



**Identificação de Sítios Geológicos para Gestão Prioritária:
Propostas para a Geoconservação no Domínio Ceará Central, Nordeste do Brasil**

Evaluation of Geological Sites for Priority Management:
Proposals for Geoconservation in the Ceará Central Domain, North-eastern Brazil

Pâmella Moura¹; Maria da Glória Motta Garcia^{1,2} & José Brilha³

^{1,2} Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia.
Campus do Pici, Bloco 912, 60440-554, Fortaleza, CE

^{1,2} Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo. Rua do Lago, 562, Butantã, 05508-080, São Paulo, SP

³ Universidade do Minho, Instituto de Ciências da Terra. Campus de Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal.
E-mails: pamella_mm@yahoo.com.br; mgmgarcia@usp.br; jbrilha@det.uminho.pt

Recebido em: 09/05/2018 Aprovado em: 04/06/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_252_267

Resumo

A avaliação quantitativa de valoração do patrimônio geológico tem se demonstrado uma relevante ferramenta para delinear estratégias de geoconservação, sobretudo em áreas extensas e com escassez de recursos. A área selecionada para este estudo corresponde a uma região socioeconomicamente vulnerável no semiárido do estado do Ceará, nordeste do Brasil, e contempla um conjunto de 52 sítios geológicos representativos da evolução geodinâmica do Domínio Ceará Central. Com o intuito de delinear estratégias de geoconservação pertinentes a realidade local, este trabalho teve por objetivo identificar quais os geossítios prioritários no plano de gestão. Para tanto, foi utilizado o método de avaliação quantitativa integrado na plataforma GEOSSIT do Serviço Geológico do Brasil, tendo sido avaliado o valor científico, o risco de degradação, o potencial uso educativo e turístico e as prioridades de proteção. Os resultados indicaram que os geossítios inventariados possuem alto valor científico, que existe predominância de geossítios com risco moderado de degradação e predomínio de valores medianos para o potencial uso educativo e turístico. Três listas de sítios prioritários foram definidas, considerando apenas os locais com alto valor científico e potencial uso relevante. No final, foi possível identificar e justificar quatro territórios estratégicos para a geoconservação na porção centro-norte do Domínio Ceará Central.

Palavras-chave: Patrimônio geológico; geossítios; sítios de geodiversidade; Geossit

Abstract

Quantitative assessment of geological sites has been demonstrated as a consistent tool in order to delineate geoconservation strategies, especially for large areas with scarce resources. The working area is located in a vulnerable region in north-eastern Brazil characterised by low socioeconomic conditions. This area comprises an assemblage of 52 geological sites (geosites and geodiversity sites) representing the geodynamic evolution of the Ceará Central Domain, one of the oldest tectonic terranes in Brazil. In this perspective, this work aimed to identify priority sites for geoconservation actions. All geological sites were evaluated by a quantitative assessment concerning the scientific value, the degradation risk, the educational and touristic potential uses and the protection priorities. The assessments were performed by the method available on the GEOSSIT platform developed by Brazilian Geological Survey. Results indicate geological sites with high scientific value, predominance of geosites with moderate degradation risk and medium values for educational and touristic potential uses. Three sorted lists were defined considering only geological sites with high scientific value (geosites) and relevant potential uses. At the end, four priority areas were delineated for a detailed geoconservation plan in the centre-north portion of Ceará Central Domain.

Keywords: Geoheritage; geosites; geodiversity Sites; Geossit

1 Introdução

O Domínio Ceará Central (DCC) é a unidade geotectônica mais expressiva da porção norte da Província Borborema e apresenta registros da evolução geodinâmica relacionada à amalgamação da porção oeste do Gondwana, durante o Neoproterozoico, além de registros de orogenias paleoproterozoicas e de rochas remanescentes de um núcleo arqueano (Brito Neves *et al.*, 1999; Fetter *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2009). O inventário do patrimônio geológico desenvolvido por Moura *et al.* (2017) contemplou geossítios e sítios de geodiversidade (Brilha 2016) representantes da história e evolução geodinâmica deste domínio. Contudo, devido ao elevado número de sítios geológicos e à extensão da área inventariada, o que inviabilizaria desenvolver ações de geoconservação efetivas em todos os sítios, surge a necessidade de definir sítios prioritários para a gestão deste patrimônio geológico.

A geoconservação representa um conjunto de técnicas e ações implementadas para garantir a conservação do patrimônio geológico, a fim de assegurar a preservação destes locais para as próximas gerações e aproveitar seu potencial de uso em benefício das comunidades locais (Carcavilla *et al.*, 2007; Henriques *et al.*, 2011). Neste âmbito, diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de minimizar a subjetividade associada à avaliação e estabelecer os sítios prioritários para conservação, pelo que a avaliação quantitativa se destaca como metodologia comumente aplicada - Brilha (2016) apresenta uma revisão destes métodos.

A avaliação quantitativa considera como premissa que nem todo elemento geológico tem valor patrimonial e nem todos os elementos de valor notável possuem a mesma importância e o mesmo interesse, sendo possível definir os parâmetros para a valoração de cada ponto (Carcavilla *et al.*, 2007). Os métodos desenvolvidos para esta avaliação consideram, entre outros indicadores, as características intrínsecas do sítio, o conhecimento científico geológico, a localização e características do meio e as relações do sítio geológico com o entorno, como seu reconhecimento cultural, seu uso efetivo ou potencial e possíveis ameaças à sua integridade (naturais e antrópicas).

Entre os diversos métodos quantitativos de avaliação (tais como, Zouros, 2005; Reynard *et al.*, 2007; Garcia-Cortéz & Carcavilla, 2009; Pereira & Brilha, 2010; Fassoulas *et al.*, 2012), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) desenvolveu uma plataforma *on-line* denominada GEOSSIT, com o objetivo de padronizar o inventário e avaliação quantitativa dos geossítios e sítios de geodiversidade no Brasil (Schobbenhaus *et al.*, 2015). O GEOSSIT foi inicialmente direcionado para atender a demanda de cadastro dos sítios geológicos do Projeto Geoparques e foi estruturado com base em Brilha (2005) e Garcia-Cortés & Carcavilla (2009), sendo recentemente atualizado com base em Brilha (2016), considerando adaptações para a realidade brasileira (Lima *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2016). O método é de grande relevância para os estudos em geoconservação no Brasil e apresenta-se como o mais utilizado para a avaliação quantitativa dos geossítios (Romão & Garcia, 2017).

Em vista disto, este trabalho tem por objetivo definir os sítios geológicos prioritários para conservação no DCC, seja devido ao seu elevado valor científico e/ou atual risco de degradação, seja aqueles mais promissores do ponto de vista do seu uso para a educação e o geoturismo, com base no método aplicado na plataforma GEOSSIT.

2 Material e Métodos

2.1 Enquadramento Geológico e Geomorfológico

O DCC ocorre integralmente no estado do Ceará, nordeste do Brasil, estando limitado a leste pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu e a oeste pelo Lineamento Transbrasiliano. A área de estudo contempla a porção centro-norte do domínio (Figura 1). As rochas do DCC encontram-se intensamente deformadas e migmatizadas em função dos esforços tectônicos neoproterozoicos relacionados ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Brito Neves *et al.*, 1999).

A porção mais antiga do DCC é formada por um núcleo arqueano, composto por rochas com afinidade TTG (tonalito-trondhjemitó-granodiorito), unidades metavulcanossedimentares e complexos máficos/ultramáficos, circundados por embasamento gnáissico-migmatítico juvenil paleoproterozoico,

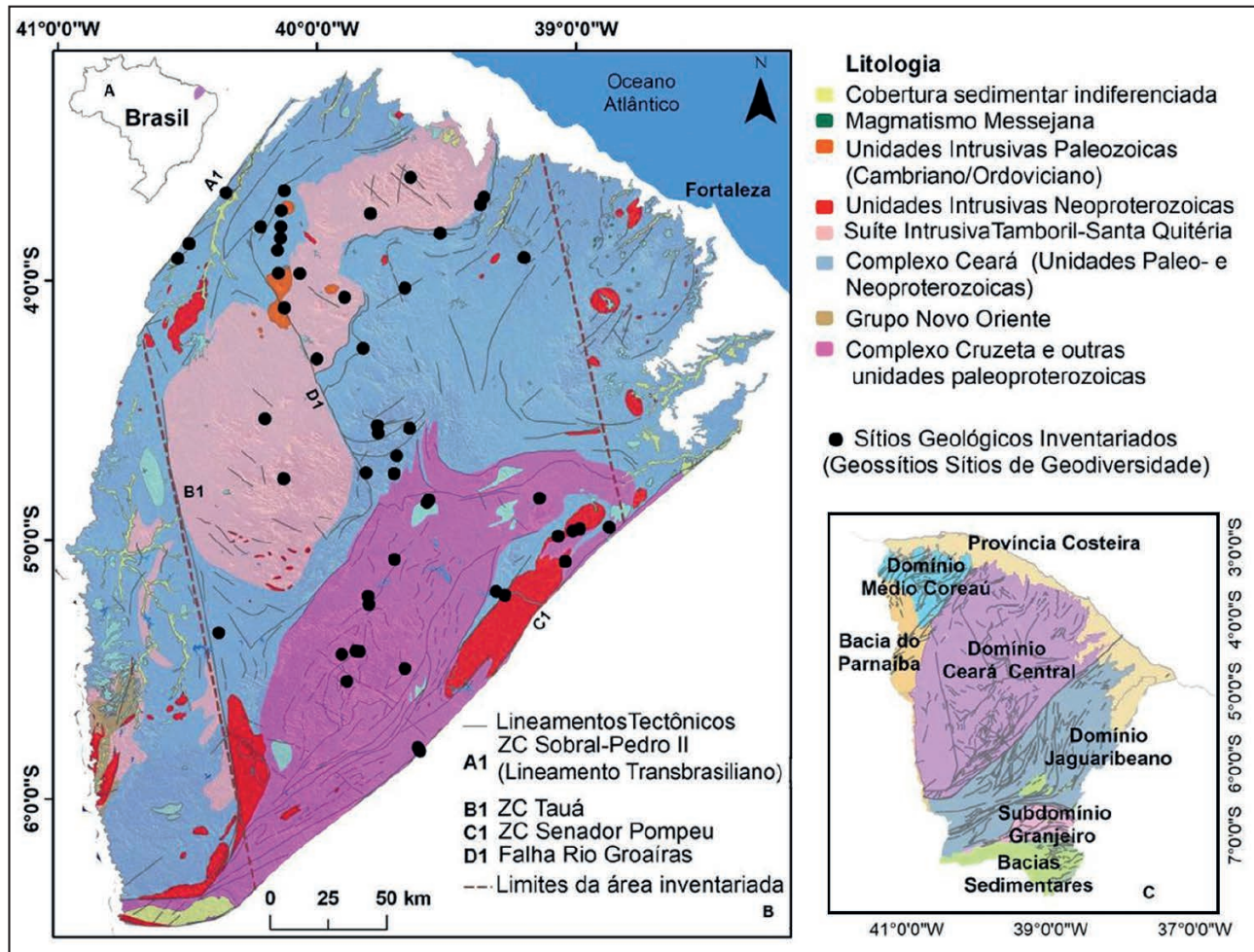


Figura 1 A. Localização geral da área de estudo B. Mapa geológico simplificado e localização dos sítios geológicos. C. Distribuição dos domínios tectônicos da Província Borborema no estado do Ceará. (Modificado de Cavalcante *et al.*, 2003 e Moura *et al.*, 2017).

ambos afetados por metamorfismo de médio e alto grau (Fetter *et al.* 2000). Com idades predominantemente neoproterozoicas, a porção mais recente é composta por sequência supracrustal vulcanossedimentar, afetadas por metamorfismo de alta pressão, expresso em rochas metamáficas - sobretudo granada-anfibolitos - e granulitos (Amaral *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2009). Também de idade neoproterozoica, um batólito granítico de alta anatexia e com assinatura isotópica de arco magmático (Santa Quitéria) ocorre em meio às sequências supracrustais (Fetter *et al.*, 2003). O DCC também apresenta diversos corpos granitoides pós-colisionais e anorogênicos, com idades entre o Neoproterozoico e o Ordoviciano (Castro *et al.*, 2012). Nestas rochas predominam composições sub-

calcialcalina, com intrusões enriquecidas em potássio (Almeida *et al.* 1999).

O relevo da região configura-se pela presença de maciços residuais individualizados por depressões aplainadas e inselbergues cristalinos (Lima *et al.*, 2000; Maia *et al.*, 2010). A geomorfologia da área é marcada pelo intenso controle estrutural herdado da instalação de zonas de cisalhamento transcorrentes no Neoproterozoico (Ciclo Brasileiro/Pan-Africano) e posterior reativação no Cretáceo (rifteamento e abertura do Oceano Atlântico), que favoreceram os processos de dissecação e influíram na orientação preferencial dos maciços residuais (Maia *et al.*, 2010; Sales & Peulvast, 2007). A região está sujeita a um clima tropical quente semiárido, com elevadas

temperaturas, índices pluviométricos inferiores a 800 mm/ano e extenso período de estiagem (Lima *et al.*, 2000), o que também condiciona os aspectos geomorfológicos locais.

2.2 Avaliação Quantitativa no GEOSSIT

Neste trabalho, os 52 sítios geológicos do inventário do patrimônio geológico do DCC foram sujeitos à avaliação disponibilizada pela plataforma GEOSSIT. A plataforma GEOSSIT foi selecionada para esta avaliação por utilizar a mesma metodologia adotada para a seleção dos sítios geológicos durante o inventário de patrimônio geológico do DCC, isto é, Brilha (2016).

O método usado nesta plataforma visa estabelecer ordenamentos entre os sítios geológicos, atribuindo valores numéricos para conjuntos específicos de características (Lima *et al.* 2012). Desta forma, pode-se avaliar o valor científico, risco de degradação e o potencial uso educativo e turístico, além de determinar as relevâncias e prioridades de proteção. No GEOSSIT, cada critério de avaliação apresenta um número específico de parâmetros com pesos percentuais distintos. Para cada critério, seleciona-se o parâmetro mais próximo à realidade do local em avaliação, sendo valorados em 1, 2 e 4. Para os casos onde nenhum dos parâmetros mostra-se adequado, considera-se a opção “*não se aplica*”, com pontuação zero.

A quantificação do valor científico no GEOSIT integra sete critérios, cada um com um determinado peso relativo que reflete a importância para o cálculo final do valor científico: A1) Representatividade (30%); A2) Local-Tipo (20%); A3) Conhecimento Científico (5%); A4) Integridade (15%); A5) Diversidade geológica (5%), A6) Raridade (15%) e A7) Limitações de Uso (10%). Para o cálculo do risco de degradação, o método utiliza cinco critérios: B1) Deterioração dos conteúdos geológicos (35%); B2. Proximidade a zonas degradadoras (20%); B3) Proteção Legal (20%); B4) Acessibilidade (15%) e B5) Densidade Demográfica (10%). A partir dos resultados obtidos, o método classifica o risco em três níveis: baixo (inferior ou igual a 200), moderado (entre 201 e 300) e alto (entre 301 e 400). Para

a avaliação do potencial uso educativo e turístico, são usados 15 critérios (Tabela 1). Ao final, os sítios podem ser classificados em três categorias de relevância: internacional ($VC \geq 300$); nacional ($VC \geq 200$ e $VC \leq 200$ com PUE ou PUT ≥ 200); e regional ($VC < 200$ e PUE ou PUT ≤ 200).

O GEOSSIT permite definir a prioridade de proteção dos sítios geológicos em ordenamentos distintos em função do valor científico, risco de degradação e uso educativo e turístico, procedimento este adaptado de Garcia-Cortés & Carcavilla (2009). Para cada um dos casos, a Prioridade de Proteção resulta da soma do valor científico ou de uso com o risco de degradação e pode ser classificada em quatro intervalos: *i)* Longo Prazo ($PPC \leq 300$); *ii)* Médio Prazo ($300 < PPC \leq 550$); *iii)* Curto Prazo ($550 < PPC \leq 750$); e *iv)* Urgente ($PPC > 750$). A avaliação da prioridade global, com a soma de todos os valores dos sítios também pode ser realizada na plataforma, contudo, não foi aplicada neste trabalho.

Potencial de Uso Educativo e Turístico		
Critério	Peso Educativo	Peso Turístico
C1.Vulnerabilidade	10%	10%
C2. Acessibilidade	10%	10%
C3. Limitações de uso	5%	5%
C4. Segurança	10%	10%
C5. Logística	5%	5%
C6. Densidade demográfica	5%	5%
C7. Associação com outros valores	5%	5%
C8. Beleza cênica	5%	15%
C9. Singularidade	5%	10%
C10. Condições de observação	10%	5%
C11. Potencial didático	20%	-
C12.Diversidade geológica	10%	-
C13. Potencial para divulgação	-	10%
C14. Nível econômico	-	5%
C15. Proximidade a zonas recreativas	-	5%

Tabela 1 Critérios e pesos para a avaliação do potencial uso educativo e turístico. Fonte: Plataforma GEOSSIT (CPRM 2017)

3 Resultados

3.1 Avaliação Quantitativa do Valor Científico e Risco de Degradação

O valor científico (VC) obtido para os diversos sítios geológicos variou entre 135 e 365 (para um máximo de 400 pontos). Oito sítios apresenta-

ram VC inferior a 200 pontos, sendo assim considerados sítios de geodiversidade: Enderbitos do Lineamento Transbrasiliano, Filitos do Lineamento Transbrasiliano, Gnaiss Deformado de Forquilha, Granada-Anfibolito de Boa Viagem, Granito Quixadá, Granulitos Enderbíticos de Cariré, Milonitos de Mombaça e Pedra do Frade (Tabela 2).

Os critérios que receberam as maiores pontuações na avaliação do valor científico foram *Representatividade*, *Limitações de Uso*, *Integridade e Raridade*. O critério *Local-Tipo* recebeu as menores pontuações, embora seja o segundo critério de maior peso na avaliação (20%). Os sítios também obtiveram baixas pontuações na diversidade geológica (entre 1 e 2 pontos). A classificação de relevância aponta para o predomínio de geossítios de relevância nacional (75%), seguidos pelos de relevância internacional (17%) e regional (8%).

O risco de degradação obtido para os diversos sítios geológicos variou entre 65 e 370 (para um valor máximo de 400 pontos). De acordo com os intervalos de risco, 21% dos sítios geológicos foram classificados com alto risco de degradação; 60% com risco moderado; e 19% com baixo risco de degradação (Tabela 2).

3.2 Avaliação Quantitativa do Potencial Uso Educativo e Turístico

O potencial uso educativo obtido para os diversos sítios geológicos variou entre 165 a 335 pontos (para um valor máximo de 400 pontos) (Tabela 3). Os sítios que obtiveram valores igual ou superior a 300 pontos apresentaram elevado potencial didático, boas condições de observação e baixa vulnerabilidade (Pedra do Cruzeiro, Campo de Inselbergues de Quixadá, Inselbergues de Irauçuba, Pedra do Frade e Suíte Madalena, predominantemente inselbergues ou geoformas cristalinas). Os geossítios que obtiveram valores inferiores a 200 pontos se caracterizam por serem vulneráveis, de difícil acesso e com baixo potencial didático.

O potencial uso turístico obtido para os diversos sítios geológico variou entre 150 e 320 pontos (para um valor máximo de 400 pontos) (Tabela 3).

Os geossítios que apresentam características geomorfológicas que potencializam o uso turístico devido ao valor estético associado obtiveram a maior pontuação: Inselbergue Pedra do Cruzeiro, Campo de Inselbergues de Quixadá, Pedra do Frade, Pico Serra Branca e Inselbergues de Irauçuba, Gruta Casa de Pedra, Furna dos Ossos e Serra do Barriga. Os geossítios Cromitito Tróia, Escarnitos de Paraíso e Granada-clinopiroxênio Anfibolito Fazenda Juazeiro, Sequência de Alta Pressão Fazenda Cabeça de Touro, Granulitos Bandados de Apuiarés, Cataclastos da Falha Rio Groaíras e Milonitos de Mombaça obtiveram as menores pontuações para o uso turístico. Em comum, estes geossítios são altamente vulneráveis, não possuem atrativos cênicos, estão distantes de zonas recreativas e apresentaram baixo potencial para divulgação.

3.3 Avaliação das Prioridades de Proteção

A prioridade de proteção científica (PPC) obtida para os geossítios variou entre 350 e 735 pontos (para um valor máximo de 800 pontos): 14 sítios foram classificados com prioridade em curto prazo e 30 com prioridade em médio prazo. Os geossítios com prioridade em curto prazo foram considerados prioritários para a geoconservação (Tabela 4). Os sítios de geodiversidade não foram avaliados neste quesito por possuírem baixo valor científico (< 200 pontos).

Para a prioridade de proteção de interesse educativo (PPE), a pontuação obtida variou entre 355 e 515 (para um valor máximo de 800 pontos): seis sítios foram classificados com prioridade em curto prazo e 46 com prioridade em médio prazo. No caso da prioridade de interesse turístico (PPT), a pontuação obtida variou entre 310 e 580 (para um valor máximo de 800 pontos): três sítios foram classificados com prioridade em curto prazo e 49 com prioridade em médio prazo. Os geossítios Gnaiss Tonalítico de Mombaça, Evidências de Cavalcamento de Pedra Branca e Gonditos de Madalena receberam classificação de prioridade em curto prazo para as três situações de avaliação (Tabela 4).

Identificação de Sítios Geológicos para Gestão Prioritária: Propostas para a Geoconservação no Domínio Ceará Central, Nordeste do Brasil
Pâmella Moura; Maria da Glória Motta Garcia & José Brilha

Sítios Geológicos	Valor Científico (A)								Risco de Degradação (B)					
	1	2	3	4	5	6	7	VC	1	2	3	4	5	RD
Inselbergue Pedra do Cruzeiro	4	0	2	4	1	2	4	265	0	4	2	4	1	190
Campo de Inselbergues de Quixadá	4	0	2	4	2	4	4	300	1	4	2	3	1	210
Pedra do Frade	2	0	0	4	1	2	2	175	0	4	1	1	2	135
Inselbergues de Irauçuba	2	0	2	4	1	2	4	205	1	1	4	4	1	205
Pico Serra Branca	4	0	0	4	1	4	4	285	0	0	2	1	1	65
Serra do Barriga	4	1	4	4	1	2	4	295	2	4	2	2	1	230
Serra do Pajé	4	1	0	4	2	4	4	310	0	1	2	1	1	85
Granito Quixadá	2	1	2	2	1	2	4	195	2	4	4	4	1	300
Sienogranito do Complexo Anelar de Quintas	4	1	4	4	1	4	4	325	1	0	2	2	1	115
Granito Quixeramobim	4	1	2	4	1	2	2	265	1	4	2	2	1	195
Ortognaisses Miloníticos de Umirim	2	0	0	4	1	4	4	225	2	4	2	4	1	260
Gnaiss Milonítico de Quixadá	4	0	0	4	1	4	2	265	2	4	2	3	1	245
Enderbitos do Lineamento Transbrasiliano	2	0	4	2	1	2	4	185	2	2	2	3	1	205
Tectonito de Independência	2	0	2	4	1	4	4	235	2	4	4	4	1	300
Nappe Itatira	4	0	4	4	1	4	4	305	0	2	4	2	1	160
Evidências de Cavalcamento de Pedra Branca	4	0	4	4	1	4	4	305	4	4	4	4	1	370
Cataclastos da Falha Rio Groaíras	4	0	0	2	1	4	4	255	4	4	4	4	1	370
Filitos do Lineamento Transbrasiliano	1	0	0	2	1	2	4	135	4	4	2	4	1	330
Milonitos de Mombaça	2	0	0	2	1	4	4	195	4	4	4	4	1	370
Quartzo-Diorito de Taperuaba	4	1	4	4	1	1	2	260	1	4	1	4	1	205
Biotita Diatexito de Santa Quitéria	4	1	4	4	2	1	4	285	1	4	4	4	1	265
Biotita Monzogranito de Camará	4	1	4	4	1	1	4	280	1	4	4	4	1	265
Migmatitos Lagoa Caiçara	4	1	0	2	1	1	2	210	1	4	4	4	1	265
Hornblenda-Biotita Metatexito de Tejuoca	2	1	4	4	1	1	4	220	1	4	4	2	1	235
Gonditos de Madalena	2	0	1	2	1	4	4	200	4	4	4	4	1	370
Colofanito de Itatira	4	0	4	4	1	4	2	285	4	4	1	2	1	280
Formação Ferrífera Bandada de Boa Viagem	4	0	2	2	1	4	2	245	4	4	2	2	1	300
Escarnitos de Paraíso	4	0	2	2	1	4	2	245	4	1	1	1	1	205
Cromitito de Tróia	4	0	1	2	1	4	4	260	4	3	4	2	1	320
Kinzigito Cachoeira dos Loretos	2	0	4	2	2	4	2	200	2	4	1	3	1	225
Enderbitos de Alto Feliz	4	0	4	4	2	2	2	260	1	4	1	4	1	205
Granada-anfibolitos de Lagoa do Mato	4	0	2	4	2	4	4	300	3	4	4	2	1	305
Retroclogitos Faz. Ipueiras	4	0	4	2	2	2	4	250	4	3	2	2	1	280
Granada-anfibolitos de Boa Viagem	2	0	2	2	1	2	4	175	4	4	4	2	1	340
Granulitos Enderbíticos de Cariré	2	0	4	2	1	2	2	165	3	3	1	1	1	210
Sequência de Alta Pressão Faz. Cabeça de Touro	4	0	4	2	2	4	4	280	4	4	2	2	1	300
Granulitos Bandados de Apuiarés	4	0	4	4	2	4	2	290	4	4	1	2	1	280
Granada-Clinopiroxênio Anfibolito Fazenda Juazeiro	4	0	4	4	2	2	4	280	4	0	2	2	1	220
Gruta Casa de Pedra	4	0	1	4	1	2	4	260	2	4	2	2	1	230
Megaxenólitos de metassedimentos de Juatama	4	0	0	4	1	4	2	265	0	1	1	4	1	110
Furna dos Ossos	4	0	0	4	1	4	2	265	3	4	1	2	1	245
Granada Xisto Quixeramobim	4	1	2	4	1	4	2	295	2	4	2	3	1	245
Cianita-Sillimanita Gnaiss de Itatira	4	0	4	4	1	4	4	305	2	4	4	4	1	300
Gnaiss Deformado de Forquilha	2	0	0	2	1	4	4	195	2	4	4	4	1	300
Suíte Madalena	4	4	4	4	1	4	2	365	1	4	1	4	1	205
Metagabro do Complexo Cruzeta	4	1	0	2	2	4	4	280	3	4	2	4	1	295
Gnaiss Tonalítico de Mombaça	4	4	0	4	1	4	4	365	4	4	4	4	1	370
Micaxistos do Açude Limão-Choró	4	1	2	4	1	4	2	295	1	4	1	3	1	190
Gnaiss Tonalítico de Extrema	4	1	0	4	1	4	4	305	2	2	2	1	1	175
Gnaiss Tonalítico Pedra Branca	2	1	0	4	1	4	4	245	1	4	4	4	1	265
Sequência Greenstone de Pedra Branca	4	4	1	2	2	4	4	345	4	4	4	4	1	370
Diques Máficos de Boa Viagem	4	0	0	1	1	4	4	240	3	4	4	4	1	335

Tabela 2 Avaliação quantitativa do valor científico e risco de degradação dos sítios geológicos do DCC por meio da plataforma GE-OSSIT. Valor Científico: A1) Representatividade. A2) Local-Tipo. A3) Conhecimento Científico. A4) Integridade. A5) Diversidade geológica. A6) Raridade. A7) Limitações de Uso. Risco de Degradação: B1) Deterioração dos conteúdos geológicos. B2) Proximidade a zonas degradadoras. B3) Proteção Legal. B4) Acessibilidade. B5) Densidade Demográfica.

Identificação de Sítios Geológicos para Gestão Prioritária: Propostas para a Geoconservação no Domínio Ceará Central, Nordeste do Brasil
Pâmella Moura; Maria da Glória Motta Garcia & José Brilha

Sítios Geológicos	Potencial Uso Educativo e Turístico (C)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PE	13	14	15	PT	
Inselbergue Pedra do Cruzeiro	4	4	4	2	4	1	4	2	4	4	4	2	335	4	1	4	320	
Campo de Inselbergues de Quixadá	4	3	4	2	4	1	4	2	4	4	4	2	325	4	1	4	310	
Pedra do Frade	4	1	2	3	4	2	4	2	2	4	4	2	300	4	1	4	275	
Inselbergues de Irauçuba	4	3	4	2	3	1	4	1	1	4	4	2	300	4	1	2	250	
Pico Serra Branca	4	1	4	2	3	1	4	1	3	4	4	2	290	4	1	4	260	
Serra do Barriga	3	2	4	2	4	1	4	0	3	4	4	2	290	4	1	4	250	
Serra do Pajé	4	1	2	2	3	1	4	0	2	4	4	3	280	3	3	4	225	
Granito Quixadá	3	3	4	2	4	1	1	0	2	4	4	2	280	3	1	4	225	
Sienogranito do Complexo Anelar de Quintas	3	2	4	2	3	1	1	0	3	4	4	2	270	2	3	2	210	
Granito Quixeramobim	3	2	2	2	4	1	1	0	3	4	4	2	265	4	1	1	210	
Ortognaisses Miloníticos de Umirim	3	4	4	2	4	1	0	0	1	4	2	2	240	3	1	0	200	
Gnaisse Milonítico de Quixadá	3	2	2	2	4	1	0	0	3	4	2	2	220	4	1	2	210	
Enderbitos do Lineamento Transbrasiliano	3	2	4	2	3	1	1	0	1	4	2	2	220	3	1	0	180	
Tectonito de Independência	3	4	4	2	3	1	0	0	1	4	1	2	215	2	1	4	205	
Nappe Itatira	4	2	4	2	2	1	1	0	2	4	1	2	210	3	1	1	200	
Evidências de Cavalgamento de Pedra Branca	1	4	2	2	3	1	0	0	3	3	2	2	205	3	1	1	185	
Cataclastos da Falha Rio Groaíras	1	3	4	2	3	1	0	0	2	3	2	2	200	2	1	0	160	
Filitos do Lineamento Transbrasiliano	1	4	2	2	4	1	1	0	1	4	1	2	195	2	3	4	195	
Milonitos de Mombaça	1	3	4	2	4	1	0	0	1	4	1	1	180	2	1	0	160	
Quartzo-Diorito de Taperuaba	3	4	2	2	3	1	4	0	4	4	1	2	240	2	3	4	255	
Biotita Diatexitos de Santa Quitéria	3	4	2	2	3	1	2	0	4	4	1	3	240	2	1	1	220	
Biotita Monzogranito do Camará	3	4	4	2	4	1	2	0	4	4	1	1	235	2	1	4	250	
Migmatitos Lagoa Caiçara	3	4	4	2	3	1	0	0	4	4	1	2	230	2	1	1	220	
Hornblenda-Biotita Metatexitos de Tejuoca	3	2	4	2	3	1	0	0	4	4	2	2	230	2	1	1	200	
Gonditos de Madalena	1	4	4	2	4	1	1	0	1	3	2	1	205	3	1	1	185	
Colofanito de Itataia	1	2	1	2	2	1	1	0	4	4	2	2	195	3	1	0	170	
Formação Ferrífera Bandada de Boa Viagem	1	2	2	2	4	1	1	0	3	2	2	2	185	3	1	1	170	
Escarnitos de Paraíso	1	1	2	2	3	1	1	0	3	4	1	2	170	2	1	0	150	
Cromitito de Tróia	1	2	2	2	3	1	1	0	2	3	1	2	165	2	1	1	150	
Kinzigitos Cachoeira dos Loretos	3	3	2	2	3	1	1	0	4	4	1	3	225	2	1	1	205	
Enderbitos de Alto Feliz	3	4	2	2	3	1	0	0	3	4	1	3	225	2	1	1	200	
Granada-anfibolitos de Lagoa do Mato	2	2	4	2	3	1	0	0	4	4	1	3	210	2	1	1	190	
Retroeclogitos Faz. Ipueiras	1	2	2	2	3	1	1	0	4	4	1	3	195	2	1	1	175	
Granada-anfibolitos de Boa Viagem	1	2	4	2	3	1	0	0	4	4	1	2	190	2	1	1	180	
Granulitos Enderbíticos de Cariré	2	1	2	2	3	1	0	0	4	4	1	2	180	2	1	1	170	
Sequência de Alta Pressão Faz. Cabeça de Touro	1	2	2	2	3	1	1	0	3	3	1	3	180	2	1	1	160	
Granulitos Bandados de Apuiarés	1	2	2	2	2	1	0	0	4	3	1	3	175	2	1	1	160	
Granada-Clinopiroxênio Anfibolito Fazenda Juazeiro	1	1	2	2	3	1	1	0	4	2	1	3	165	2	1	1	155	
Gruta Casa de Pedra	3	2	4	2	3	1	4	2	3	4	4	2	295	4	1	4	275	
Megaxenólitos de metassedimentos de Juatama	4	4	2	2	4	1	2	0	3	4	3	2	280	4	1	1	245	
Furna dos Ossos	2	2	2	2	3	1	4	2	3	4	4	2	275	4	1	4	255	
Granada Xisto Quixeramobim	3	2	3	2	4	1	2	0	3	3	2	2	225	3	1	4	220	
Cianita-Sillimanita Gnaiss de Itatira	3	4	2	2	3	1	0	0	3	3	1	3	215	3	1	0	200	
Gnaiss Deformado de Forquilha	3	4	4	2	4	1	1	0	1	3	1	2	215	2	1	0	190	
Suíte Madalena	4	4	2	2	2	1	1	0	4	4	4	3	300	4	1	0	235	
Metagabro do Complexo Cruzeta	2	4	4	2	4	1	0	0	3	4	1	3	230	3	1	0	210	
Gnaiss Tonalítico de Mombaça	1	4	4	2	4	1	0	0	4	4	1	2	215	3	1	0	210	
Micaxistos do Açude Limão-Choró	3	3	2	2	2	1	1	0	1	4	2	2	215	3	1	4	195	
Gnaiss Tonalítico de Extrema	3	1	4	2	3	1	0	0	4	4	1	2	200	3	1	0	195	
Gnaiss Tonalítico Pedra Branca	3	3	2	2	4	1	0	0	3	3	1	2	200	2	1	1	190	
Sequência Greenstone de Pedra Branca	1	4	4	2	3	1	0	0	3	2	1	3	195	2	1	0	175	
Diques Máficos de Boa Viagem	1	4	4	2	4	1	0	0	1	3	1	2	190	2	1	1	170	

Tabela 3 Avaliação quantitativa do potencial uso educativo e turístico dos sítios geológicos do DCC por meio da plataforma GEOSSIT. C1) Vulnerabilidade. C2) Acessibilidade. C3) Limitações de Uso. C4) Segurança. C5) Logística. C6) Densidade Demográfica. C7) Associação com outros valores. C8) Beleza Cênica. C9) Singularidade. C10) Condições de Observação. C11) Potencial Didático. C12) Diversidade Geológica. C13) Potencial para Divulgação. C14) Nível Econômico. C15) Proximidade a Zonas Recreativas

Identificação de Sítios Geológicos para Gestão Prioritária: Propostas para a Geoconservação no Domínio Ceará Central, Nordeste do Brasil
Pâmella Moura; Maria da Glória Motta Garcia & José Brilha

Sítios Geológicos	Prioridades de Proteção						
	PPC	Pos.	Prazo	PPE	Prazo	PPT	Prazo
Inselbergue Pedra do Cruzeiro	455	37°	Médio	525	Médio	510	Médio
Campo de Inselbergues de Quixadá	510	25°	Médio	535	Médio	520	Médio
Pedra do Frade	-	-	-	435	Médio	410	Médio
Inselbergues de Irauçuba	410	41°	Médio	505	Médio	455	Médio
Pico Serra Branca	350	44°	Médio	355	Médio	325	Médio
Serra do Barriga	525	21°	Médio	520	Médio	480	Médio
Serra do Pajé	395	42°	Médio	365	Médio	310	Médio
Granito Quixadá	-	-	-	580	Curto	525	Médio
Sienogranito do Complexo Anelar de Quintas	440	39°	Médio	385	Médio	325	Médio
Granito Quixeramobim	460	35°	Médio	460	Médio	405	Médio
Ortognaisses Miloníticos de Umirim	485	28°	Médio	500	Médio	460	Médio
Gnaiss Milonítico de Quixadá	510	24°	Médio	465	Médio	455	Médio
Enderbitos do Lineamento Transbrasiliano	-	-	-	425	Médio	385	Médio
Tectonito de Independência	535	19°	Médio	515	Médio	505	Médio
<i>Nappe</i> Itaira	465	34°	Médio	370	Médio	360	Médio
Evidências de Cavalcamento de Pedra Branca	675	3°	Curto	575	Curto	555	Curto
Cataclastos da Falha Rio Groaíras	625	4°	Curto	570	Curto	530	Médio
Filitos do Lineamento Transbrasiliano	-	-	-	525	Médio	525	Médio
Milonitos de Mombaça	-	-	-	550	Médio	530	Médio
Quartzo-Diorito de Tapera	465	32°	Médio	445	Médio	460	Médio
Biotita Diatexito de Santa Quitéria	550	15°	Médio	505	Médio	485	Médio
Biotita Monzogranito do Camará	545	17°	Médio	500	Médio	515	Médio
Migmatitos Lagoa Caiçara	475	31°	Médio	495	Médio	485	Médio
Hornblenda-Biotita Metatexito de Tejuoca	455	36°	Médio	465	Médio	435	Médio
Gonditos de Madalena	570	11°	Curto	575	Curto	555	Curto
Colofanito de Itaia	565	14°	Curto	475	Médio	450	Médio
Formação Ferrífera Bandada de Boa Viagem	545	16°	Médio	485	Médio	470	Médio
Escarnitos de Paraíso	450	38°	Médio	375	Médio	355	Médio
Cromitito de Tróia	580	7°	Curto	485	Médio	470	Médio
Kinzigito Cachoeira dos Loretos	425	40°	Médio	450	Médio	430	Médio
Enderbitos de Alto Feliz	465	33°	Médio	430	Médio	405	Médio
Granada-anfibolitos de Lagoa do Mato	605	5°	Curto	515	Médio	495	Médio
Retroeclogitos Faz. Ipueiras	530	20°	Médio	475	Médio	455	Médio
Granada-anfibolitos de Boa Viagem	-	-	-	530	Médio	520	Médio
Granulitos Enderbíticos de Cariré	-	-	-	390	Médio	380	Médio
Sequência de Alta Pressão Faz. Cabeça de Touro	580	8°	Curto	480	Médio	460	Médio
Granulitos Bandados de Apuiarés	570	12°	Curto	455	Médio	440	Médio
Granada-Clinopiroxênio Anfibolito Fazenda Juazeiro	500	26°	Médio	385	Médio	375	Médio
Gruta Casa de Pedra	490	27°	Médio	525	Médio	505	Médio
Megaxenólitos de metassedimentos de Juatama	375	43°	Médio	390	Médio	355	Médio
Furna dos Ossos	510	23°	Médio	520	Médio	500	Médio
Granada Xisto Quixeramobim	540	18°	Médio	470	Médio	465	Médio
Cianita-Sillimanita Gnaiss de Itaira	605	6°	Curto	515	Médio	500	Médio
Gnaiss Deformado de Forquilha	-	-	-	515	Médio	490	Médio
Suíte Madalena	570	13°	Curto	505	Médio	440	Médio
Metagabro do Complexo Cruzeta	575	10°	Curto	525	Médio	505	Médio
Gnaiss Tonalítico de Mombaça	735	1°	Curto	585	Curto	580	Curto
Micaxistos do Açude Limão-Choró	485	29°	Médio	405	Médio	385	Médio
Gnaiss Tonalítico de Extrema	480	30°	Médio	375	Médio	370	Médio
Gnaiss Tonalítico Pedra Branca	510	22°	Médio	465	Médio	455	Médio
Sequência Greenstone de Pedra Branca)	715	2°	Curto	565	Curto	545	Médio
Diques Máficos de Boa Viagem	575	9°	Curto	525	Médio	505	Médio

Tabela 4 Avaliação das prioridades de proteção científica (PPC), educativa (PPE) e turística (PPT) dos sítios geológicos do DCC por meio da plataforma GEOSSIT. POS: Posição no ranking de avaliação.

4 Discussão

A utilização do GEOSSIT na avaliação do patrimônio geológico do DCC visa contribuir para a construção do inventário nacional e sistematização da avaliação do patrimônio geológico no país (Schobbenhaus *et al.*, 2015), contribuindo para a ampla utilização da plataforma nos estudos de geoconservação realizados no Brasil, conforme análise de Romão & Garcia (2017).

4.1 Valor Científico e Risco de Degradação dos Sítios Geológicos

Na avaliação do valor científico, a ocorrência de extensivas pesquisas científicas ou mapeamentos sistemáticos foram fundamentais para a atribuição de pontuação elevada, conferindo 2 ou 4 pontos para cada sítio. O geossítio Suíte Madalena (Figura 2), por exemplo, foi um dos avaliados com o maior valor científico (365 pontos), sobretudo por existirem publicações internacionais sobre os elementos geológicos principais deste sítio e por representar uma das unidades litodêmicas de Cavalcante *et al.* (2003).

Por outro lado, 21 geossítios representativos da evolução geológica do DCC foram pontuados com 0 ou 1 ponto por não existirem publicações científicas em revistas indexadas (nacionais ou internacionais). Por exemplo, não existem publicações internacionais sobre o geossítio Granada-anfibolitos de Lagoa do Mato (Figura 2), nem tampouco este local consta nos léxicos estratigráficos do Brasil. Embora tenha sido bem avaliado nos demais critérios e permita interpretar eventos geológicos que ocorreram na região durante o Neoproterozoico, obteve a 11ª melhor pontuação, com 300 pontos. Como estes dois critérios de avaliação (*Local Tipo* e *Conhecimento Científico*) são passíveis de mudanças frente ao desenvolvimento de novos estudos e publicações, o valor científico de geossítios como este pode ser incrementado. Neste caso, uma única publicação internacional conferiria a este geossítio a 5ª melhor pontuação. Para Brilha (2016) a ausência de publicações não implica, automaticamente, que o geossítio tenha baixo valor para ciência já que pode refletir uma nova descoberta que ainda não foi publicada ou representar uma área com baixa tradição em pesquisas geológicas.

Ainda nesta avaliação, sete geossítios foram bem avaliados em relação às suas características intrínsecas, mas apresentaram limitações de uso, como por exemplo, o geossítio Granulitos Bandados de Apuiarés (Figura 2). Este geossítio está localizado em propriedade privada, em uma área remota e com acesso somente por estrada carroçável. A boa relação da comunidade científica com o responsável pelo local pode garantir a conservação do geossítio, do mesmo modo, a simples interposição do proprietário poderia impedir a continuidade das pesquisas científicas neste afloramento. Esses exemplos demonstram que o valor científico dos geossítios pode ser dinâmico e sua valoração apresenta caráter funcional para aspectos pertinentes à conservação do patrimônio geológico, como o direcionamento de recursos, prioridades de ação, divulgação, etc.

No que diz respeito ao risco de degradação, o critério *Proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação* obteve as maiores pontuações na avaliação do risco de degradação, seguido pela *Acessibilidade*. Apesar do critério *Deterioração dos Conteúdos* apresentar o maior peso, ele foi apenas o quarto a receber a maior pontuação. Como a densidade demográfica de todos os municípios é similar - apenas um município tem mais de 100 habitantes/km², este critério teve pouco influência nesta avaliação. A partir da identificação em alguns sítios de fatores de fragilidade e vulnerabilidade, foram propostas ações de modo a promover a sua proteção (Figura 3).

4.2 Potencial uso dos Sítios Geológicos no Domínio Ceará Central

A geoconservação caracteriza-se como uma nova abordagem das geociências aplicada ao desenvolvimento sustentável (Henriques *et al.*, 2011). Por conseguinte, o bom resultado das estratégias de geoconservação passa pelo entendimento, valoração e proteção dos elementos a serem conservados e de ações para a valorização e conscientização, como atividades educativas e uso turístico do patrimônio geológico (Burek & Prosser, 2008; Fassoulas *et al.*, 2012; Ólafsdóttir & Dowling 2014).

Neste contexto, a avaliação de potencial uso educativo indicou sítios geológicos que podem ser



Figura 2 A.B. *Geossítio Suíte Madalena*: batólito quartzo-diorítico representante de relevante evento plutônico paleoproterozoico C.D. *Geossítio Granada Anfibolitos de Lagoa do Mato*: afloramento formado por *boudins* métricos de granada-anfibolito dispostos em biotita gnaiss, registros de metamorfismo de alta pressão em condições de retrorretrometamorfismo. E.F. *Geossítio Granulitos Bandados de Apuiarés*: blocos *in situ* de granulitos máficos bandados, com cristais centimétricos de ortopiroxênio, resultantes do metamorfismo de alta temperatura que atingiu a porção nordeste do Domínio Ceará Central há cerca de 600 Ma.

Figura 3 Situações de fragilidade e vulnerabilidade identificadas nos sítios geológicos inventariados no DCC

Situação de Risco: em função das características intrínsecas do sítio			
Características	Ações iniciais		
Rochas friáveis ou com alta densidade de fraturas, ou com estágio avançado de alteração	Sinalizar Proibir pisoteamento Remover vegetação		
Exemplo: Cataclasitos da Falha Rio Groaíras			
Situação de Risco: em função da tipologia			
Características	Ações iniciais		
Pontos e seções de pequenas dimensões	Delimitar a área Sinalizar		
Exemplo: Milonitos de Mombaça			
Situação de Risco: em função da localização			
Características	Ações iniciais		
Sítios localizados em áreas urbanas e cortes de estrada	Delimitar área Comunicar a entidade responsável pela rodovia		
Exemplo: Gnaiss Tonalítico de Mombaça			
Situação de Risco: em função das atividades antrópicas			
Características	Ações iniciais		
Sítios localizados em pedreiras, minerações ou áreas com atividades agrícolas	Comunicar o responsável pelo local Delimitar área para preservação		
Exemplo: Gnaiss Milonítico de Quixadá			

direcionados para diversos usos educativos, adaptados a diversos níveis de ensino. Por exemplo, o geossítio Inselbergue Pedra do Cruzeiro, que obteve a maior pontuação na avaliação do potencial uso educativo, pode ser utilizado como exemplo didático para o estudo de rochas ígneas, bem como para a compreensão do desenvolvimento de processos de formação de diferentes feições de relevo em fácies graníticas e de processos de dissolução diferencial, como caneluras de dissolução (Figura 4).

A avaliação quantitativa do potencial uso turístico permitiu selecionar quais geossítios seriam

mais promissores para integrar um roteiro baseado em geoturismo, ou alguma estratégia de interpretação geológica da região. Os sítios que obtiveram as maiores pontuações apresentam características cênicas superlativas relacionadas à composição da paisagem, além de associações com valores ecológicos e/ou culturais, principalmente de cunho histórico/arqueológico ou relacionados ao patrimônio imaterial, como lendas, identidade cultural e atividades religiosas e esportivas. O sítio de geodiversidade Pedra do Frade, por exemplo, reúne conjunto paisagístico formado por um maciço residual cristalino (Maciço

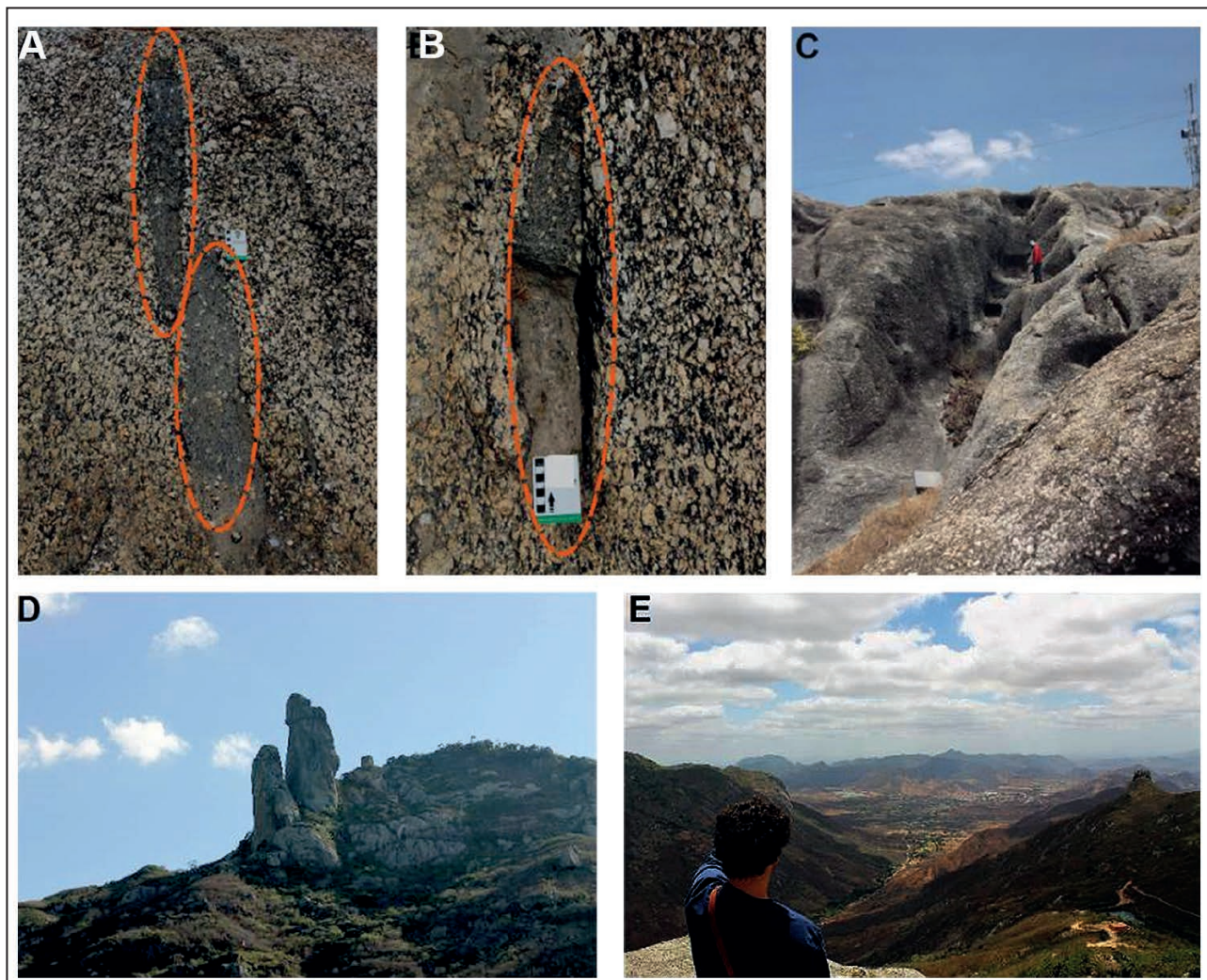


Figura 4 Exemplo de elementos da geodiversidade com potencial para uso educativo do geossítio Inselbergue Pedra do Cruzeiro. A. Xenólitos máficos no corpo granítico. B. Microbacias de dissolução formadas por dissolução diferencial a partir do xenólito. C. Estágio de dissolução com desenvolvimento de caneluras. Exemplo de uso turístico do sítio de geodiversidade Pedra do Frade. D. Pico granítico que dá nome ao local embriado no topo do maciço de Uruburetama. E. Vista panorâmica da paisagem do semiárido cearense a partir do mirante localizado na base da geoforma.

de Uruburetama), pelo vale na base do maciço e diversas geoformas. A geoforma que dá nome ao local se destaca no topo do maciço e foi adotada com símbolo do município de Itapajé (CE), onde existem contos populares a respeito de sua formação (Figura 4).

4.3 Sítios Geológicos Prioritários nas Estratégias de Geoconservação

Ainda que a avaliação quantitativa do valor científico e dos potenciais usos tenha entre seus objetivos gerar um ordenamento entre os sítios geológicos inventariados, a avaliação das prioridades de proteção possibilita identificar quais sítios devem receber as primeiras ações e recursos para sua conservação, tendo em vista seus valores, usos potenciais e riscos de degradação (Garcia-Cortés & Carcavilla, 2009). Considerando o valor científico do inventário, a metodologia de avaliação aplicada no GEOSIT indicou como prioritários os geossítios que também apresentaram elevado valor científico. Para os demais valores (educativo e turístico), a avaliação da prioridade de proteção não foi suficiente para apontar de maneira objetiva quais os geossítios deveriam ser priorizados.

Uma vez que a avaliação é resultante da soma entre o potencial uso e o risco de degradação, muitos geossítios foram considerados prioritários somente por seu elevado risco de degradação, o que não é suficiente para justificar posições de prioridade nas estratégias de geoconservação. Entre os 10 geossítios prioritários para proteção de interesse turístico, por exemplo, apenas o 10º colocado obteve potencial uso turístico relevante, e sete obtiveram pontuações abaixo de 200 pontos neste quesito. A conservação de um sítio geológico com valor educativo ou turístico somente se justifica se estes locais forem efetivamente utilizados como recurso para estes fins (Brilha, 2016).

Não obstante a avaliação das prioridades de proteção do GEOSIT considerar a mesma importância para o risco de degradação e o interesse do geossítio, o método de Garcia-Cortés & Carcavilla (2009), utilizado como base para o GEOSIT, aponta para a necessidade de garantir maior importância

ao interesse do lugar do que ao seu risco de degradação. Em vista disto, para direcionar as ações de valorização e proteção a geossítios com efetivo potencial de uso, o ordenamento das prioridades foi revisto, considerando apenas os geossítios com potencial uso acima de 250 pontos. Desta forma, estabeleceu-se um novo ordenamento de geossítios prioritários para a geoconservação, considerando os diferentes usos (Figura 5). Esta nova abordagem classificou 14 sítios prioritários para a educação e 08 sítios prioritários para o geoturismo (Tabela 5).

Embora na avaliação do potencial uso turístico, os geossítios Quartzo Diorito de Tapera e Biotita Monzogranito do Camará tenham obtidos 255 e 250 pontos, respectivamente, eles foram desconsiderados para futuras estratégias de geoturismo na região. Estes geossítios não apresentam nenhuma característica intrínseca que justifique o uso para este fim e obtiveram altas pontuações devido à boa avaliação que apresentaram nos critérios de acessibilidade, localização, condições de observação e infra-estrutura.

A partir da análise dos sítios prioritários, quatro áreas foram delimitadas para desenvolvimento de futuras estratégias de geoconservação no DCC, considerando os critérios: *i)* presença de sítios prioritários (geossítios ou sítios de geodiversidade) para uso educativo e turístico, *ii)* presença de geossítios com prioridade de proteção científica em curto prazo e; *iii)* regiões de planejamento definidas no Estado do Ceará pela Lei Complementar nº 154/2015 (Figura 6).

Com bases nestes critérios, estas áreas se adequam às unidades territoriais já amplamente difundidas para a geoconservação, como aquelas adotadas para a criação dos geoparques mundiais da UNESCO. Borba (2017) adotou método similar para delinear áreas para a criação de um geoparque em Caçapava do Sul (RS), reiterando a importância da abordagem territorial nas estratégias de geoconservação. Embora a criação de geoparques não seja objeto do presente estudo, o recorrente sucesso desta iniciativa justifica a aplicação de suas premissas para respaldar estratégias de geoconservação em áreas extensas, como o DCC.

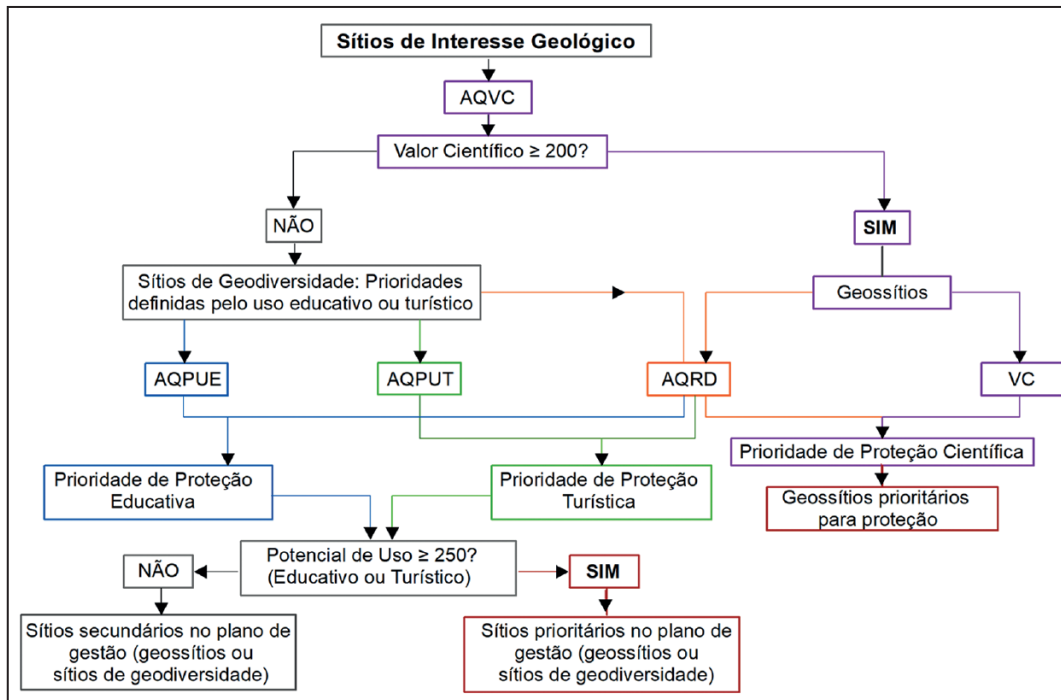


Figura 5 Fluxograma do processo de seleção e definição dos sítios prioritários a partir do método GEOSSIT. AQVC: Avaliação Quantitativa de Valor Científico, AQRD: Avaliação Quantitativa do Risco de Degradação, AQPUE: Avaliação Quantitativa do Potencial de Uso Educativo, AQPUE: Avaliação Quantitativa do Potencial de Uso Turístico.

Geossítios Prioritários para Educação	PUE	Ranking PPE/GEOSSIT	Nova Posição
Granito Quixadá	280	2º	1º
Campo de Inselbergues de Quixadá	325	8º	2º
Inselbergue Pedra do Cruzeiro	335	11º	3º
Gruta Casa de Pedra	295	14º	4º
Furna dos Ossos	275	15º	5º
Serra do Barriga	290	16º	6º
Inselbergues de Irauçuba	300	22º	7º
Suíte Madalena	300	23º	8º
Granito Quixeramobim	265	36º	9º
Pedra do Frade	300	40º	10º
Megaxenólitos de Metassedimentos de Juatama	280	45º	11º
Sienogranito do Complexo Anelar de Quintas	270	47º	12º
Serra do Pajé	280	51º	13º
Pico Serra Branca	290	52º	14º
Geossítios Prioritários para Geoturismo	PUT	Ranking PPT/GEOSSIT	Nova Posição
Campo de Inselbergues de Quixadá	310	10º	1º
Inselbergue Pedra do Cruzeiro	320	12º	2º
Gruta Casa de Pedra	275	16º	3º
Furna dos Ossos	255	18º	4º
Serra do Barriga	250	23º	5º
Inselbergues de Irauçuba	250	33º	6º
Pedra do Frade	275	39º	7º
Pico Serra Branca	260	51º	8º

Tabela 5 Sítios Geológicos prioritários para as estratégias de geoconservação direcionadas ao uso educativo e turístico dos geossítios. Potencial Uso Educativo (PUE), Potencial Uso Turístico (PUT). Prioridades de proteção educativa (PPE) e turística (PPT).

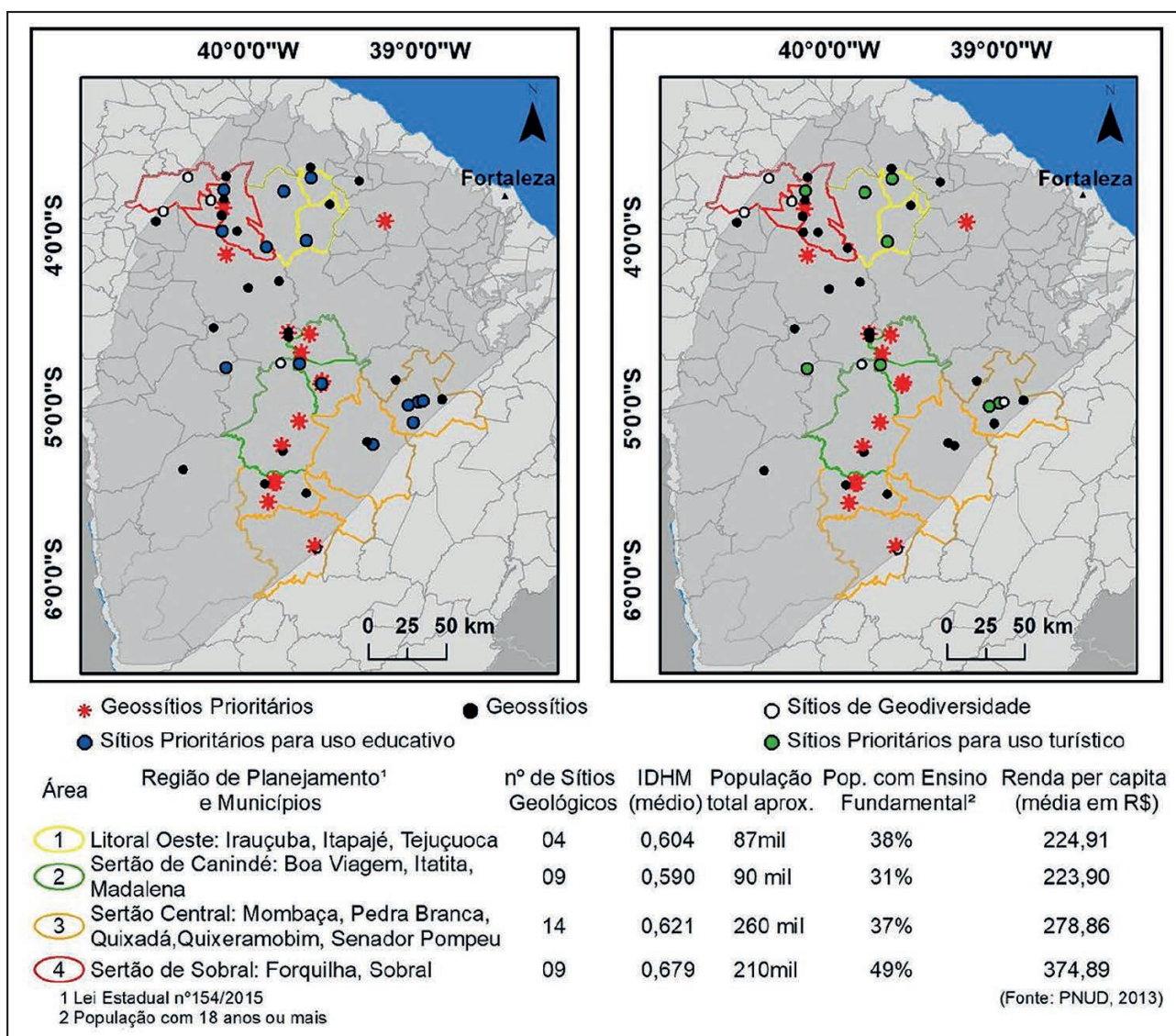


Figura 6 Áreas prioritárias para o desenvolvimento de estratégias de geoconservação no Domínio Ceará Central e localização dos geossítios, sítios de geodiversidade e sítios prioritários para proteção educativa e uso educativo e turístico

5 Conclusões

A avaliação quantitativa do patrimônio geológico do Domínio Ceará Central permitiu definir as prioridades de proteção dos sítios geológicos, tanto para a proteção e promoção do valor científico, como para destacar os sítios prioritários nas estratégias de desenvolvimento sustentável, com base no potenciais usos educacional e turístico. Ficou demonstrado que o patrimônio geológico do DCC contempla geossítios de relevante valor científico, o que justifica a conservação destes locais pela sua relevância para as geociências, tanto do ponto de vista da his-

tória da geologia, como para a formação de novos profissionais. Com relação ao risco de degradação, a avaliação possibilitou caracterizar situações de fragilidade e vulnerabilidade que podem auxiliar no delineamento de ações direcionadas para a proteção dos diversos sítios geológicos do DCC. No entanto, é necessário que cada um dos casos seja avaliado individualmente, considerando todas as situações de risco associadas.

As feições geomorfológicas foram preponderantes para a avaliação do potencial uso educativo e

turístico, sobretudo por estas características influenciarem positivamente critérios como vulnerabilidade, beleza cênica e condições de observação. Apesar do conjunto inventariado apresentar potencial uso educativo moderado, os geossítios podem ser utilizados em diversos níveis de ensino, sendo relevante para a formação de futuros profissionais em geociências no nordeste do Brasil. O potencial uso turístico também se apresenta moderado, com destaque para alguns locais já utilizados como atrativos turísticos ou áreas recreativas. No entanto, as estratégias de geoconservação podem ser aplicadas para divulgar e valorizar os geossítios junto das comunidade locais do município e áreas adjacentes.

A avaliação das prioridades de proteção obtidas pelo GEOSSIT foi satisfatória no que concerne ao valor científico dos diversos sítios geológicos. Com respeito aos interesses educativos e turísticos, alguns sítios classificados como prioritários não obtiveram relevante potencial de uso. Em vista disso, este trabalho apresentou a revisão das prioridades, considerando somente os sítios com alto potencial de uso. Uma das áreas identificadas pela avaliação dos sítios prioritários será selecionada para o desenvolvimento de uma proposta detalhada de geoconservação para o patrimônio geológico do DCC.

Espera-se que este trabalho contribua tanto para o aprimoramento das metodologias utilizadas na plataforma GEOSSIT, quanto para a composição de um futuro inventário nacional de sítios geológicos.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mobilidade acadêmica Programa PDSE/Processo nº 88881.132168/2016-01 concedida a primeira autora.

7 Referências

- Almeida, A.R.; Ulbrich, H.G.J. & McReath, I. 1999. O Batólito Quixadá: petrologia e geoquímica. *Rev. Geologia*, 12: 29-52.
- Amaral, W.S.; Santos, T.J.S.; Wernick, E.; Nogueira, Neto J.A.; Dantas, E.L. & Matteini, M. 2012. High-pressure granulites from Cariré, Borborema Province, NE Brazil: Tectonic setting, metamorphic conditions and U–Pb, Lu–Hf and Sm–Nd geochronology. *Gondwana Research*, 22:892-909.
- Borba, A.W. 2017. Um Geopark na região de Caçapava do Sul (RS, Brasil): Uma discussão sobre viabilidade e abrangência territorial. *Geographia Meridionalis*, 3(1): 104-133.
- Brilha, J. 2016. Inventory and Quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage* 8(2): 119-134
- Brilha, J. 2005. *Patrimônio Geológico e Geoconservação: A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga: Palimage Editores, 190 p.
- Brito Neves, B.B.; Campos Neto, M. & Fuck, R.A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brazilian-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22(3):155-166.
- Burek, C.V. & Prosser, C.D. 2008. The history of geoconservation: an introduction. In: C.V. BUREK & C.D. PROSSER (Ed.). *The History of Geoconservation: Special Publication*. Geological Society, London, p. 1-5.
- Carcavilla, L.U.; López-Martínez, J. & Durán, J.J. 2007. *Patrimônio Geológico y Geodiversidad: investigación, conservación y relación con los espacios naturales protegidos*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 360 p.
- Castro, N.A.; Araújo, C.E.G.; Basei, M.A.S.; Osako, L.S.; Nutman, A.A. & Liu, D. 2012. Ordovician A-type granitoid magmatism on the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. *J. South American Earth Sciences*, 36:18-31.
- Cavalcante, J.C.; Vasconcelos, A.M.; Medeiros, M.F.; Paiva, I.P.; Gomes, F.; Cavalcante, S.N.; Cavalcante, J.C.; Melo, A. C.R.; Duarte, Neto V.C. & Benevides, H.C. 2003. Mapa geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000. Fortaleza, Secretaria das Minas e Energia, CPRM.
- Fassoulas, C.; Mouriki, M.; Dimitriou-Nikolalis, P. & Iliopoulos, G. 2012. Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management. *Geoheritage*, 4(3):177-193.
- Fetter, A.H.; Santos, T.J.S.; Van Schmus, W.R.; Hackspacher, P.C.; Brito Neves, B.B.; Arthaud, M.H.; Nogueira Neto, J.A. & Wernick, E. 2003. Evidence for neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6(2): 265-273.
- Fetter, A.H.; Van Schmus, W.R.; Santos, T.J.S.; Nogueira Neto, J.A. & Arthaud, M.H. 2000. U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE-Brazil: Implications for the existence of the paleoproterozoic supercontinent “Atlantica”. *Brazilian J. Geology*, 30: 102-106.
- García-Cortés, A & Carcavilla, L.U. 2009. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG)*. 2. ed. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 64 p. Versão de18-07-2013.
- Henriques, M.H.; Reis, R.P.; Brilha, J. & Mota, T. 2011. Geoconservation as an Emerging Geoscience. *Geoheritage*, 3(2): 117-128.
- Lima, E.R.; Rocha, A.J.D. & Schobbenhaus, C. 2012. GEOS-

- SIT: Uma ferramenta para o Inventário de geossítios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, Santos, 2012., *Anais da Soc. Bras. Geol.*, s/n.
- Lima, L.C.; Moraes, J.O. & Souza, M.J.N. 2000. *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Fortaleza, FUNECE, 268 p.
- Maia, R.P.; Bezerra, F.H.R. & Sales, V.C. 2010. Geomorfologia Do Nordeste: Concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. *Rev. Geografia*, 1(1): 6-19.
- Moura, P.; Garcia, M.G.M.; Brilha, J. & Amaral, W.S. 2017. Conservation of geosites as a tool to protect geoheritage: the inventory of Ceará Central Domain, Borborema Province - NE/Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(4): 2625-2645.
- Ólafsdóttir, R. & Dowling, R. 2013. Geotourism and Geoparks—A Tool for Geoconservation and Rural Development in Vulnerable Environments: A Case Study from Iceland. *Geoheritage*, 6(1):71-87.
- Pereira, R.F. & Brilha, J. 2010. Proposta de quantificação do patrimônio geológico da Chapada Diamantina (Bahia, Brasil). *Geosciences On-line Journal*, 18(8):1-4.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 2013. *Atlas do desenvolvimento humano do Brasil*. Brasília, PNUD, IPEA, FJP. 96p. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>. Acesso em: 18.ago.2015 e 29.jun.2016.
- Reynard, E.; Fontana, E.; Kozlik, L. & Scapozza, C. 2007. A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3):148- 158.
- Rocha, A.J.D.; Lima E. & Schobbenhaus, C. 2016. Aplicativo GEOSIT – nova versão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, Porto Alegre, 2016. *Anais da Soc. Bras. Geol.*, p. 6389.
- Romão, R.M.M. & Garcia, M.G.M. 2017. Initiatives of Inventory and Quantification of Geological Heritage in Brazil: an overview. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(2): 250-265.
- Sales, V.C. & Peulvast, J.P. 2007. Evolução morfoestrutural do revelo da margem continental do estado do Ceará, nordeste do Brasil. *Caminhos de Geografia*, 7(20): 1-21.
- Santos, T.J.S; Garcia, M.G.M.; Amaral, W.S.; Caby, R.; Wernick, E.; Arthaud, M.H.; Dantas, E.L. & Santosh, M. 2009. Relics of eclogite facies assemblages in the Ceará Central Domain, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 15(3-4): 454-470.
- Schobbenhaus, C.; Rocha, A.J.D.; Winge, M. & Lima, E. 2015. Inventário de Sítios do Patrimônio Geológico do Brasil. In: GEOBRHERITAGE-SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, III, Lençóis, 2015. *Anais*, 468-471p.
- Zouros, N.C. 2005. Assessment, protection and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece. *Géomorphologie*, 3: 227-234.