

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/347992537>

# O GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE (CEARÁ) E SEUS HOTSPOTS DE GEODIVERSIDADE

Chapter · December 2020

CITATIONS

0

3 authors:



**Maria de Lourdes Carvalho Neta**  
Universidade Regional do Cariri

8 PUBLICATIONS 13 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Antonio Carlos De Barros Corrêa**  
Federal University of Pernambuco

101 PUBLICATIONS 508 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**François Betard**  
Paris Diderot University

103 PUBLICATIONS 517 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sistema fluvial e planejamento local: um caso semi-árido - microbacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco - PE [View project](#)



Vallée de l'Eure: une rivière, des territoires [View project](#)

# O GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE (CEARÁ) E SEUS **HOTSPOTS** DE GEODIVERSIDADE

**Maria de Lourdes Carvalho-Neta**

*Professora Doutora do Departamento de  
Geociências da Universidade Regional do Cariri (URCA).*

*E-mail: lourdes.carvalho@urca.br*

**Antonio Carlos de Barros Côrrea**

*Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Geografia da  
Universidade Federal de Pernambuco (PPGE- UFPE)*

*E-mail: dbiase@terra.com.br*

**François Bétard**

*Professor Doutor da Université de Paris (França)*

*E-mail: francois.betard@u-paris.fr*

## INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre geodiversidade e as temáticas correlatas vêm crescendo no Brasil e no mundo. No entanto, ainda é incipiente a existência de ações voltadas à quantificação dessa geodiversidade, bem como ações mais efetivas voltadas à sua gestão e conservação (SHARPLES, 1993; 1995; LIMA *et al.*, 2010). Lima *et al.* (2016) apontam que as iniciativas ligadas à geoconservação no contexto nacional começaram no final da década de 1990, com a instituição da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP).

No que se refere ao Geopark Mundial da UNESCO Araripe, os estudos se debruçam, principalmente, no viés geológico e, sobretudo, paleontológico. Porém, pesquisas recentes sobre formas de relevo, solos e mudanças na paisagem na região revelaram que a geodiversidade regional não se limita à geologia e paleontologia.

No contexto regional, o Geopark Araripe apresenta grande parte do seu território inserido na bacia sedimentar do Araripe. Essa, conhecida mundialmente por seu patrimônio paleontológico, onde se encontram registros fósseis abundantes e diversificados da época do Cretáceo Inferior (CARVALHO; SANTOS, 2005; CARVALHO *et al.*, 2012). Tal riqueza fóssil justificou a promoção de parte da bacia ao primeiro geoparque da UNESCO das Américas e do Hemisfério Sul e, até então, o único do território nacional.

Pesquisas recentes apontam para a ampla geodiversidade da área. Esses apontamentos são confirmados em mapeamentos que exibem a quantificação da

geodiversidade do Estado do Ceará (BÉTARD, 2017; ARAÚJO; PEREIRA, 2017; BÉTARD; PEULVAST, 2019), onde o sul do Ceará, em comparação com as outras áreas do Estado, é caracterizado como de alta geodiversidade.

Nesse sentido, o texto concentra-se no mapeamento da geodiversidade do Geopark UNESCO Araripe, em especial na cartografia dos *hotspots* de geodiversidade desse território.

### CONCEITOS E DEFINIÇÕES IMPORTANTES PARA A ANÁLISE DA GEODIVERSIDADE

Para compreender a análise aqui apresentada, é importante partilhar os conceitos e definições que guiaram a pesquisa, a saber: geodiversidade, seus valores e ameaças, *hotspots* de geodiversidade, geoconservação, geoparques e geoturismo.

Considera-se a definição de geodiversidade apresentada por Gray (2013), que se trata de atualização da adotada por Gray (2004). Nessa, a geodiversidade é considerada como a diversidade natural do componente geológico (rochas, minerais, fósseis), geomorfológico (formas terrestres, topografia, processos físicos), pedológico (classes de solos e paleossolos) e hidrológico (águas superficiais e subterrâneas), incluindo suas relações, propriedades, interpretações e sistemas.

Essa geodiversidade apresenta diferentes valores. Gray (2004) e Brilha (2005) consideram os valores intrínseco, cultural e estético, econômico, educativo e de pesquisa e o funcional.

O valor intrínseco reflete um valor próprio, de existência, independentemente de ter utilidade ou não para os seres humanos. O cultural é o valor atribuído pela sociedade em algum aspecto do ambiente físico por razões sociais e/ou com significados para a comunidade local (GRAY, 2004). Já o valor estético é atribuído a todas aquelas paisagens que causam um deslumbramento de seu público e que são alvo de atividades de lazer, contemplação ou inspiração artística. A atribuição do valor econômico está ligada à total dependência do homem perante os materiais geológicos para atividades como produção de energia, construção civil, fabricação de uma infinidade de produtos, extração de água subterrânea, gemas para joalheria, entre outros (NASCIMENTO *et al.*, 2008).

O valor funcional pode ser encarado sob duas perspectivas: o valor da geodiversidade *in situ*, referindo-se à valorização da geodiversidade que se mantém no local original, e ao valor dessa geodiversidade enquanto substrato para a sustentação dos sistemas físicos e ecológicos na superfície terrestre. Este valor pode estar relacionado à característica natural que determinado elemento tem, o tornando único (BRILHA, 2005).

O valor científico tem como base o acesso e, posterior e estudo da geodiversidade, tanto em âmbito fundamental quanto aplicado. Está diretamente relacio-

nado à sua importância no apoio ao presente e ao conhecimento futuro de como a geosfera funciona e interage com outros sistemas terrestres, a saber: biosfera, hidrosfera e atmosfera (BRILHA, 2016). O valor educativo está intimamente relacionado à educação em Ciências da Terra, podendo ocorrer como atividades educativas formais (ensinos Fundamental, Médio e Superior), quanto a atividades educativas não formais, dirigidas ao público em geral (não escolar) (BRILHA, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Como Zwoliński (2004) nos alerta, a geodiversidade pode ser valorada dentro dessa variedade de perspectivas (intrínseca, ecológica, geopatrimonial, científica, educacional, social, cultural, turística). Dessa forma, ela deve ser submetida à geoconservação, no intuito de proteger sítios relevantes (ou geossítios) para as gerações presentes e futuras.

A geodiversidade encontra-se ameaçada em diversas escalas e distintos graus. Verifica-se desde a destruição circunscrita a um pequeno afloramento até a degradação da paisagem natural. Nesse contexto, cabe apontar a preocupação de Sharples (2002) ao equívoco generalizado, que ainda prevalece entre alguns gestores territoriais, de que rochas e formas de relevo são bastante robustas, de modo que nenhuma gestão especial ou proteção de seus valores é necessária. Essa referida “robustez” é válida para alguns recursos, no entanto, há muitos aspectos da geodiversidade que são altamente sensíveis a perturbações (SHARPLES, 2002).

Entre as atividades que geram riscos ou ameaças à geodiversidade, incluem-se: exploração de recursos geológicos, desenvolvimento de obras e estruturas, gestão das bacias hidrográficas, atividades florestais, crescimento da vegetação, desflorestamento e agricultura, atividades militares, pressões recreativas e turísticas, coleta de amostras geológicas para fins não científicos e analfabetismo/ignorância cultural (BRILHA, 2005; GRAY, 2013).

Os *hotspots* de geodiversidade são definidos como áreas que abrigam níveis muito altos de geodiversidade e de elevada ameaça por atividades humanas (BÉTARD e PEULVAST, 2019). Estes *hotspots* ou “áreas críticas” são consideradas como os setores mais ricos (ou geodiversos) e, ao mesmo tempo, os mais ameaçados em um determinado território, independentemente da escala avaliada, seja ela, regional, nacional ou global. O mapeamento de *hotspots* de geodiversidade trata de uma proposta de avaliação de geodiversidade integrada, que leva em consideração os diferentes aspectos ou componentes da geodiversidade, bem como as ameaças sofridas por eles.

Levando em consideração os valores atribuídos à geodiversidade, bem como as ameaças sofridas por esta, é importante viabilizar ações que promovam a

geoconservação. Lembrando o exposto por Nascimento *et al.* (2008), ações de geoconservação não pretendem proteger toda a geodiversidade, mas sim o geopatrimônio, de modo a permitir o seu uso, seja científico, educativo, turístico, entre outros. Em outras palavras, a geoconservação deve proteger elementos da geodiversidade que evidenciam algum valor excepcional (BRILHA, 2005). Por conseguinte, é importante que ações de geoconservação visem à proteção dos *hotspots* de geodiversidade.

A geoconservação pode ocorrer por meio da criação de leis e programas específicos para o geopatrimônio e/ou por meio da sensibilização do público sobre a importância deste patrimônio, utilizando-o para o turismo (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Dentre as ações, destacam-se a criação de geoparques e as atividades de geoturismo.

O conceito de geoparque surgiu na Europa, no final do século XX (BRILHA, 2009), e abriu novas oportunidades e entusiasmo para a geoconservação (BUREK; PROSSER, 2008). Quanto à grafia, se convencionou adotar o termo em inglês - Geopark - para fazer referência aos territórios chancelados pela UNESCO, no entanto, se permite grafar das diferentes formas. Trata-se um conceito contemporâneo e inovador de desenvolvimento territorial, fundamentado na ocorrência de geopatrimônio em conexão com os outros aspectos do patrimônio natural e cultural da região, que possibilitam o estabelecimento de estratégias de conservação, educação e promoção do turismo sustentável (LIMA *et al.*, 2016).

O geoturismo é uma atividade que se baseia na geodiversidade (BRILHA, 2009). Dessa forma, consideramos o geoturismo como atividade que apresenta como principal atrativo os componentes da geodiversidade (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia) e busca a sua conservação, fortalecendo a identidade do território e promovendo a sensibilização para o geopatrimônio e o bem-estar das populações locais (CARVALHO-NETA, 2019). A UNESCO recomenda que este segmento de turismo seja reconhecido e amplamente difundido e valorizado nos territórios dos seus geoparques.

### CARACTERIZAÇÃO DO GEOPARK GLOBAL UNESCO ARARIPE

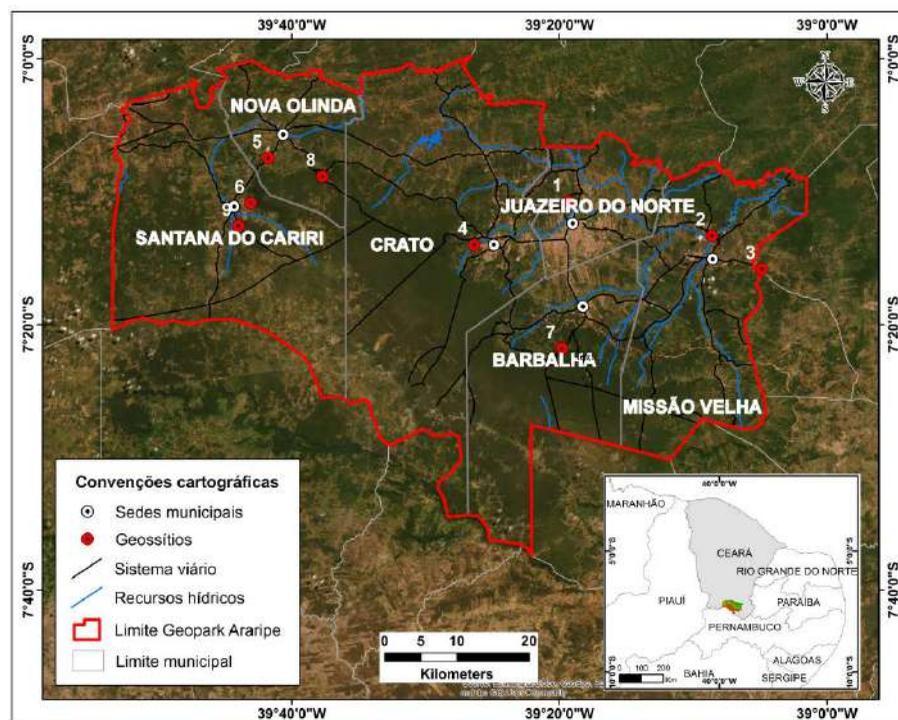
O Geopark UNESCO Araripe está situado na mesorregião do sul Cearense, integrando uma área de cerca de 3.758,68 km<sup>2</sup>, aproximadamente, entre os paralelos 07°10'12" e 07°31'48" de latitude sul e os meridianos 39°04'12" e 39°55'48" de longitude a oeste de Greenwich. O território compreende os municípios de Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri. Atualmente, apresenta 9 (nove) geossítios abertos ao público, são eles: 1)

Colina do Horto; 2) Cachoeira de Missão Velha; 3) Floresta Petrificada do Cariri; 4) Batateiras; 5) Pedra Cariri; 6) Parque dos Pterossauros; 7) Riacho do Meio; 8) Ponte de Pedra; e 9) Pontal de Santa Cruz (a Figura 1 ilustra a espacialização destes geossítios nos municípios do território do Geopark Araripe).

Alguns dos seus geossítios apresentam relevante valor científico, como o Parque dos Pterossauros, a Floresta Petrificada do Cariri e a Pedra Cariri. Outros se destacam também por apresentar, além do interesse geológico, valor histórico-cultural, como os geossítios Colina do Horto, Ponte de Pedra, Cachoeira de Missão Velha e Pontal de Santa Cruz; ou pelo seu elevado valor ecológico, como o Riacho do Meio e o Batateiras (CEARÁ, 2012). Destacamos que alguns geossítios apresentam, ainda, acentuados valor geomorfológico, tais como: Colina do Horto, Cachoeira de Missão Velha e Pontal de Santa Cruz, para destacar alguns.

Regionalmente, a paisagem é dominada pelo planalto sedimentar do Araripe, feição geomorfológica extensa, em forma de mesa, que se estende no sentido leste-oeste e por aproximadamente 160 quilômetros e, uma grande depressão, o vale do Cariri, que lhe confere características e paisagem únicas (HERZOG, 2017). Este planalto, como os demais enclaves úmidos no semiárido Nordeste, é considerado paisagem de exceção no Nordeste do Brasil e representa ambiente de grande riqueza biológica (AB'SABER, 1999). E, a despeito do caráter rarefeito desse tipo de ambiente em meio às imensas extensões semiáridas, e/ou por isso mesmo, essas áreas enfrentam muitas pressões às suas diversidades biótica e abiótica.

**Figura 1** - Localização do Geopark Araripe e espacialização dos 9 geossítios prioritários à geoconservação



Fonte: CARVALHO-NETA (2019).

Percebe-se que o Geopark UNESCO Araripe está delimitado em uma área de relevante geodiversidade e também de rica biodiversidade. Dessa forma, uma avaliação integradora, como é o caso do mapeamento dos *hotspots* de geodiversidade é importante, para não dizer necessária, principalmente, para o planejamento e gestão de ações de geoconservação no referido território.

### METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DOS *HOTSPOTS* DE GEODIVERSIDADE

O mapeamento dos *hotspots* de geodiversidade foi orientado pela metodologia de Bétard (2017), revista por Bétard e Peulvast (2019). O método envolve o cálculo de quatro subíndices da geodiversidade, correspondentes aos seus componentes (geologia, geomorfologia, hidrologia e pedologia), atribuindo mesmo peso aos diferentes componentes. Soma-se a análise das formas de uso e ocupação e das ameaças à geodiversidade, propondo uma análise espacial em três (3) etapas (Figura 2):

**Figura 2** - Fluxograma da metodologia de mapeamento dos hotspots de geodiversidade (Metodologia de Bétard, 2017)



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

A 1ª etapa propõe o cálculo do índice de geodiversidade. Resulta da estimativa e soma de 4 índices parciais. São eles: diversidade geológica, geomorfodiversidade, hidrodiversidade e pedodiversidade. O índice de diversidade geológica é medida a partir da soma de 3 subíndices de diversidades: petrográfica ou litológica, paleontológica e mineralógica; a geomorfodiversidade é calculada pela adição de 2 subíndices, de diversidade topográfica e morfológica; o índice de hidrodiversidade é resultante da adição de hidrografia (relacionada aos recursos hídricos superficiais) e hidrogeologia (referente à potencialidade das águas subterrâneas) e; a pedodiversidade é resultante da soma da diversidade de solos e ocorrência de paleossolos. O cálculo do índice de geodiversidade do Geopark Araripe com base nesta etapa da metodologia foi realizado por Carvalho-Neta *et al.* (2019). O presente texto apresenta a continuidade desta quantificação, com o desenvolvimento das 2ª e 3ª etapas do método.

A 2ª etapa do método propõe o cálculo do índice de ameaças à geodiversidade da área. Esse índice é baseado na somatória de 3 subíndices, a saber: índice de nível de proteção; tipos de uso do solo e; grau de degradação das terras. Na 3ª etapa, chega-se à estimativa do índice de sensibilidade ambiental. A avaliação é realizada a partir da multiplicação dos índices de geodiversidade e de ameaças. Este índice cartografa os setores caracterizados por elevada geodiversidade e grau de ameaças, ou seja, os *hotspots* de geodiversidade. Portanto, trata-se de uma importante ferramenta para efetuar as análises sobre o território e traçar estratégias de gestão e geoconservação.

O cálculo adota a noção de riqueza ou “variedade” e consiste na superposição de uma malha regular (grid ou grade), de um tamanho pré-estabelecido às camadas de informações temáticas (geologia, geomorfologia, classes de solos, entre

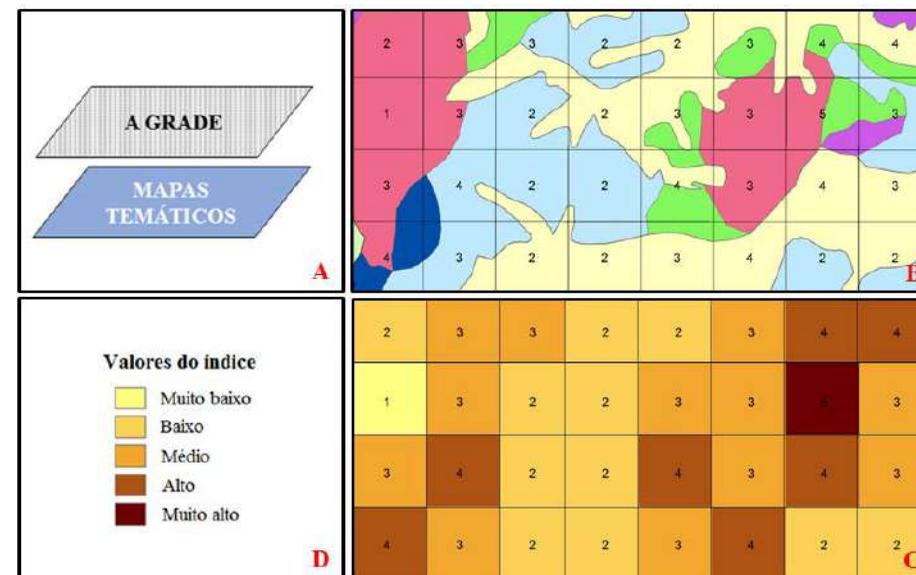
outros) – figura 3A. Essa quantificação ocorre de forma automática e, nessa proposta, adotou-se o *software* Arcgis 10.4.

A dimensão da grade é definida pelos objetivos do mapeamento, escala geográfica de trabalho e escala cartográfica das bases disponíveis. Elucidando, para a quantificação da geodiversidade do Ceará: Araújo e Pereira (2017) basearam-se na superposição de uma malha regular de 12km × 12km. Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019) utilizaram uma grade de 10km x 10km. Carvalho-Neta (2019), para o cálculo do índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe, adotou uma malha de 5km x 5km. Para o mapeamento do Geopark Araripe, utilizou-se a uma malha de 2,5km x 2,5km, resultando em 673 quadrados/pixels, organizados em 28 linhas e 38 colunas. As bases cartográficas disponíveis apresentavam escalas variáveis entre 1:200.000 e 1:600.000.

A figura 3B esboça essa quantificação após a junção superposta das duas camadas de dados (grade e informação temática). Posteriormente, usamos um classificador para organizar os números (resultados da quantificação automática), em diferentes classes (figura 3C), conforme a legenda ilustrada na figura 3D. Os valores alcançados no cálculo dos índices aqui apresentados foram organizados utilizando o classificador *Natural Breaks* (rupturas naturais) em até 6 (seis) níveis, em uma escala de 0 (zero) a 5 (cinco): nulo (número zero, quando aplicável), muito baixo (medida 1), baixo (valor 2), médio (valor 3), alto (valor 4) e muito alto (medida 5).

Esta classificação é baseada na combinação de valores para avaliar características em classes de grupos naturais, enquanto maximizam as diferenças entre classes. Os limites da divisão são estabelecidos em locais onde existem diferenças relativamente grandes de valores de dados. O método de alocação de “quebras naturais” é verificado pela visualização de dados da cartografia, pois tendem a se acumular em grupos, como no caso da ocorrência de *hotspots* de geodiversidade (ZWOLINSKI *et al.*, 2018).

Figura 3 - Ilustração da quantificação da “variedade” de geodiversidade



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Para facilitar a interpretação das representações cartográficas, adotou-se a variável visual “valor”, visto que “quando a informação quantitativa é ordenada em classes e a variável visual mais adequada é o valor” (ARCHELA; THÉRY, 2008, p. 5). Atribuiu-se o tom mais claro para a diversidade “muito baixa” (amarelo claro), atribuiu-se o tom mais claro, que teve intensidade aumentada gradativamente nas classes intermediárias, até o tom mais escuro, indicando diversidade “muito alta” (marrom escuro).

### ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE

O Geopark UNESCO Araripe expõe ampla geodiversidade, tanto geológica, quanto geomorfológica, hidrológica e pedológica, como pode ser visto em Carvalho-Neta *et al.* (2019). A figura 4 ilustra a quantificação desta geodiversidade, resultante da soma dos 4 índices parciais, representadas pela coleção de mapas à direita da figura, identificadas pela respectiva numeração: 1) diversidade geológica; 2) geomorfodiversidade; 3) hidrodiversidade; e 4) pedodiversidade.

A diversidade geológica está representada, segundo Brandão e Freitas (2014), por rochas pré-cambrianas, representadas por intrusões graníticas; rochas metamorfizadas, no contexto da depressão sertaneja; litologias paleozóicas e mesozóicas, associadas à bacia do Araripe (Formações Mauriti, Brejo Santo, Missão

Velha, Santana e Exu) e os sedimentos cenozóicos, associados aos depósitos aluvionais das planícies fluviais.

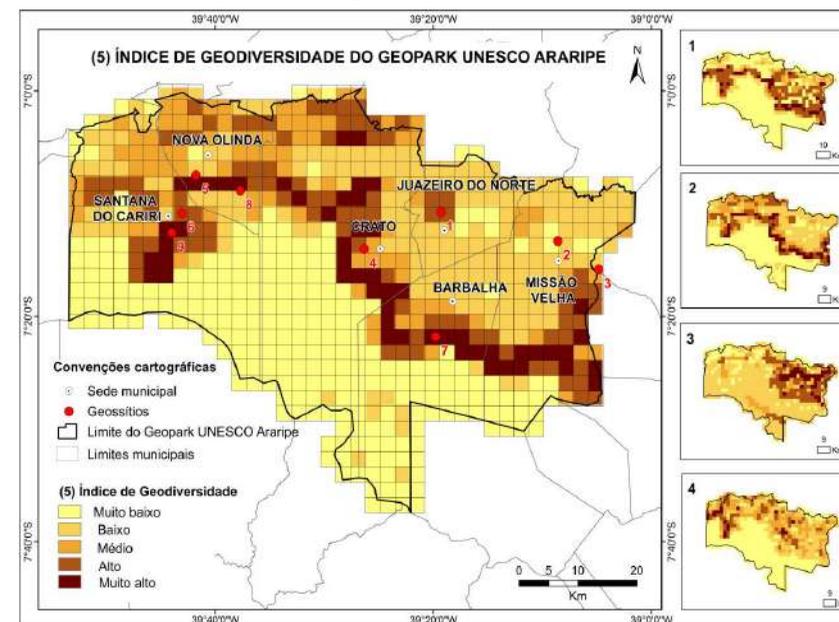
Considera-se, ainda, o rico acervo paleontológico conhecido internacionalmente, principalmente da Formação Santana. E, tratando do potencial mineralógico, reconhece-se a relevância dos calcários laminados, dos depósitos de gipsita, de argila e da água mineral. Como se observa na figura 4-1, o setor sul do território, onde predomina a Formação Exu, é classificado de muito baixa diversidade. Os setores de alta e muito alta diversidade geológica estão relacionados à de transição/contacto da Formação Exu, Santana e Brejo Santo, somada ao forte potencial paleontológico da Formação Santana.

Tratando da representatividade da diversidade geomorfológica, considerou-se a diversidade topográfica, a partir de Modelo Digital de Terreno-MDT e das unidades geomorfológicas. Carvalho-Neta *et al.* (2018; 2019) diferenciaram oito unidades para o recorte, são elas: 1) cimeira estrutural do Araripe; 2) escarpa rochosa do Araripe; 3) encosta do Araripe; 4) maciço residual e em cristas; 5) depressão moldada por erosão diferencial; 6) inselbergues; 7) pedimento dissecado; e 8) planície aluvial.

Os setores de mais ampla geomorfodiversidade, formando uma linha, quase contínua, na parte mais central do território do Geopark Araripe (Figura 4-2), estão relacionados ao contato entre a escarpa rochosa e a encosta do Araripe. O setor sul do geoparque, classificado como de muito baixa geodiversidade, é dominado pela cimeira estrutural do Araripe (sustentada pela Formação Exu). O setor Noroeste, onde também são identificadas áreas de ampla geomorfodiversidade, representa o contato entre maciço residual e em cristas, pedimento dissecado e inselbergues. Caracterização detalhada dessas unidades pode ser vistas em Lima (2015) e Carvalho-Neta (2019).

A hidrodiversidade (figura 4-3) foi avaliada a partir do mapeamento dos cursos fluviais, somados ao potencial hidrogeológico. Aponta-se a existência de diferentes rios e riachos (por exemplo: Rio Salgado, das Cuncas, Batateiras, Cariús, Riacho dos Porcos e Salamanca), excetuando-se a área sul do Geopark e que está relacionada ao topo do planalto do Araripe. A área sem a ocorrência de drenagem superficial, que está relacionada ao baixo potencial hidrogeológico da Formação Exu, é classificada como de baixa hidrodiversidade. Ainda sobre a hidrogeologia, destaca-se, no setor Nordeste do Geopark Araripe, a ocorrência do aquífero Missão Velha - um dos mais importantes do Nordeste, o que justifica a classificação de ampla hidrodiversidade para o setor.

**Figura 4 -** Índice de geodiversidade do Geopark Mundial UNESCO Araripe e seus subíndices: 1) diversidade geológica; 2) geomorfodiversidade; 3) hidrodiversidade; 4) pedodiversidade



Fonte: CARVALHO-NETA *et al.* (2019).

Sobre a pedodiversidade do Geopark Araripe (figura 4-4), destaca-se a ocorrência de paleossolos, representados pelas coberturas lateríticas (área restrita no setor Noroeste) mapeadas por Bétard, Peulvast e Claudino-Sales (2005), Peulvast e Bétard (2015), e Cordeiro *et al.* (2018). E, sobre a variedade de classes de solos, baseado em Funceme (2012), identificam-se: Argissolos, Latossolos, Neossolo Litólicos, Neossolo Quatzarênicos, Neossolo Flúvicos, Nitossolos e Vertissolos. O setor classificado como de baixa pedodiversidade (setor sul do território) representam a vasta área onde predominam os Latossolos amarelos. No setor oeste, identifica-se diversidade mais elevada numa área de confluência entre Vertissolos, Argissolos e Neossolos.

Analisando o mapa de geodiversidade do Geopark Araripe (Figura 4-5), percebe-se que alguns dos setores de mais ampla diversidade apresentam geossítios (ilustrados pelos pontos vermelhos). No entanto, outras áreas de grande geodiversidade não apresentam, até o momento, sítios demarcados e, por conseguinte, medidas de proteção desta diversidade. A figura ainda fortalece a afirmativa apresentada no início: a geodiversidade da área não está restrita a geologia e a paleontologia.

## ÍNDICE DE AMEAÇAS À GEODIVERSIDADE DO GEOPARK MUNDIAL DA UNESCO ARARIPE

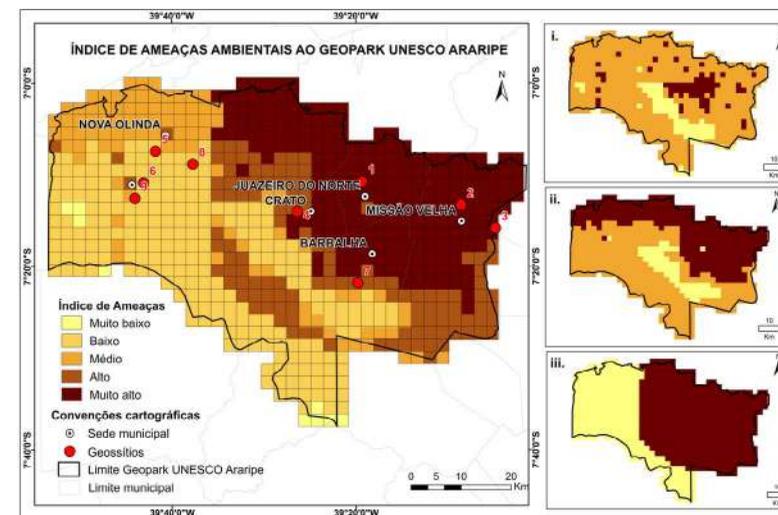
A segunda etapa do método propõe o cálculo do índice de ameaças à geodiversidade (ilustrada na Figura 5), sendo efetivado a partir do somatório da análise das formas de uso e ocupação do solo (subíndice i), dos níveis de proteção definidos pela legislação ambiental (ii) e pela degradação da terra (iii).

Para esclarecer o cálculo, é importante destacar que as formas de uso e ocupação do solo (subíndice i) foram organizadas em três (3) classes, a saber: vegetação, uso agropastoril e agropecuário, áreas urbanas. A classe de vegetação (classe 1) integra cerrado/cerradão, carrasco, mata úmida, mata seca, caatinga arbóreo-arbustiva e caatinga arbustivo-arbórea; Uso agropastoril integra, agropecuária, agroextrativismo, pecuária e agricultura com irrigação (classe 2); As áreas urbanas, relaciona-se a malha urbana/núcleo urbano dos municípios (classe 3). Pelas intensidades de uso representado em cada uma das classes, conferiram-se valores 1, 2 e 3, respectivamente.

A intensidade de uso e ocupação do solo está representada no mapa, de forma crescente, dos tons mais claros, para os mais escuros. Ao avaliar os níveis de proteção (subíndice ii), tomaram-se como referência as Unidades de Conservação (UC) demarcadas nesse território. Com bases na tipologia das UC, nos usos permitidos e suas restrições definidas por lei, organizamos 3 diferentes níveis de proteção, a saber: classe 1 (valor 1) – áreas de delimitação de UC de proteção integral e, de sobreposição de UC, como o caso da FLONA do Araripe e da APA da Chapada do Araripe, de RPPN e de APA; A classe 2 está definida pelas áreas com UC de uso sustentável (as quais se atribuiu o valor 2); e a classe 3, representando as áreas sem proteção ambiental legal (valor 3).

Como se percebe, a classe 1 apresenta maior proteção, a 2, proteção mediana e a 3, baixa proteção. Os valores são inversamente proporcionais à ameaça a geodiversidade. Quanto ao nível de degradação da terra (subíndice iii), diferenciou-se duas classes: a classe 1 as áreas susceptíveis à degradação, atribuídos valor 1 e, para a classe 2, áreas com grave degradação, atribuiu-se o valor 3 (pela severidade da degradação). A definição segue a classificação do Instituto Nacional do Semiárido - INSA (1998).

Figura 5 - Índice de ameaças à geodiversidade do Geopark Mundial UNESCO Araripe



Fonte: CARVALHO-NETA (2019).

Na figura 5, setores representados com cor mais intensa (marrom escuro) concebem o maior grau de ameaça à geodiversidade. Percebe-se uma concentração de pontos críticos (ameaças muito alta) no setor leste e nordeste do recorte, compreendendo áreas municipais de Juazeiro do Norte, Missão Velha e parcela de Barbalha e do Crato. Esses setores, além de comportar o aglomerado urbano CRAJUBAR, formado por Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, com uma população de aproximadamente 465 mil habitantes, expõem extensas áreas sem nenhum instrumento de proteção da natureza definido por lei, além de ser considerado pela INSA (1998) como de alta degradação à desertificação.

O sul do Geopark Araripe, embora englobe a Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe e a Floresta Nacional do Araripe, além de outras unidades de conservação de menor dimensão, apresenta setores de “média” e “alta” ameaças. Destaca-se a pressão, principalmente, relacionada à expansão das cidades nos setores da encosta do Araripe. Os setores oeste e noroeste do território, proximidades de Nova Olinda e Santana do Cariri, ilustram, sobretudo, setores de “baixa” e “média” ameaças. Nesses setores, além da existência de UC demarcadas, também existem áreas urbanas de menor dimensão e, conseqüentemente, de menor pressão ao ambiente.

Observa-se a proximidade dos geossítios (ilustrados na cor vermelha) às sedes urbanas dos municípios (representadas por um ponto branco). Por um lado, esta proximidade pode ser avaliada como um fator positivo, por uma questão de acessibilidade aos geossítios de facilidade a visitação, fator importante para

a divulgação do geopatrimônio e, por conseguinte, das Geociências. Por outro, considera-se a pressão que essa proximidade de áreas urbanas pode causar aos geossítios e à geodiversidade de maneira geral, considerando, principalmente, as ausências de conhecimento sobre a relevância destes geossítios e da cultura de geoconservação, atrelado à visão, em geral errônea, da “robustez” da geodiversidade.

Outras ameaças relevantes estão presentes no território do Geopark Araripe, tais como: a coleta indevida de fósseis; extração mineral, representada principalmente pela exploração dos calcários laminados da Formação Crato; o descarte inadequado dos rejeitos dessa exploração, bastante visível nas proximidades do geossítio Pedra Cariri e de outros resíduos sólidos, ilustrado pelos lixões da RMCariri, atividades recreativas e de lazer, depredação e pichações, falta de conhecimento/educação.

### OS HOTSPOTS DE GEODIVERSIDADE DO GEOPARK MUNDIAL DA UNESCO ARARIPE

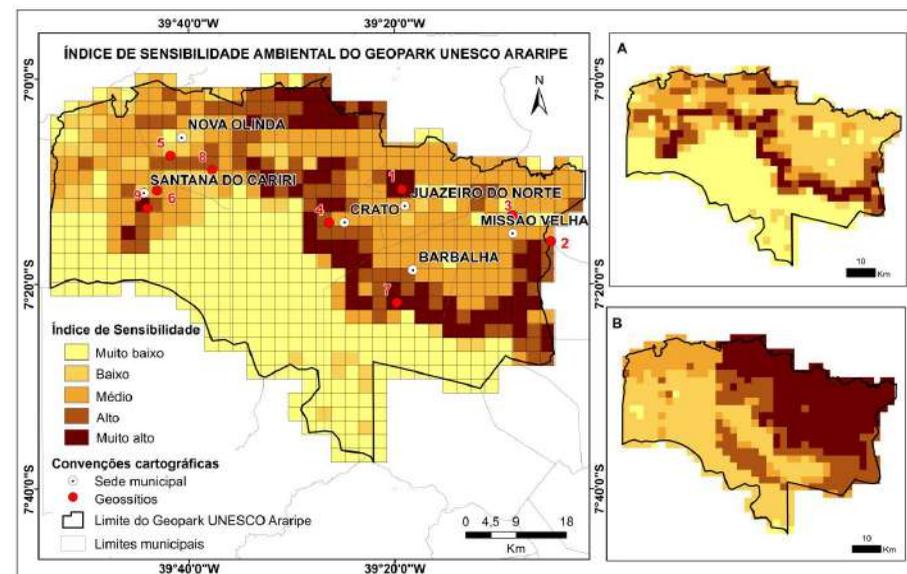
Com a quantificação do índice de sensibilidade ambiental, chega-se à identificação dos *hotspots* de geodiversidade do Geopark Araripe (figura 6). De forma prática, o mapa de sensibilidade ambiental destaca setores que devem ser mais críticos, envolvendo grande geodiversidade (figura 6A) e ampla ameaça (Figura 6B), e, por isso mesmo, devem ser emergencialmente protegidos (representados pelas cores mais intensas).

Como pode ser observado na figura 6, a área em tonalidades mais claras (setor sul do Geopark), considerada de “muito baixa” e “baixa” sensibilidades, representa o topo do planalto do Araripe. No setor, além da muito baixa diversidade de elementos abióticos (conferir figura 6A), além das UC (FLONA e APA do Araripe), registram-se formas de usos e ocupação rarefeitos. O setor nordeste-leste do Geopark (proximidades da sede municipal de Juazeiro do Norte e Missão Velha) representa o vale do Cariri, ou depressão periférica do planalto sedimentar, onde prevalece o índice de “média sensibilidade”, excetuando o entorno do geossítio Colina do Horto, inserido no bairro Horto, Juazeiro do Norte. No setor noroeste, representando os municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, prevalece a “média” sensibilidade.

Analisando a espacialização dos geossítios (áreas prioritárias à geoconservação) e considerando seus usos e relevância, medidas devem ser pensadas no intuito de diminuir as ameaças e potencializar a proteção. Em relação aos *hotspots* de geodiversidade, tem-se que a maioria deles se localiza em áreas de “muito

alta” e “alta” sensibilidades, tais como: Pontal de Santa Cruz (nº 9), Riacho do Meio (nº 7), Colina do Horto (nº 1), Cachoeira de Missão Velha (nº 2), Batateiras (nº 4), Pedra Cariri (nº 5) e Ponte de Pedra (nº 8). Embora os geossítios Parque dos Pterossauros (nº 6) e Floresta Petrificada (nº 3) estejam localizados em áreas de “média” sensibilidade, a relevância científica desses justifica a definição como área prioritária. Alguns geossítios são ilustrados nas figuras 7 e 8.

Figura 6 - Hotspots de geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: CARVALHO-NETA (2019).

Figura 7 - Geossítios vistos do alto: Pontal de Santa Cruz em Santana do Cariri e Colina do Horto em Juazeiro do Norte, da esquerda para a direita, respectivamente



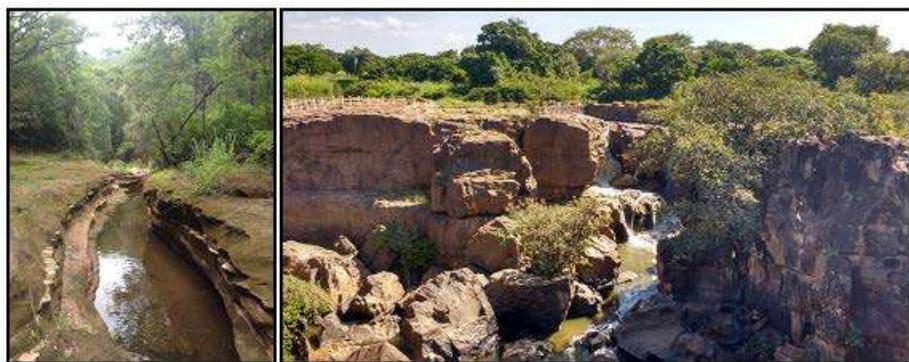
Fonte: Daniel Dantas Gomes (2018).

Do ponto de vista geomorfológico, o geossítio Pontal de Santa Cruz está situado na cimeira estrutural do Araripe, e a Colina do Horto, no pedimento disse-

cado com colinas. Possui mirantes que permitem vislumbrar diferentes pontos de vista da paisagem do planalto do Araripe e do Vale do Cariri, caracterizando o grande potencial didático-educativo e geoturístico. Estes geossítios dispõem, ainda, de amplo valor religioso-cultural. São espaços de oração e romarias, considerados como sagrados, tanto pelo público local, quanto pelos visitantes, em especial para relação com a figura do Padre Cícero.

O geossítios Batateiras, que integra o Parque Estadual Sítio Fundão, gerido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará, além de feições geomorfológicas interessantes (como o cânion ilustrado na figura 8), dispõe de trilhas ecológico-interpretativas, importantes instrumentos para o geoturismo. A Cachoeira de Missão Velha, além da exuberância geomorfológica, é um dos pontos de lazer mais frequentados pelos moradores da região.

**Figura 8** - Geossítio Batateiras, localizado no Crato e Cachoeira de Missão Velha, em Missão Velha, respectivamente apresentados da esquerda para a direita



Fonte: acervo pessoal de Carvalho-Neta, Correa e Betard (2018).

O mapeamento destaca outros setores de *hotspots* de geodiversidade, onde ainda não há geossítios demarcados e unidades de conservação delimitadas. Estes setores também devem ser alvos de ações para a geoconservação. Destaca-se o setor norte, e uma linha quase contínua do setor nordeste, relacionada à escarpa rochosa do Araripe.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método empregado mostrou-se satisfatório para o alcance dos resultados apresentados. No entanto, vale registrar que os resultados estão diretamente relacionados às bases cartográficas disponíveis. Dessa forma, à medida que ocorra atualização dos dados cartográficos e/ou disponibilização de bases mais detalhadas, esse mapeamento pode ser revisto e/ou mais detalhado. Por se tratar

de uma ferramenta de fácil interpretação, tanto para geocientistas, quanto para gestores públicos e o público em geral, ela deve ser amplamente divulgada entre os diferentes atores do Geopark Araripe (habitantes, turistas, prefeitos e vereadores, empresários e trabalhadores das mineradoras).

As ameaças à geodiversidade do território do Geopark Araripe podem derivar do caráter incipiente ou inadequado das ações de proteção em curso, somados à longevidade que elas apresentam. A atenção a essas ameaças e ao nível de degradação da geodiversidade, assim como sua resolução, deve ser uma preocupação constante, e deve envolver um forte trabalho educativo. Essa vigilância remete também à renovação do selo de “Geopark” (chancela da UNESCO) que, dentre suas premissas, destaca a importância de uma boa gestão de conservação do geopatrimônio.

Os *hotspots* devem ser mais analisados de modo mais detalhado, seja no sentido de explorar o potencial da geodiversidade desses setores, seja em salvaguardar os mais vulneráveis. Vale destacar a importância da estratégia de criação de UC, tais como os Monumentos Naturais (MONAS), para os geossítios da Cachoeira de Missão Velha, Parque dos Pterossauros, Riacho do Meio e Pontal de Santa Cruz. A ampliação da demarcação de UC deve ser uma alternativa a ser considerada. Outras ações, como a implantação de proteção física, podem ser executadas, além da atualização e diversificação dos painéis interpretativos.

No entanto, a eficácia das medidas de salvaguarda do geopatrimônio e mudança de atitudes dos atores envolvidos decorreram da apropriação do conceito de geopark, do sentimento de pertencimento a esse território. Uma ampliação das ações de geoeducação é urgente. As atividades devem ocorrer de forma contínua e devem envolver tanto o público escolar (desde a educação infantil ao ensino superior) e público não escolar (educação não formal). Não é muito lembrar que, não bastam cercas ou muros de proteção, leis ou proibição; o caminho para o sucesso é a Geoeducação.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico-FUNCAP, pelo apoio financeiro à pesquisa (Bolsa de Doutorado Fora do Estado); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão de bolsa de Doutorado Sanduíche no Exterior-PDSE (Processo nº 88881.133740/2016-01); ao *Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique*-PRODIG, pela acolhida durante o Doutorado Sanduíche (Set./2017 a Fev./2018); aos revisores do capítulo pelas importantes contribuições ao aprimoramento do texto.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados** [online]. Maio/Agosto. 1999, vol. 13, n.º. 36, p 7-59.
- ARAÚJO, A. M.; PEREIRA, D. I. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**. DOI 10.1007/s12371-017-0250-3, 2017.
- ARCHELA, R.; S. THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confinis**, 3, 2008. 1-21p.
- BÉTARD, F. **Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation**. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris-Diderot: Paris, 2017. 2 volumes, 270 p. e 316p.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V. Laterite preservation and soil distribution in the Araripe-Campos Sales area, Northeastern Brazil: consequences of uplift, erosion and climatic change. **6th International Conference on Geomorphology**, Zaragoza, 2005, Abstracts Volume, p. 69.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. **Environmental Management**, 63(6), 2019. 822-834 p.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; MAGALHÃES, A. O.; CARVALHO-NETA, M. L.; FREITAS, F. I. Araripe Basin: A Major Geodiversity Hotspot in Brazil. **Geoheritage**, 10(4), 2018, 543-558 p.
- BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (Org.) **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p.
- BRILHA, J. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, Publicação especial, São Paulo, v. 5, outubro 2009. 27-33 p.
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosítios and geodiversity sites: a review. **Patrimônio geológico/geopatrimônio**, v. 8, n.º. 2, 2016.119–134 p.
- BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage: Braga, 2005.
- BUREK, C. V.; PROSSER, C. D. The history of geoconservation: an introduction. **Geological Society**, London, Special Publications: 2008, 300, 1–5p.
- CARVALHO, I. S.; FREITAS, F. I.; NEUMANN, V. Chapada do Araripe. In: HASUI, Y. *et al.* (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 510-513p.
- CARVALHO, M. S. S. de; SANTOS, A. E. C. Histórico das Pesquisas Paleontológicas na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Vol. 28-1, 2005. 15-34p.
- CARVALHO-NETA, M. L.; CORREA, A. C. B.; BETARD, F. Geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe. In: XII Simpósio Nacional de Geomorfologia-SINAGEO, Crato/CE. **Anais do XII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO**, v. único, 2018.
- CARVALHO-NETA, M. L.; CORREA, A. C. B.; BETARD, F. Quantificação da Geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, 25 set. 2019. 81-96p.
- CARVALHO-NETA, M. L. **Geodiversidade, geoconservação e geovalorização no Geopark Mundial UNESCO Araripe e adjacências**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE – PPGeo/UFPE: Recife, 2019. 220 p.
- CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H.; MAIA, R. P. Formações concrecionárias e aspectos genéticos e evolutivos do Maciço do Quincuncá, Província Borborema, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online). São Paulo, v. 19, n. 2, (Abr-Jun.) p. 359-372, 2018.
- FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza, 2012. 280p.
- GRAY, M. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons, 2004. 434 p.
- GRAY, M. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons, 2ª Ed. 2013.
- HERZOG, A. L. Paisagens Geológicas e Geoparques: o Geoparque Araripe. In: MONGELLI, M. M.; CASTRIOTA, L. B. (Editores). **1º Colóquio Ibero-americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto**, Edition: 1a, Chapter: IV Parte, Publisher: IPHAN, 2017. 420-435p.
- INSA - Instituto Nacional do Semiárido. Mapas digitais de áreas afetadas pelos processos de desertificação no Semiárido Brasileiro (1998). Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro (SIGSAB). Disponível em: <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>. Acesso em 18 out. 2018.
- LIMA, F. J. de. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe**: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha-Ceará (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE – PPGeo/UFPE: Recife, 2015. 192 p.
- LIMA, F. F.; BRILHA, J. B.; SALAMUNI, E. Inventorying geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil. **Geoheritage** 2(3-4), 2010. 91–99 p.
- LIMA, F. F.; SCHOBENHAUS, C.; NASCIMENTO, M. A. L. Brasil. In: PIETRO, J. L. P. (Coord.). **Patrimônio geológico y su conservación em America Latina: situación y perspectivas nacionales**. – México: UNAM, Instituto de Geografía, 2016. 55-79p.

NASCIMENTO, M.; AZEVEDO, Ú. R.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008.

PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. *Geomorphology*, 233, 2015. 20-40 p.

SHARPLES, C. A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes. **Report to Forestry Commission**, Hobart, Tasmania, 1993. 31 p.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service web site. 3. Ed. Set, 2002.

SHARPLES, C. Geoconservation in forest management. Principles and procedures. *Tasforests*, 7, 1995, 37-50p.

SNUC. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza - **Lei N° 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm) Acesso em 20 de julho de 2018.

ZWOLIŃSKI, Z. Geodiversity. In: GOUDIE, A.S. (Ed.): **Encyclopedia of Geomorphology**, Vol. 1, 2004. 417-418p.

ZWOLINSKI, Z.; NAJWER, A.; GIARDINO, M. Methods for Assessing Geodiversity. In: REYNARD, E. BRILHA, J. (Edit.). **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier: 2018. 27-52p.

## O GEOPARQUE SERIDÓ: PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DO SEMIÁRIDO POTIGUAR

**Marcos Antonio Leite do Nascimento**

*Professor Doutor do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGE-UFRN).*

*E-mail: marcos@geologia.ufrn.br*

**Matheus Lisboa Nobre da Silva**

*Geólogo, doutorando do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-UFRJ). E-mail: nobre.mt@gmail.com*

### O SERIDÓ ORIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Segundo o dialeto de tradição tapuia, Seridó – ceri-tho – significa algo de pouca ou nenhuma folhagem, o que representa bem o ambiente dessa região do Rio Grande do Norte, bastante marcada pela seca, mas com rica diversidade biótica, dominada pelo Bioma Caatinga, e abiótica.

O clima local é influenciado pela Zona de Convergência Intertropical do Atlântico, principal sistema controlador das precipitações na região do Seridó, que, em geral, são concentradas na chamada quadra chuvosa, de maio a agosto. A vegetação é de porte baixo ou médio, tipicamente caducifólio de caráter xerófilo, com grande quantidade de plantas espinhosas, de esgalhamento baixo, com muitas cactáceas e bromeliáceas. São espécies típicas da área: jurema preta, faveleira, pinhão-branco, mufumbo, imburana, juazeiro, xiquexique, macambira, coroa-de-frade (IDEMA, 2009).

O relevo do Seridó possui uma origem poligenética, com formação de depressões interplanálticas e intermontanas semiáridas, revestidas por diferentes tipos de caatinga e pontilhadas por inselbergs (DINIZ; OLIVEIRA, 2015). De sul a norte, observa-se a presença de compartimentos da Depressão Sertaneja, morros, serras baixas, planaltos, planícies, escarpas de serra, chapadas, platôs e colinas dessecadas.

Os rios são, em sua maioria, intermitentes, mas, por vezes, se apresentam perenizados pela ação antrópica. A área de estudo é compreendida pelo sistema hidrográfico Piancó-Piranhas-Açu, mais especificamente na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, composta pelos rios Seridó, Acauã e Salgado. Destacam-se os açudes Dourado, Gargalheiras e Boqueirão (NASCIMENTO; FERREIRA, 2012; DINIZ; OLIVEIRA, 2015).