2017. *Raising awareness of geodiversity services in Terras de Cavaleiros UNESCO Global Geopark*. 14th European Geoparks Conference, Abstract Book, p. 87-87.
- Ruppert, J. & Duncan, R.G. 2017. Defining and Characterizing Ecosystem Services for Education: A Delphi Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6): 737-763.
- Silva, M.L.N. 2016. *Geodiversidade da Cidade do Natal: Valores, Classificações e Ameaças*. Curso de Geologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Monografia de Graduação, 170 p.
- Silva, M.L.N. 2018. *Serviços ecosistêmicos e índices de geodiversidade como suporte da geoconservação no Geoparque Seridó*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 177 p.
- Silva, M.L.N.; Mansur, K.L. & Nascimento, M.A.L. 2018. Serviços Ecosistêmicos da Natureza e sua Aplicação nos Estudos da Geodiversidade: uma Revisão. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(2): 699-709.
- Soares, L.N.; Nascimento, R.L. & Moura-Fé, M.M. 2018. Proposta de Aplicação da Geoeducação no Geopark Araripe. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12, Crato, 2018, Resumos expandidos, Crato, URCA, p. 1-8.
- Viana, M.S.S. & Neumann, V.H.L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Vol. I. Brasília: DNPM/CPRM - SIGEP, p. 113-120.