

GEOPARQUES DO BRASIL

# GEOPARQUE VALE DAS ÁGUAS

- MARANHÃO -

*proposta*



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



GEOPARQUES DO BRASIL

GEOPARQUE VALE DAS ÁGUAS

ESTADO DO MARANHÃO

*proposta*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**MINISTRO DE ESTADO**

Bento Albuquerque

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Alexandre Vidigal de Oliveira

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

José Leonardo Silva Andriotti

**Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Fernando Pereira de Carvalho

**Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

**PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**Departamento de Gestão Territorial – DEGET**

Maria Adelaide Mansini Maia

**Divisão de Gestão Territorial – DIGATE**

Maria Angélica Barreto Ramos

**Coordenação do Projeto Geoparques**

**Coordenação Nacional**

Carlos Schobbenhaus Filho

**Coordenação Regional**

José Sidiney Barros

**Unidade Regional Executora do Projeto Geoparques**

**Residência de Teresina – RETE**

**Chefe da Residência**

Gilberto Antonio Neves Pereira da Silva

**Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

Jean Ricardo da Silva Nascimento

**Assistente de Geologia e Recursos Minerais**

Francisco Rubens de Sousa

**Assistente de Infraestrutura Geocientífica**

Jader Vaz Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL  
PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

**GEOPARQUES DO BRASIL**  
**GEOPARQUE VALE DAS ÁGUAS**  
**ESTADO DO MARANHÃO**  
*proposta*

**AUTORES**

**José Sidiney Barros**

**José Milton de Oliveira Filho**

**Luís Carlos Bastos Freitas**

Serviço Geológico do Brasil - CPRM



**SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM**

2019



# SUMÁRIO

---

RESUMO / ABSTRACT.....	7
<b>1</b> INTRODUÇÃO .....	8
<b>2</b> LOCALIZAÇÃO .....	9
<b>3</b> CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO GEOPARQUE.....	10
3.1 Carolina: O portão de entrada do polo turístico Chapada das Mesas .....	10
3.2 Caracterização Geológica Regional .....	12
3.2.1 Caracterização Física do Território .....	12
<b>4</b> A GEOLOGIA DO GEOPARQUE: DESCRIÇÃO GERAL DO VALE DAS ÁGUAS .....	29
4.1 Permo-Triássico da Bacia do Parnaíba na Região do Vale das Águas .....	30
4.1.1 Formação Pedra de Fogo .....	30
4.1.1.1 Estrutura de Impacto de Riachão .....	34
4.1.2 Formação Motuca .....	38
4.1.3 Formação Sambaíba.....	40
4.1.3.1 Gravuras Rupestres: Pesquisas Arqueológicas .....	51
4.1.4 Formação Mosquito .....	55
<b>5</b> GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	60
<b>6</b> CADASTRO E QUALIFICAÇÃO DOS GEOSÍTIOS E SÍTIOS DA GEODIVERSIDADE .....	72
<b>7</b> INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE A PROPOSTA .....	73
<b>8</b> MEDIDAS DE PROTEÇÃO .....	77
BIBLIOGRAFIA.....	77



---

Cenário dominante no Vale das Águas. Morro do Chapéu com vista a partir do Portal da Chapada. Foto B: Acervo particular dos autores.

## RESUMO

O inventário do patrimônio geológico da região do Vale das Águas distribui-se por terrenos dos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, onde está localizado o Parque Nacional Chapada das Mesas, na mesorregião Sul do Maranhão, e inserido na unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2006) de Chapadas e Planos do Rio Farinha, situada na divisa dos estados do Maranhão e Tocantins, e caracteriza essa região pelo seu conjunto de formas de relevo paisagístico com forte atrativo geoturístico. A geologia tem uma estreita e definidora relação com a região, imprimindo suas características e feições na identificação, até de modo localizado, das paisagens que individualizam a área, como as mesas e mesetas, e que estão contidas no nome do próprio Parque Nacional Chapada das Mesas. Esses morros testemunhos e serras, com altitudes entre os 120m e 640 m, são feições herdadas da geologia, constituídas predominantemente de rochas paleozóicas e mesozoicas da Província Sedimentar do Meio Norte onde estão expostas rochas das formações Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba e Mosquito. Sob esse ponto de vista, um dos intervalos mais importantes e ainda pouco estudado e conseqüentemente pouco conhecido é o Permo-Triássico, quanto à influência dos eventos desse período na sedimentação da Bacia, inclusive os catastróficos globais bem registrados em feições de impactos de meteorito e vulcanismo. O Permo-Triássico na área inventariada é representado pelas formações Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, com diferenças significativas litológicas, paleontológicas e paleoambientais. A história de formação do relevo e da paisagem no Vale das Águas é responsável pela presença de extensas superfícies de aplainamento com o lençol freático relativamente raso e volumoso. A região apresenta como característica particular o desenvolvimento de diversas feições cársticas, como cavernas, abrigos e dolinas em arenito associadas predominantemente às formações Sambaíba e Mosquito.

---

**Palavras-chave:** Geoparque, Permo-Triássico, mesetas, chapadas, carste

---

## ABSTRACT

The inventory of the geological heritage of the Vale das Águas region is distributed through lands in the municipalities of Carolina, Estreito and Riachão, where the Chapada das Mesas National Park is located, in the southern Maranhão mesoregion, and is part of the geomorphological unit called the IBGE (2006) of Chapadas e Planos do Rio Farinha, located on the border of the states of Maranhão and Tocantins, and characterizes this region by its set of forms of landscape relief with a strong geotouristic attraction. Geology has a narrow and definitive relationship with the region, and its characteristics and features are printing in the identification of the landscapes that individualize the area, such as tables and plateaus, which are contained in the name of the Parque Nacional Chapada das Mesas. These testimonial hills and mountain ranges, with altitudes between 120m and 640m, are inherited features of geology, consisting predominantly of Paleozoic and Mesozoic rocks of the Província Sedimentar do Meio Norte where rocks of the Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba and Mosquito formations are exposed. From this point of view, one of the most important and still little studied intervals, and consequently little known, is the Permo-Triassic, as to the influence of the events of that period on the sedimentation of the Basin, including the well-recorded global catastrophic events in meteorite and volcanism. The Permo-Triassic in the inventoried area is represented by the Pedra de Fogo, Motuca and Sambaíba formations, with significant lithological, paleontological and paleoenvironmental differences. The history of relief and landscape formation in the Valley of Waters is responsible for the presence of extensive planing surfaces with the relatively shallow and voluminous water table. The region has as a particular feature the development of several karst features, such as sandstone caves, shelters and dolines associated predominantly with the Sambaíba and Mosquito formations.

---

**Keywords:** Geopark, Permo-Triassic, plateaus, "chapadas", carst

---

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Geoparque do Serviço Geológico do Brasil – CPRM procura, segundo as prerrogativas definidas para este tipo de unidade e contemplando a geodiversidade local, identificar, classificar, descrever, catalogar, georreferenciar e divulgar inventários do patrimônio geológico que possam subsidiar futuras propostas de geoparques no Brasil e, paralelamente, sugerir e definir diretrizes para o desenvolvimento sustentável da região. Cumprindo esses preceitos, este Inventário do Patrimônio Geológico de uma extensa área da região sul do Maranhão, faz um levantamento e diagnóstico para embasar proposta de criação do Geoparque Vale das Águas em terrenos dos municípios de Carolina, Riachão e Estreito, identificados regionalmente como Chapada das Mesas com relevo individualizado nas formas de Planalto Dissecado do Médio Tocantins (162,90 km<sup>2</sup>), Depressão do Médio Tocantins (1.309,25 km<sup>2</sup>) e Planícies Fluviais (119,40 km<sup>2</sup>).

As unidades Geoparques da UNESCO compreendem áreas únicas e unificadas de significado geológico local, regional, nacional e internacional, numa visão holística de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Combinar conservação, educação e geoturismo com desenvolvimento sustentável tem sido o diferencial desta nova modalidade de proteção ambiental, que prioriza determinadas características fundamentais para o bom desempenho de um Geoparque Global da UNESCO como possuir um patrimônio geológico de valor internacional gerido por organismo com existência legal reconhecida pela legislação nacional com promoção e visibilidade do desenvolvimento sustentável na sua ação mais forte que é o geoturismo e trabalhando em conjunto com outros geoparques e parceiros internacionais. Com área suficiente para incluir diversos e diversificados geossítios ou sítios de geodiversidade a serem visitados e objeto de pesquisa científica devem, no seu conjunto, fornecer informações e registros importantes da e para a história geológica da região e/ou do Planeta Terra, sendo diferenciados pela extraordinária beleza cênica. Como resultado deve-se proporcionar uma perfeita sinergia entre geodiversidade, biodiversidade, cultura local e regional materializada através do patrimônio histórico e cultural possibilitando uma diversidade de temas que não apenas os geológicos e que podem despertar e satisfazer interesse outros, como um mais valia para a área, podendo ser citados os sítios de valor ecológico, arqueológico, histórico, cultural e social.

Resumidamente, um Geoparque tem como contribuição para a geodiversidade promover a conservação de aspectos de relevância e significado geológico, nomeadamente aqueles que contemplem as rochas mais representativas, recursos minerais, fósseis, paisagens e formas de relevo gerando um campo de uso e aplicação das mais diferentes disciplinas geocientíficas.

Por atender e englobar todos esses requisitos, a área estudada, situada numa zona de transição cerrado-caatinga-floresta e denominada na literatura especializado como ecótono, apresenta, para além dos temas já citados, uma rica diversidade de flora e fauna dos três Biomas e sítios arqueológicos com gravuras rupestres representativos de antigos e primeiros habitantes da região. Essas particularidades da área conferem-lhe um valor agregado que fortalece o potencial natural para a criação do Geoparque Vale das Águas. Outro diferencial da área está relacionado à inclusão do território do Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), com seus 159.953,78 hectares e criado pelo Dec s/nº de 12 de dezembro de 2005 como unidade de proteção integral, fornecer instrumento legal para a proteção daqueles geossítios mais sensíveis e que necessitem desta ação para evitar a sua destruição e/ou comprometimento das suas características, particularidades e importância histórica.

O conhecimento estratigráfico da Bacia do Parnaíba tem sido adquirido a partir de campanhas de pesquisa pelas companhias de petróleo em finais do século passado, principalmente pela PETROBRÁS (GÓES *et al.*, 1990; GÓES & FEIJÓ, 1994), o que tem permitido sua revisão nomeadamente quanto à acumulação de hidrocarbonetos. Alguma contribuição tem sido dada pelas instituições de ensino superior que, juntos, têm permitido conhecer algumas particularidades de sua história sedimentar.

Sob esse ponto de vista, um dos intervalos mais importantes e ainda pouco estudado e conseqüentemente pouco conhecido é o Permo-Triássico, quanto à influência dos eventos desse período na sedimentação da Bacia, inclusive os catastróficos globais bem registrados em feições de impactos de meteorito e vulcanismo. Como último período da Era Paleozóica, o Permiano (298 a 252 Ma) representa as modificações globais impostas ao planeta na passagem para a Era Mesozóica de condições extremas que culminaram com a mais significativa extinção em massa jamais registrada na Terra (KOEBERL *et al.* 2004; KIEHL & SHIELDS 2005; MEYER *et al.* 2008; SEPHTON *et al.* 2009) durante um dos períodos do tempo geológico mais importantes onde se deu a formação do

último supercontinente Pangéa resultado da colisão entre o Gondwana e Laurásia (GOLONKA & FORD 2000). O Permiano tem o seu final caracterizado pela instalação dos sistemas desérticos e das bacias evaporíticas, eventos que na passagem para o Triássico têm ação conjunta aos soerguimentos e forte magmatismo básico que marcou o supercontinente Gondwana. Essas condições continentais estão presentes até o Jurássico e EoCretáceo, período esse de grande importância geológica para o planeta Terra pois coincide com o de ruptura e separação do Gondwana cuja feição mais representativa foi a formação do *rift* correspondente à atual Cadeia Mesoatlântica (ZALÁN, 1991 *apud* Góes & Feijó, 1994). A elevação das áreas centrais do supercontinente Pangéa imprime mudanças bruscas na paleogeografia, aqui representadas pelo recuo gradual do mar resultando em forte aridez e deslocamento do semiárido para os polos (PARRISH *et al.*, 1986; ROBINSON, 1973; ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001). Sob tais condições, depósitos eólicos, *red beds* lacustres salinos, evaporitos, planícies de *sabkhas* costeiros e continentais e rios efêmeros tiveram condições propícias para instalação e desenvolvimento.

Evidências de impactos extraterrestres no supercontinente Pangéa constam da literatura, descritas como de ocorrências na Austrália, Antártica, China e Brasil,

manifestadas a partir de anomalias de elementos siderófilos e do grupo da platina (irídio e ósmio), grãos de quartzo e brechas intraformacionais (CHIFANG, 1992; BICE, 1992; KERR, 1996; RETALLACK *et al.*, 1998, KOERBERL *et al.*, 2004).

As formações Motuca e Sambaíba, para além dos seus depósitos siliclásticos e evaporíticos registram as mudanças paleogeográficas e paleoclimáticas de efeito global como indicativo da significativa fase de continentalização do supercontinente Pangéa (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001; KELLER, 2005).

## 2. LOCALIZAÇÃO

O inventário do patrimônio geológico da região do Vale das Águas distribui-se por terrenos dos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, onde está localizado o Parque Nacional Chapada das Mesas, na mesorregião Sul do Maranhão. O acesso principal é feito pela BR-230. O território da Chapada das Mesas que deu nome ao PARNA está inserido na unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2006) de Chapadas e Planos do Rio Farinha, situada na divisa dos estados do Maranhão e Tocantins, e caracteriza essa região pelo seu conjunto de formas de relevo paisagístico com forte atrativo geoturístico (Figura 1).

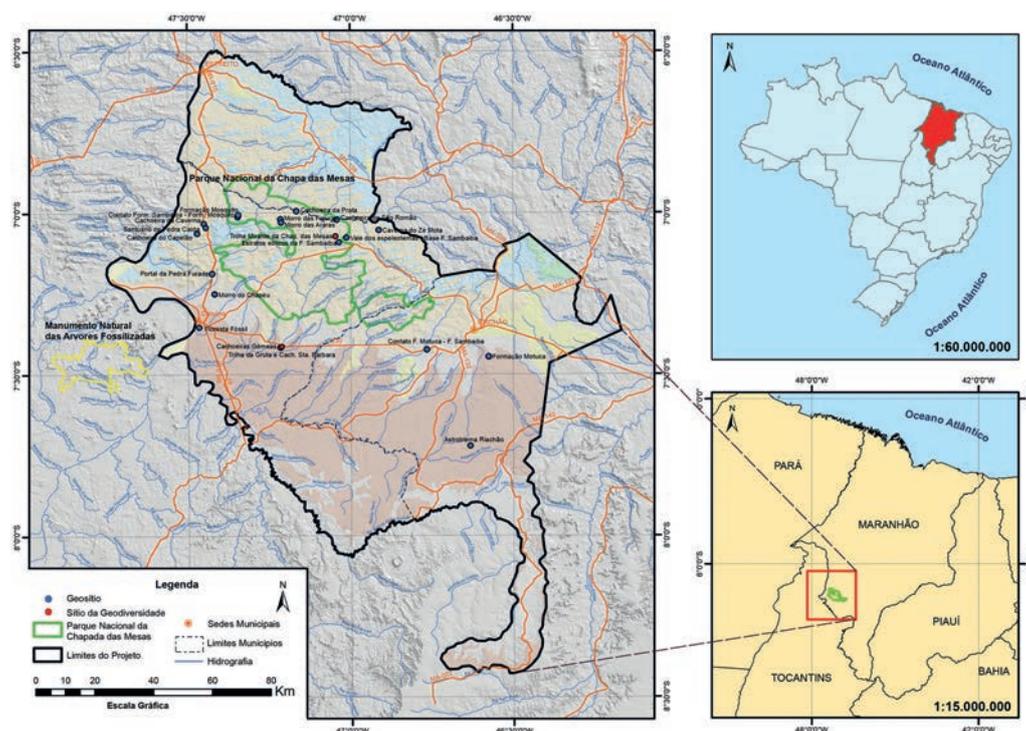


Figura 1 – Mapa de localização da área.

Existe uma unidade de conservação na zona de influência da área inventariada: o Parque Nacional Chapada das Mesas criado pelo Dec s/nº de 12 de dezembro de 2005 com o objetivo básico de preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação e de turismo ecológico.

A vegetação que compõe as fitofisionomias encontradas no PARNA Chapada das Mesas está inserida, na sua maioria, nos domínios do Cerrado que se conecta com manchas de Floresta e Caatinga conferindo à região uma característica própria e identificadora com seus vales e mares de morros (Figura 2).



**Figura 2** – Paisagem típica das Chapadas e Planos do Rio Farinha: em primeiro plano o Morro das Sete Mulheres, com rio Tocantins ao fundo. Vista do Portal da Chapada. Foto: Acervo cedido de Marcelo Assub.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO GEOPARQUE

#### 3.1. CAROLINA: O PORTÃO DE ENTRADA DO POLO TURÍSTICO CHAPADA DAS MESAS

A área inventariada do Vale das Águas compreende terrenos dos municípios de Carolina, Riachão e Estreito, localizados na região sul do estado do Maranhão. O município de Estreito tem uma área de 2.718,978 km<sup>2</sup>, uma população de 41.455 habitantes (IBGE, 2017), limitando-se com os municípios de Porto Franco, Carolina e Aguiarnópolis. Riachão, antigo distrito de Carolina, foi elevado à categoria de vila em 19 de abril de 1833 e instalado em 29 de abril de 1835, com uma área de 6.154,84 km<sup>2</sup>, uma população de 35.206 habitantes, segundo estimativa do IBGE em 2010, tem limites territoriais com Balsas, Carolina,

Feira Nova, Nova Colinas e Campos Lindos – TO e está a 900 km da capital São Luís. Carolina, localizada próximo à divisa com o Tocantins, no Sul do estado do Maranhão, tem seus limites estabelecidos com os municípios de Estreito (MA), Riachão (MA), Feira Nova do Maranhão (MA), São Pedro dos Crentes (MA), Darcinópolis (TO), Filadélfia (TO), Goiatins (TO), Barra do Ouro (TO) e Campos Lindos (TO). O seu território ocupa um área de 6.441,603 km<sup>2</sup>, distando 867 km da capital São Luís e funciona com o principal e mais próximo ponto de acesso à região turística estadual conhecida e divulgada pelo governo estadual como “Polo das Águas e Parque Nacional Chapada das Mesas”.

Carolina é o ponto de apoio na região para turistas que podem escolher destinos os mais diversos contemplando aventura, ecologia, história, ciência e banhos refrescantes. Cidade cercada de morros e cachoeiras e que tem como principal atrativo o turismo de aventura, recebeu o nome de Paraíso das Águas e revela através de casarões que ainda estão bem preservados uma história repleta de detalhes importantes, inclusive a nível de história política do país, e que tem no Museu de Carolina, criado muito recentemente, um local próprio e adequado, paralelamente às ruas da cidade, para o encontro com esta parte da história.

O Museu Histórico de Carolina (Figura 3) foi construído no mesmo local de antigas ruínas de um casarão histórico da cidade de 1830, preservando os traços da arquitetura original onde ao visitante é proporcionada a possibilidade de viajar pela história da cidade que no início do século XX foi considerada a Atenas Brasileira diante da riqueza cultural. São mais de 200 anos de tradição, traços ainda bem preservado, traduzido e observado numa simples visita à zona central da cidade onde é possível se deparar com belos casarões do século 19 e construções históricas desse período. Um conjunto de 522 casarios na área central e histórica da cidade foi tombada em 1992 pelo IPHAN, além dos diversos monumentos representativos da história de um tempo colonial (Figura 3).

Os primeiros habitantes chegaram à região por volta de 1809 sob o comando do sertanista Elias Barros, oriundo da Província do Pará para explorar as margens do rio Tocantins com a criação de gado. De início, a resistência oferecida pelos habitantes locais, tribos indígenas, foi muito forte até que em 1832 a nova povoação foi criada com o nome de Vila de São Pedro de Alcântara e em 1859 elevada à condição de cidade. O nome vem em homenagem a Carolina Josefa Leopoldina



**Figura 3** – Carolina histórica: (A) Museu Histórico de Carolina; (B e C) Casarios coloniais; (D) Igreja de São Pedro de Alcântara, de 1864.

Francisca Fernanda de Habsburgo-Lorena, primeira esposa do Imperador D. Pedro I. O acervo do museu contém documento, fotografia e peças doadas pela comunidade e que revelam dados importantes e curiosos da história da cidade, atualmente sob a direção de Hélio Ney Toledo, de tradicional família local. Inserida em um dos capítulos marcantes da história do Brasil, Carolina fez parte do roteiro de um dos movimentos contrário à República Velha, a Coluna Prestes, que em 1925 ali chegou liderada por Juarez Távora um dos principais aliados do comunista Luís Carlos Prestes que não ficou na cidade, seguindo em direção ao Piauí. Ao contrário de outras cidades por onde passaram, os revolucionários não foram tratados como “revoltosos” ocupando um dos sobrados na área central da cidade (Figura 4) e atualmente desativado. O nível cultural da população facilitou o diálogo e levou a que os militares da coluna estabelecessem um acordo com os comerciantes.

Como zona de transição, tensão ecológica ou ecotonal a área apresenta sinais da presença de populações antigas, identificadas através de vestígios em sítios arqueológicos, peças líticas, cemitérios e gravuras rupestres,



**Figura 4** - Casarão do século XIX, detalhe da época do coronelismo do Brasil e local utilizado como residência por soldados da Coluna Prestes em 1925.

demonstrativos da riqueza do patrimônio arqueológico ainda pouco conhecido e pesquisado.

Os Timbiras foram identificados como um dos primeiros grupos a ocuparem o cerrado maranhense, destacando-se como caçadores e coletores, e constituindo o que Nimuendajú (1946) batizou de “pais Timbira”. Ainda segundo este autor, o grupo chegou a ocupar toda a região central e meridional dos cerrados maranhenses

e norte do Tocantins chegando ao leste do rio Parnaíba. O decaimento dessa população deu-se a partir da ocupação do seu território por sertanejos responsáveis pelos primeiros núcleos urbanos cuja atividade principal estava relacionada à criação de gado (CARVALHO, 2011). O município de Pastos Bons tem, segundo Andrade (2008) e a partir do século XVIII, uma ação decisiva como polo de formação de fazendas de gado e que já no início do século XIX reflete-se no surgimento das cidades de Carolina, Riachão, Grajaú e Barra do Corda.

O povo indígena Timbiras, tido como os primeiros habitantes da região, foi posteriormente expulso quando seus territórios foram ocupados pelos colonizadores com suas fazendas de gado. O monumento geológico do Morro do Chapéu, símbolo da paisagem de mesas e mesetas da Chapada das Mesas, é reconhecido como o marco inicial da origem desse povo que hoje distribuem-se nos municípios de Goiatins (*crahô*) e Tocantinópolis (*Apinajê*), ambos no estado do Tocantins, e em Amarante (*Krikati*, *Gavião-Pykobjê*), Barra do Corda (*Canela-Apãnjekra* e os *Canela-Ramkokamekra*) no estado do Maranhão. A criação da Associação *Wyty-Catë*, em 1994, desencadeou um aumento no número de indígenas que procuram a cidade de Carolina e que recebem orientação, apoio e coordenação em conjunto com o Centro de Trabalho Indigenista (CTI).

Em Carolina, a comunidade indígena dominante era a dos Macamecrãs que foi modificada com a chegada dos colonizadores que impuseram uma nova forma de uso e ocupação sem muita interação com o meio ambiente natural. Como exemplo tem-se o caso da utilização de uma das aldeias abandonadas dos Macamecrãs para servir de local de instalação de moradia de um escravizador indígena (CARVALHO, 2011). Estava implantado aí o primeiro núcleo das fazendas de gado e que em 1816 daria lugar ao povoado de São Pedro de Alcântara e posteriormente, em 1836, receberia o nome de Carolina.

## 3.2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL

### 3.2.1. Caracterização Física do Território

A Bacia do Parnaíba tem sua história de deposição estreitamente relacionada aos pulsos tectônicos do ciclo Brasileiro e respectivos estágios de estabilização da plataforma (Almeida & Carneiro, 2004), responsáveis por gerar estruturas grabeniformes subjacentes à Província Parnaíba, mais diretamente ao longo do lineamento Transbrasiliense (GÓES *et al.*, 1990; OLIVEIRA &

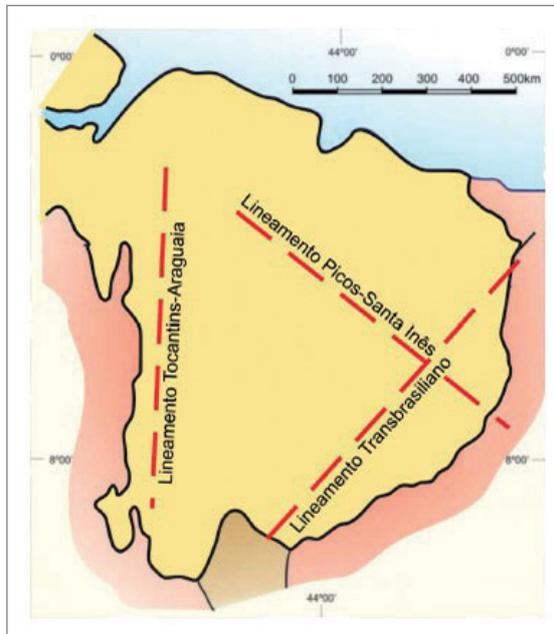
MOHRIAK, 2003; TEIXEIRA *et al.*, 2004), identificadas através de levantamentos geofísicos.

Recoberto uma área aproximada de 600.000 km<sup>2</sup> no nordeste brasileiro e com estratos correlacionados com outras bacias, a exemplo do Gabão e Gana na África, e distribuindo-se por terras dos estados do Piauí, Maranhão e partes dos estados do Pará, Ceará e Tocantins, a Bacia intracratônica e fanerozóica do Parnaíba está localizada na porção norte da Plataforma Sul-Americana com preenchimento sedimentar desde o Ordoviciano-Siluriano ao Cretáceo, apresentando espessura máxima de 3.500 m na região de Carolina/MA (VAZ *et al.*, 2007; MILANI & ZALÁN, 1999; GÓES & FEIJÓ, 1994). A sua individualização é definida pelos limites a leste com a Província Borborema, a oeste com a Província Tocantins e a sul com o Maciço Mediano de Goiás e Bacia Sulfranciscana (MILANI & ZALÁN, 1999).

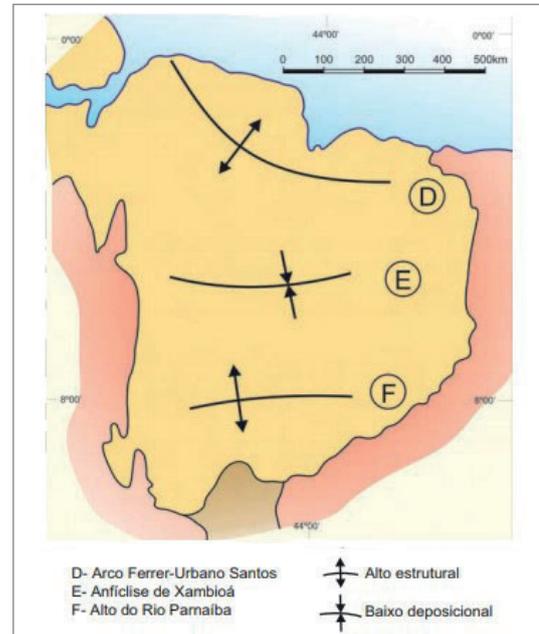
Oliveira & Mohriak (2003) defendem uma origem relacionada a *rifts* precursores pré-cambrianos, atribuindo às zonas de falhas associadas ao Lineamento Transbrasiliense a geração de feições grabeniformes e o controle dos depocentros. O seu desenvolvimento, segundo Cunha (1986), sobre um embasamento continental estruturado, representado por rochas do Ciclo Brasileiro do Cinturão Araguaia-Tocantins, da Faixa Gurupi, dos crátons Amazônico e São Francisco e da Província Borborema, esteve condicionado e delimitado por estruturas geológicas ou altas estruturas: a norte pelo Arco Ferrer-Urbano Santos; a leste, pela Falha de Tauá; a sudeste, pelo Lineamento Senador Pompeu; a oeste, pelo Lineamento Tocantins-Araguaia; e, a noroeste, pelo Arco Tocantins, segundo Góes (1995).

Os lineamentos Transbrasiliense, Picos-Santa Inês e Tocantins-Araguaia (Figuras 5), com localizações esboçadas nas figuras seguintes, estão associadas às principais feições estruturais herdadas do embasamento da Bacia do Parnaíba contribuindo para a sua compartimentação ao longo do Paleozoico (SANTOS & CARVALHO, 2004) e Mesozoico (GÓES, 1995) (Figura 6).

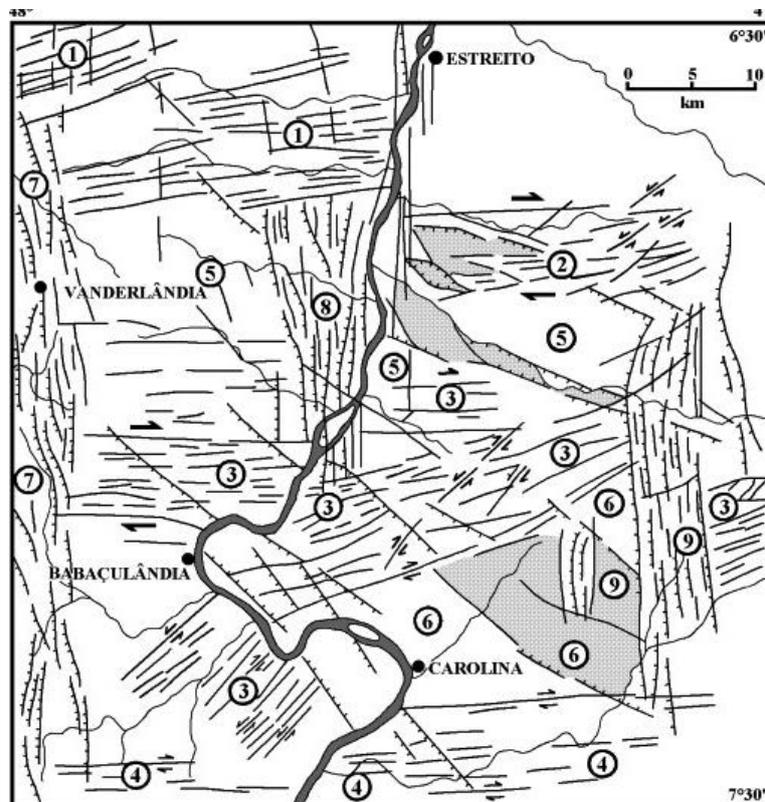
Para as regiões nordeste de Tocantins e sul do Maranhão, Costa *et al.*, (1996) defendem a presença de estruturas neotectônicas incluídas no Cinturão Transcorrente Tinguá-Carolina de direção principal E-W e no Cinturão Distensivo Tocantins-Araguaia com direção preferencial N-S. Para os autores supracitados, tais zonas distensivas correspondem a reativações de falhas normais do Cretáceo relacionadas a movimentos transcorrentes destrais no Neógeno e no Quaternário (Figura 7).



**Figura 5** - Principais feições mofo-estruturais do ciclo brasileiro no Paleozoico da Bacia do Parnaíba. Fonte: Santos & Carvalho, 2004.



**Figura 6** - Estruturas de compartimentação no Mesozoico da Bacia do Parnaíba. Fonte: Góes, 1995.



**Figura 7** - Estruturas neotectônicas maiores das regiões nordeste de Tocantins e sul do Maranhão. Cinturão Tinguá-Carolina: (1) Sistema Transcorrente Mosquito-Curicaca, (2) Sistema Transcorrente Rio Feio, (3) Sistema Transcorrente Carolina-Pedra Caída, (4) Sistema Transcorrente Alto Arraias-Itapecuru, (5) Sistema Transtensivo Campo Alegre-Rio Farinha, (6) Sistema Transtensivo Alto Itapecuru-Carolina. Cinturão Tocantins-Araguaia: (7) Sistema distensivo Vanderlândia, (8) Sistema distensivo Estreito-São José, (9) Sistema distensivo Itaueiras-Rejeitado. Fonte: Costa *et al.*, (1996).

A Província Sedimentar do Meio Norte (Figura 8) compreende as bacias do Parnaíba, do Alpercatas, do Grajaú e do Espigão-Mestre (GÓES, 1995; GÓES & FEIJÓ, 1994; GÓES & COIMBRA, 1996), com ocorrência, na área de estudo, de litologias das duas primeiras bacias. Silva *et al.*, (2003) classificam de IF/IS (Fratura Interior/Depressão Interior) a bacia do Parnaíba e de IF (Fratura Interior) a do Alpercatas (Figura 8).

Com uma área de 70.000 km<sup>2</sup>, a bacia do Alpercatas tem seus *rifts* de direções preferenciais ENE-WSW e NNE-SSW com seqüências jurássicas das formações Pastos Bons e Corda (Grupo Mearim), em contato com litologias ígneas das formações Mosquito e Sardinha. Os basaltos da Formação Mosquito, de exposição na área inventariada, são negros, amigdaloidais, tholeíticos e englobando ou sendo englobados por arenitos da Formação Sambaíba, preferencialmente. Tem idade de 198 Ma (método Ar-Ar) segundo Silva *et al.*, (2003).

*Grabens e rifts* cambro-ordovicianos do embasamento da bacia e de direção norte-sul delimitados através de sondagens e interpretações sísmicas, segundo Góes *et al.*, (1994), podem representar locais onde a espessura pode atingir valores bem mais significativos.

Toda essa deposição é interpretada segundo três seqüências, com limites marcados por discordâncias regionais, correspondendo aos grupos Serra Grande (Ordoviciano-Devoniano Inferior), Canindé (Devoniano Superior-Carbonífero Inferior) e Balsas (Carbonífero Superior-Triássico Inferior). Mudanças estruturais e ambientais significativas marcaram a Bacia do Parnaíba do Carbonífero ao Triássico, período de tempo durante o qual ocorreu a deposição do Grupo Balsas, com mudanças no eixos de deposição até então de direção NE e NW com deslocamento para o centro da bacia. Paralelamente, o sistema predominante de mares abertos passam agora para mares com circulação restrita (GÓES & FEIJÓ, 1994). Ao Grupo Balsas correspondem as



**Figura 8** - Mapa das bacias sedimentares da "Província Sedimentar do Meio Norte". Fonte: GÓES, 1995.

formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, que marcam muito bem um ambiente clástico-evaporítico de mar raso, gradando para ambiente lacustre/desértico (VAZ *et al.*, 2007) e muito bem representadas na área inventariada do patrimônio geológico objeto deste estudo (Figura 9).

A deposição dessa sequência neocarbonífera-eotriássica representa e registra significativas mudanças ambientais e tectônicas que assolaram a Bacia do Parnaíba quando da passagem de ambientes de mares abertos de clima temperado para ambientes de clima quente e árido, com essa sequência representando uma grande regressão à qual foi submetida a bacia e com final correspondendo aos depósitos desérticos da Formação Sambaíba. Nestas condições, a Formação Piauí apresenta arenitos finos a médios com intercalações de folhelhos e calcários; a Formação Pedra de Fogo com intercalações de sílex, calcários com arenitos finos a médios e folhelhos com presença de fósseis vegetais silicificados. As litologias são depositadas em dois ambientes distintos (ANDRADE *et al.*, 2014): marinho raso a litorâneo

com planícies de *sabkha* e continental lacustre com dunas eólicas; a Formação Motuca é representada por siltito vermelho e marrom, arenito branco fino e médio e evaporitos com níveis de calcários, gipsita e anidrita (GÓES & FEIJÓ, 1994), depositados em ambiente continental desértico predominantemente (Figura 10); e a Formação Sambaíba com arenitos vermelhos finos a médios e estratificação cruzada de grande porte (GÓES & FEIJÓ, 1994), posicionada sob os basaltos da Formação Mosquito e caracterizando-se como uma sedimentação em condições fortemente áridas. As rochas magmáticas presentes na bacia e mapeadas neste inventário são representativas do momento de ruptura do supercontinente Pangéa e abertura do Oceano Atlântico, segundo um magmatismo bimodal entre basaltos básicos a basaltos tholeiíticos, na forma de diques e soleiras e extrusivas constituindo duas unidades estratigráficas, Formação Mosquito e Formação Sardinha, com apenas a primeira sendo mapeada e presente na área em estudo (Figura 10).

Para a evolução da Bacia do Parnaíba, Costa *et al.*, (1991) admitem dois eventos tectônicos extensionais

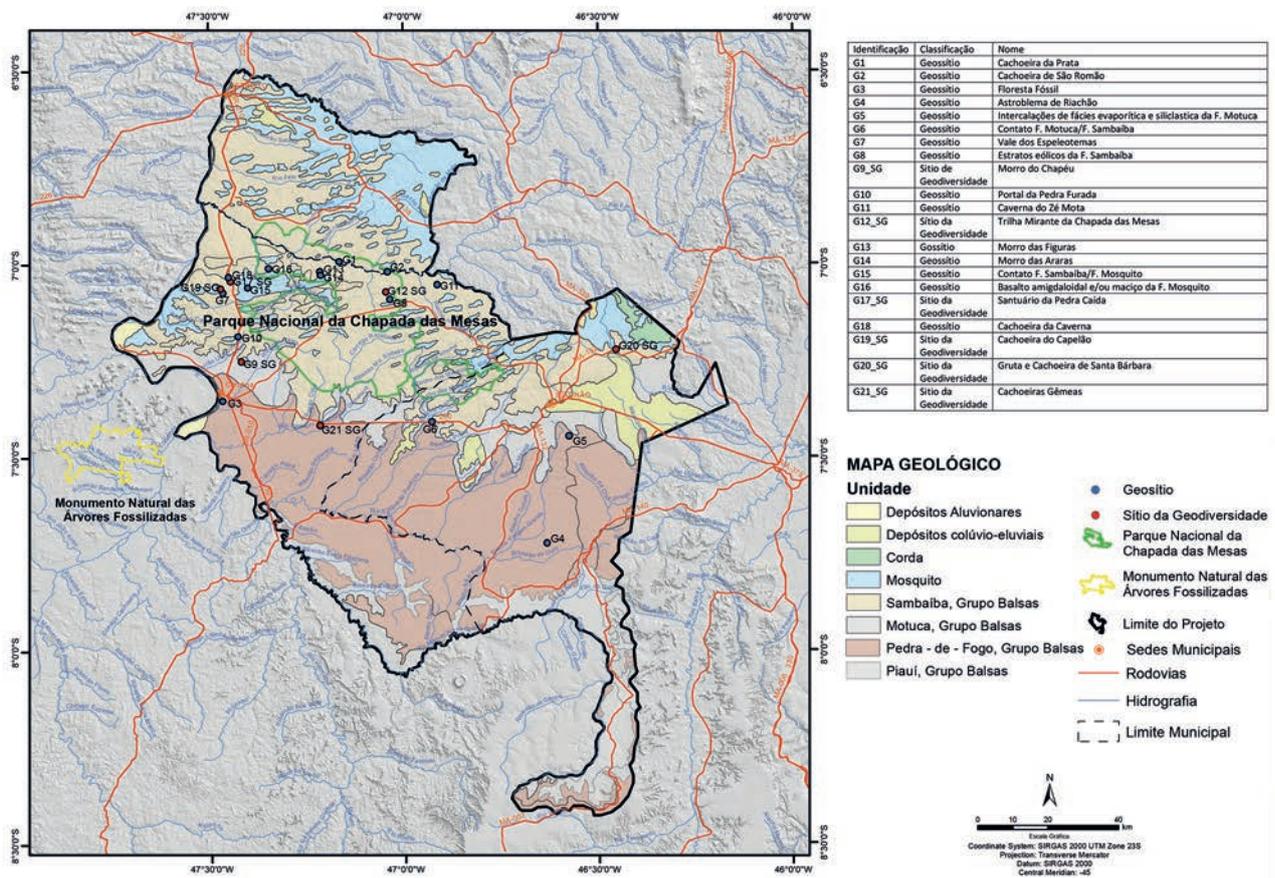


Figura 9 - Mapa Geológico da área inventariada para o Vale das Águas

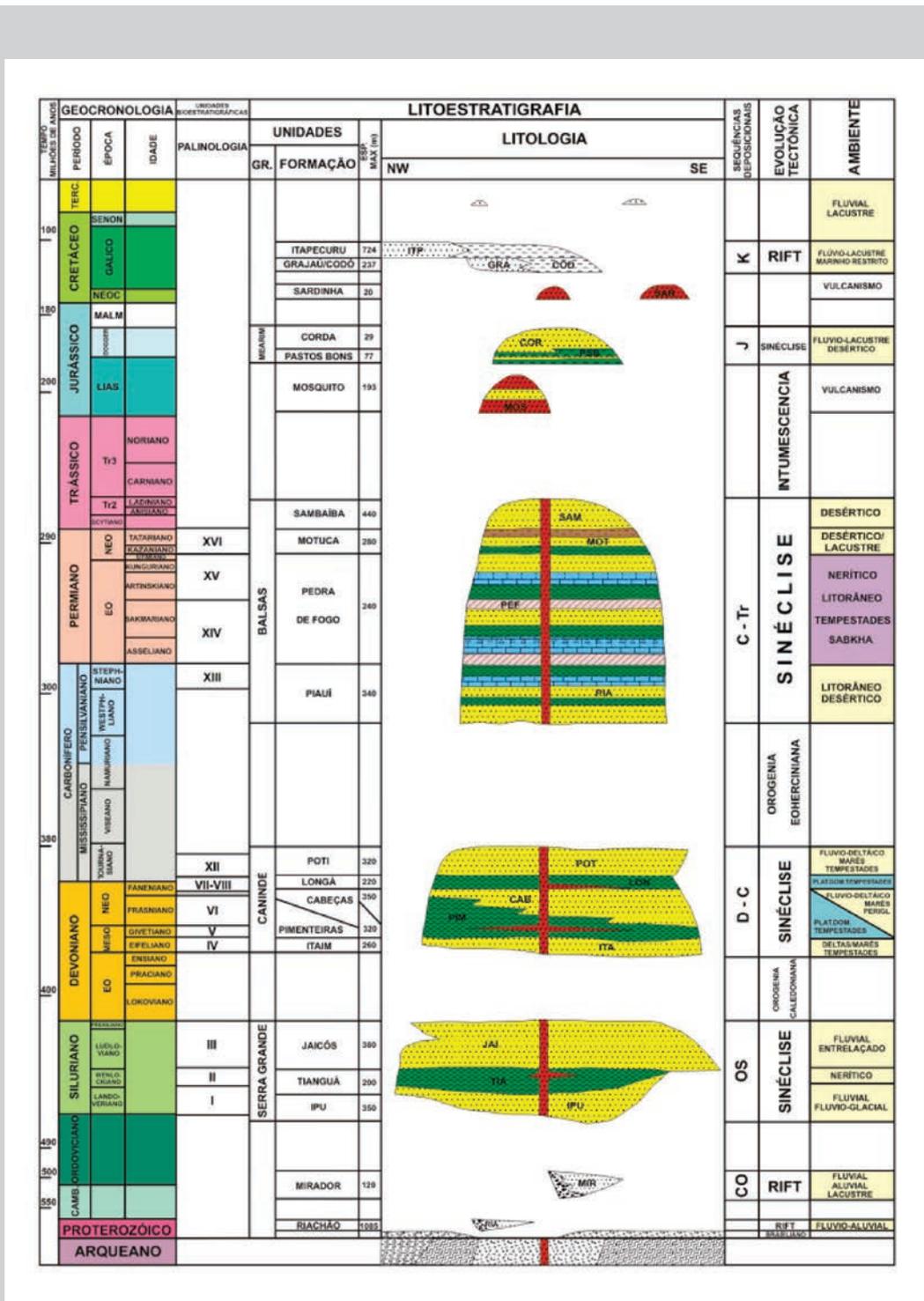


Figura 10 - Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba, segundo Góes e Feijó (1994).

com registros diferenciados, correspondendo o primeiro a falhas transcorrentes e normais de direção NW-SE no Ordoviciano; e o segundo, Jurássico, com distensões ENE-WSW gerando falhas transcorrentes de direção NW-SE. Processos de reativação no Paleozoico foram responsáveis pela geração de horsts e grabens e foram, segundo Araújo (2001), condicionadores da deposição de sedimentos até o Triássico.

Litologias ígneas, metamórficas e sedimentares de idade entre o Arqueano e Ordoviciano e que segundo Vaz *et al.*, (2007) correspondem à Formação Riachão (Neoproterozoico) e ao Grupo Jaibaras (Cambro-Ordoviciano), representam o embasamento da Bacia do Parnaíba.

### Clima

A região apresenta clima C2W de Thornthwaite, tropical úmido subúmido com temperaturas altas ao longo de todo o ano e com duas estações bem definidas: verão seco de maio a outubro e inverno chuvoso de novembro a abril, com média pluviométrica entre 1.250

e 1.800 mm. Temperatura média anual fica em torno de 26,1°C, com mínima de 25°C em janeiro e máxima de 36°C durante os meses de julho e agosto.

### Relevo

As formas de relevo da região podem ser enquadradas no tipo plano-ondulado, predominando o relevo de chapada com altitudes variando em média entre os 250 e 550 m, com morros testemunhos que sobressaem na paisagem em belezas cênicas que preenchem o extenso vale. Essas mesas e mesetas, na denominação local e que deram nome à Chapada das Mesas representam heranças geológicas de rochas paleozóicas e mesozóicas da Província Sedimentar do Meio Norte constituindo, preferencial e predominantemente, as formações Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba e Mosquito (BANDEIRA, et al; 2013). São formações de topos planos a convexos, lateritizados sustentados por *cornijas*, e paredões rochosos verticais a sub-verticais constituindo um cenário de extraordinária beleza cênica e elevado potencial turístico (Figura 11).

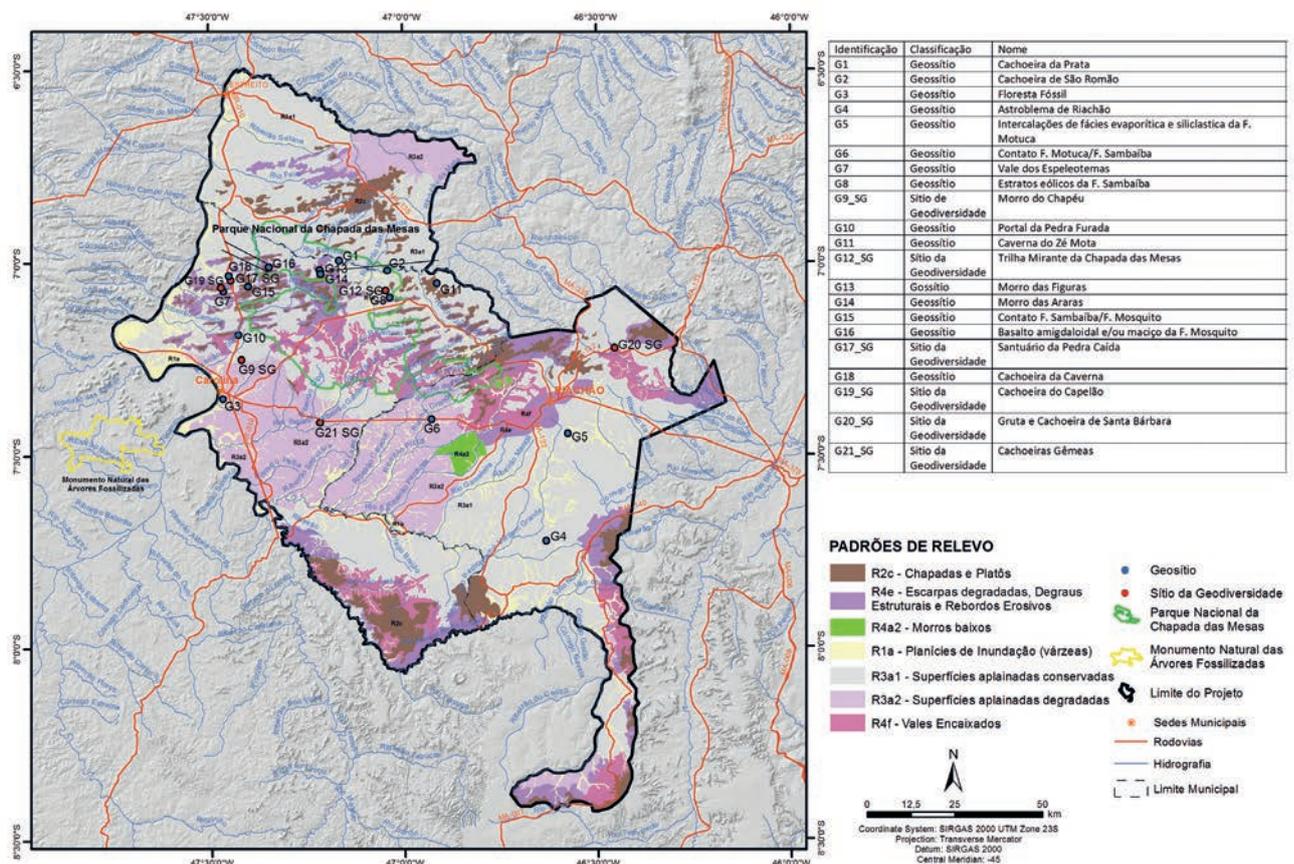


Figura 11 - Mapa de padrões de relevo da área do Vale das Águas.

Ao esculpir o relevo ruiforme os agentes de erosão produziram um volume considerável de sedimentos depositados na forma de solos pouco evoluídos com uma capacidade de retenção de umidade e nutrientes baixa, onde predominam as areias quartzosas ou Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos.

Toda a configuração geomorfológica da região resulta da ocorrência de geoformas residuais na forma de morros testemunhos, chapadas, chapadões, *cuestas* concêntricas, vales com matas de galerias, lapas, cavernas e grutas areníticas, abrigos naturais, muitos desses utilizados como espaços de ocupação pré-coloniais (AB'Saber, 2000; BARBOSA, 2002).

A história geológica de formação do relevo e da paisagem na área estudada tem um forte condicionante aos movimentos isostáticos regionais sendo responsável pela presença das extensas superfícies de aplainamento sobre um lençol freático relativamente raso e volumoso consubstanciado na densidade de drenagem e volume de água associado. Crostas lateríticas recobrimo os topos das mesas, platôs ou serras ocorrem, no geral, com feições ou formas endurecidas e resistentes aos processos de desgaste físico-erosivo o que, de modo localizado, contribui para o desenvolvimento de feições cársticas. No terreno, foi possível observar cavernas, abrigos e dolina em arenitos associados, predominantemente, à Formação Sambaíba. Dessas, as cavernas fazem-se presentes nos *fronts* de encostas ou em vales encaixados, quase sempre na base das escarpas. Os topos das elevações são geralmente planos ou suavemente ondulados, quase sempre revestidos por um horizonte ferruginoso como resultado de processos de lateritização. Movimentos epirogenéticos positivos no Cretáceo respondem pela dissecação da bacia, pelas feições do relevo dos morros-testemunhos e geração das coberturas lateríticas que capeiam a formação Sambaíba (CREPANI & DIAS, 2004). Para estes mesmos autores os terraços aluviais, com produtos da variação do nível de base do rio Tocantins que favorece a erosão atual, são produtos dos mesmos movimentos epirogenéticos positivos referidos anteriormente.

### Flora e fauna

O Cerrado, como vegetação de maior abrangência territorial, ocorre como mata de galeria, cerrado florestado ou cerradão que no conjunto são decisivos e definidores da manutenção da biodiversidade local e regional. Apesar de que localmente sejam perceptíveis

os sinais de alteração dessas fisionomias, a paisagem é compartilhada com espécies de outras fisionomias como Floresta Amazônica e Caatinga

Com um número reduzido de trabalhos sobre a fauna da região, é defendida a existência de uma fauna endêmica o que contribuiu para que fosse criado na área um Parque Nacional. São inúmeras as espécies ali disseminadas pertencentes aos biomas Cerrado, Amazônia e Caatinga. Na lista desses autores estão espécies consideradas típicas da Amazônia, como o macaco –mão-de-ouro (*Saimiri sciureus*), o guariba (*Alouatta belzebul*) e espécies típicas do bioma Caatinga, como veado (*Mazama nemorivaga*). Outras espécies constam da lista de animais que desaparecem de pontos específicos do Parque, podendo ser citados: o gato-palheiro (*Leopardus colocolo*), a onça-pintada (*Panthera onca*), o cachorro-vinagre (*Speothos venaticus*), e o veado-galheiro (*Blastocercus dichotomus*); ou em todo o PNCM - o porco-queixada (*Tayassu pecari*).

### Hidrografia

Dotada de uma rede hidrográfica muito rica, a área protege nascentes (mais de 400) e cursos de água. Para além do rio Tocantins, a área inventariada é drenada pelos rios Farinhas, Sereno, Vermelho, Brejão, os riachos Seco, Jenipapo, Chapadinha, Bacaninha, Bebedouro, do Mato Bonito e inúmeros córregos e ribeirões nomeadamente o rio Farinha, Itapecuru, Urupuchete, Corrente e Lages.

A região está sob a influência de dois domínios hidrogeológicos: o aquífero fissural, representado pelos basaltos e/ou diabásios da formação Mosquito; e o aquífero poroso ou intergranular relacionado aos sedimentos consolidados das formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba; dos sedimentos inconsolidados dos depósitos colúvio-eluviais e dos depósitos aluvionares.

### Solo e Cobertura vegetal

Os solos da unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha caracterizam-se por uma aptidão restrita ao uso na lavoura e pastagem, necessitando para um melhor aproveitamento da utilização de técnicas adequadas de manejo. Segundo EMBRAPA (2007) as limitações estão mais especificamente relacionadas à produtividade e um elevado uso de insumos que aumentam os custos. As áreas mais produtivas estão localizadas no topo das mesetas. Apesar de algumas inadequações próprias dos terrenos, mesmo assim a região tem forte influência da pecuária extensiva, com áreas de gramíneas naturais de fitofisionomias típicas do Cerrado. Uma porcentagem

significativa da população que ainda reside na área do Parque e na zona de amortecimento são agricultores tradicionais que utilizam praticas antigas de limpeza da área para plantio de culturas de subsistência e renovação de pastagem, como as queimadas. A principal atividade agrícola da região é desenvolvida nos topos planos das mesas e chapadas onde são encontrados os solos mais ricos, nomeadamente aqueles originados de alteração dos basaltos.

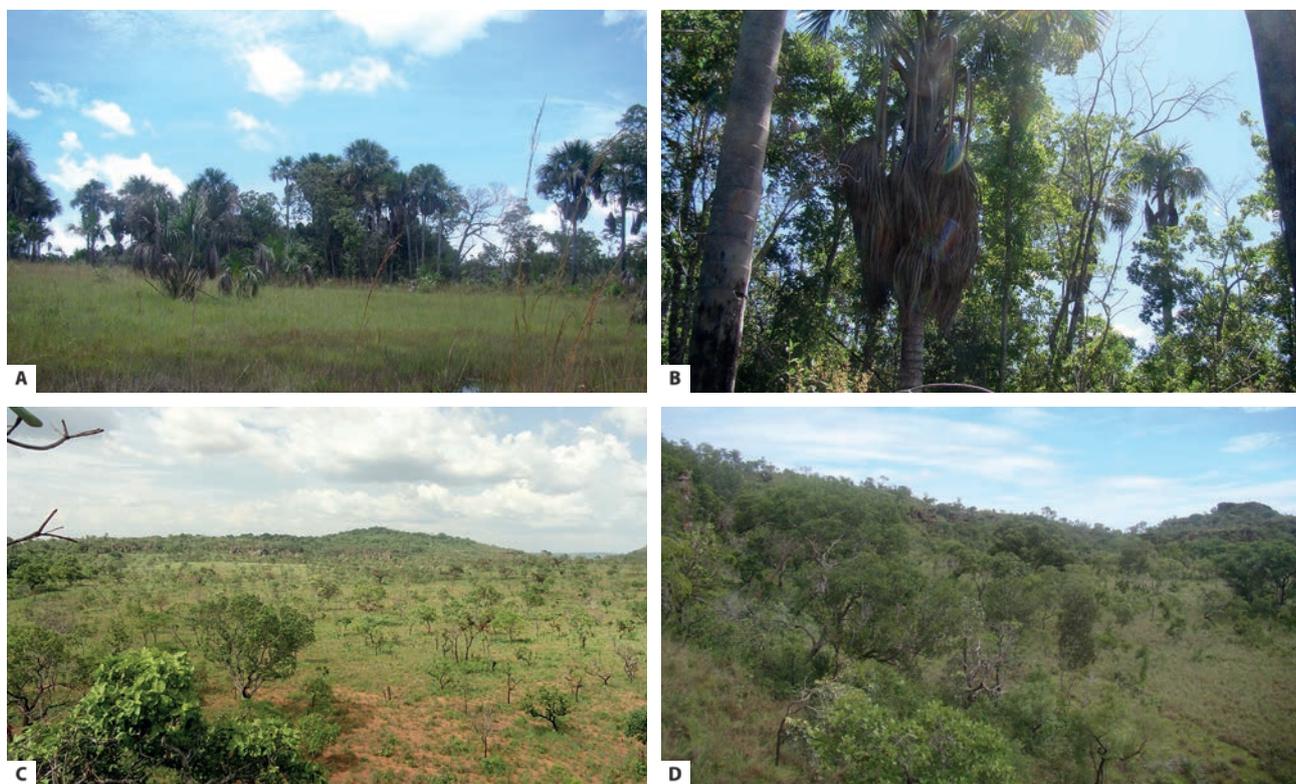
Mesmo sendo considerada uma área ecotonal, há um domínio maior das áreas de Cerrado com suas diferentes fitofisionomias, desde savanas, campo sujo a florestadas, onde também se encontram dispersas muitas espécies da Caatinga e da Amazônia. Matas de galerias estão presentes e restritas às margens e influência direta dos cursos d'água, bem conservadas e fortemente vegetadas com densos buritizais. Formações savânicas e matas semidecíduas podem ser encontradas cobrindo os topos das mesas e chapadas (MORAES e LIMA, 2007). Às depressões associam-se fitofisionomias de Cerrado *sensu strictu* e Campo sujo, como definido em Ribeiro e Walter (1998). Nas áreas mais elevadas e no entorno das depressões ocorre o cerrado rupestre (Figura 12).

Como predominam na área exposições de rochas areníticas das formações Sambaíba, Motuca e Pedra de Fogo, fornecedoras de materiais de textura arenosa, ocorre em consequência um predomínio de solos com essa textura. Latossolos amarelos profundos e Neossolos Quartzarênicos dominam a paisagem como característicos do relevo tabular, aos quais podemos adicionar os Cambissolos e coberturas laterítica (IBAMA, 2006).

#### Polo Turístico Chapada das Mesas

A implantação de unidades de conservação brasileiras têm sua gestão regida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei 9.985/2000 cuja aplicação no governo federal está sob a jurisdição do Ministério do Meio Ambiente através de suas autarquias: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMbio), este criado pela Medida Provisória no 366, de 26 de abril de 2007, resultante de uma divisão do IBAMA.

O Parque Nacional da Chapada das Mesas é uma unidade de conservação criada pelo governo brasileiro na bacia do rio Tocantins em seu médio curso no sul



**Figura 12** - Algumas fitofisionomias da área ecotonal da Chapada das Mesas: Mata de galerias ou veredas (A e B), Cerrado *sensu strictu* (C), Cerrado rupestre (D). Fotos: Acervo Particular dos autores.

do Estado do Maranhão, cobrindo terras nos municípios de Carolina, Estreito e Riachão e situado em área de prioridade extremamente alta para conservação da biodiversidade do bioma cerrado (incluído na lista dos 25 *hotspots* mundiais). A ocorrência de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica, além da beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de projetos de educação ambiental e recreação em contato com a natureza através do ecoturismo, foram argumentos suficientes e significativos para embasar a proposta de criação do Parque. Caracterizada como área de elevado valor para a manutenção da biodiversidade brasileira, como ecótono entre os biomas Cerrado, Amazônia e Caatinga, e com potencial para abrigar altos níveis de riqueza e abundância de espécies da flora e fauna, apresenta, para além dessa biodiversidade e beleza cênica, sítios arqueológicos caracterizados pela presença de gravuras rupestres.

O território da Chapada das Mesas tem sua identificação relacionada ao grupo indígena dos Timbiras,

uma cultura que foi dizimada quando do confronto com colonizadores cuja atividade principal estava voltada para a criação de gado. Desde a década de 1980 outra atividade tem convivido e ocupado a região, o agrogócio, atividade contrastante com a implantação da unidade de conservação PARNA Chapada das Mesas, de proteção integral (MMA/SBF – SNUC, 2004), como forma de conter este avanço e proteger uma área significativa do bioma Cerrado (Figura 13).

A geologia tem uma estreita e definidora relação com a região, imprimindo suas características e feições na identificação, até de modo localizado, das paisagens que individualizam a área, como as mesas e mesetas, e que estão contidas no nome do próprio Parque Nacional Chapada das Mesas. Esses morros testemunhos e serras, com altitudes entre os 120m e 640 m, são feições herdadas da geologia, constituídas predominantemente de rochas paleozóicas e mesozoicas da Província Sedi-mentar do Meio Norte onde estão expostas rochas das formações Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba e Mosquito.

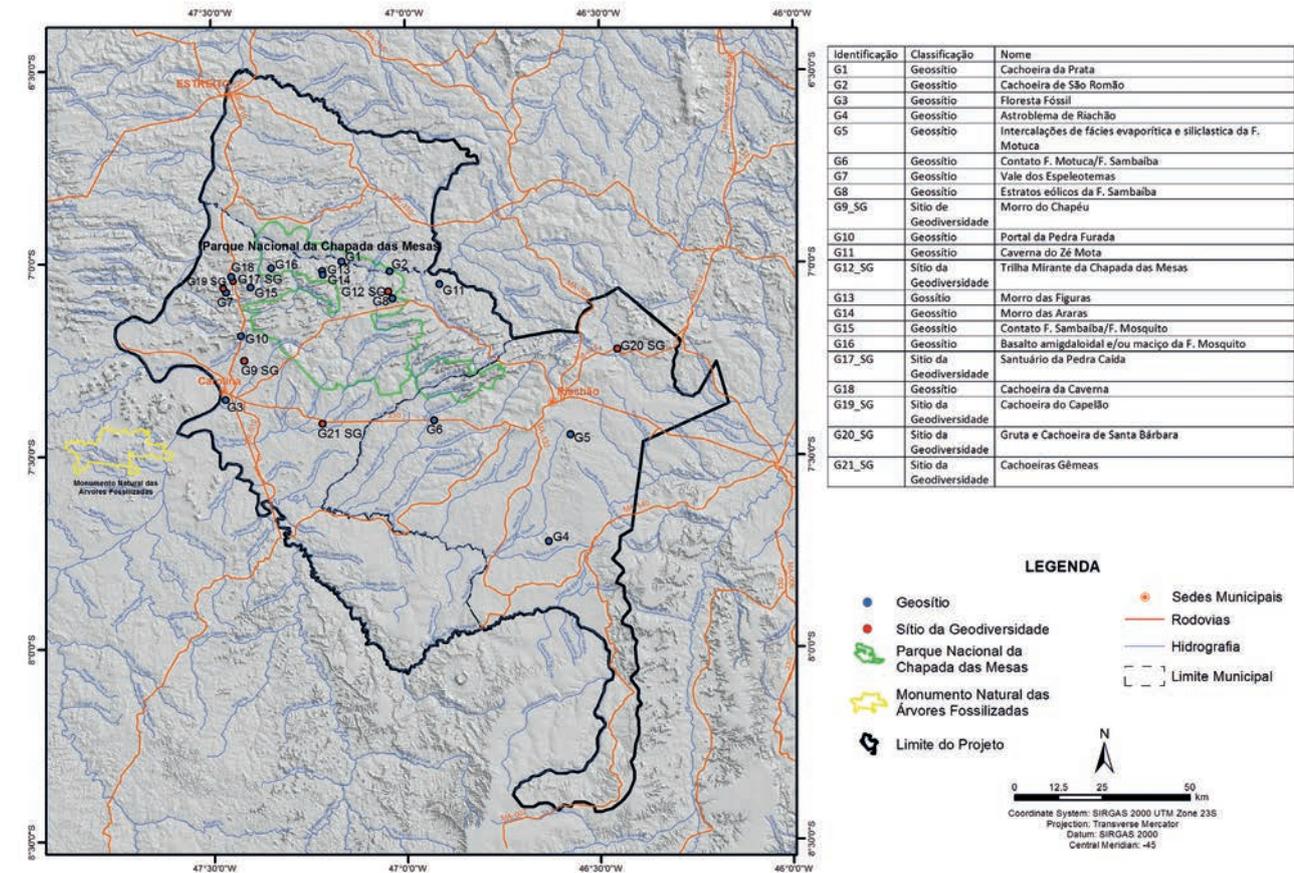


Figura 13 - Mapa MDT com limite da área proposta para o Geoparque Vale das Águas (MA) e do Parque Nacional Chapada das Mesas.

Segundo Muniz (2006a; 2011) domínios fitogeográficos da Amazônia Legal, Cerrado e Caatinga distribuem-se pelo território maranhense, ricos em diversidade de espécies e de ambientes. A região sul, onde se encontram as bacias hidrográficas do rio Farinha e a extensa depressão do médio vale do rio Tocantins, o relevo apresenta características muito particulares e localizadas de “mares de morros” ou “mesetas” (concepção local) esculpidas ao longo do tempo por uma forte ação do intemperismo. É nesta região do Vale das Águas onde foi implantado o Parque Nacional da Chapada das Mesas, classificado enquanto Unidade de Proteção Integral (nomenclatura segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação), um polo de atração turística sobre terrenos dos municípios de Carolina, Estreito e Riachão, com uma área de 159.953,78 hectares. O Cerrado predomina como vegetação mais típica e cuja proteção esteve na base da criação do PARNA, com suas fitofisionomias, potencial hídrico e geoturístico (MARANHÃO, 2011). Um número considerável de nascentes de cursos d’água são identificadas no interior dessa unidade de conservação, cujas águas alimentam outras bacias importantes do nordeste como a do Parnaíba, do Araguaia/Tocantins e do São Francisco. O rio Farinha, com duas das mais bonitas e importantes cachoeiras da região, a do Prata e São Romão, é um dos mais importantes rios alimentadores do Tocantins. Uma significativa variedade de elementos da geodiversidade e biodiversidade contribuem para um turismo voltado para as mais diferentes atividades, desde a simples observação e contemplação da paisagem, passando por trilhas de aventura, lazer, dentre outras.

Como consta do Plano Integral de Desenvolvimento do Turismo no Estado do Maranhão, elaborado em 2000, este polo turístico compreende a região de Planalto e da bacia do Tocantins. Como área de transição ou ecótono entre três biomas – Cerrado, Amazônia e Caatinga – abriga espécies da fauna e flora distribuídas em fitofisionomias características destes biomas, incluídas aqui algumas espécies faunísticas constando na lista de ameaçadas de extinção (MARANHÃO, 2000).

Para além das belezas cênicas com paisagens impressionantes esculpidas pela ação dos agentes erosivos, matas de galerias com buritizais, fitofisionomias de cerrado, presença de cavernas na base e meio de encostas, praias de água doce, 25 rios perenes, mais de 30 cachoeiras, dentre outros, constituem elementos

geológicos e geográficos que podem estar na base dos incentivos turísticos na região com possibilidades de diferentes atividades. Na sua grande maioria, os atrativos turísticos estão distribuídos no entorno dos municípios de Carolina, Riachão e Estreito.

A geologia da região está predominantemente constituída de litologias sedimentares, onde os arenitos são as rochas de maior domínio aflorante ao que se junta manchas de rochas magmáticas mais representadas especificamente pelos basaltos. De forma resumida tem-se o predomínio de rochas areníticas pertencentes às formações meso-paleozóicas Itapecuru, Corda, Grajaú, Sambaíba, Motuca e Pedra de Fogo; basaltos mesozoicos da Formação Mosquito; depósitos lateríticos terciários; colúvios pleistocênicos; e aluviões holocênicos.

O termo chapada é entendido por Cunha & Guerra (2000) como superfícies horizontalizadas em forma de mesas ou platôs constituindo extensas áreas planas ou planaltos, e que segundo Ab’Saber (2003) podem atingir altitudes entre 200 m e 2000 m. Segundo Martins *et al.*, (2015) e Martins & Salgado (2016) a morfogênese do relevo na forma de chapadas tem seu desenvolvimento segundo fases distintas, iniciando pela formação da superfície sedimentar, metassedimentar ou vulcânica, ao que se segue uma incisão da rede de drenagem como resposta ao rebaixamento do nível de base as vezes associado à tectônica, individualização dos platôs evidenciados pelo recuo das bordas e, finalmente, a individualização de uma nova superfície erosiva.

O acesso ao PARNA Chapada das Mesas ainda não oferece boas condições de trafegabilidade, permitido apenas através de carros traçados levando-se, em média, 2 horas para chegar a dois dos principais ativos turísticos da região: cachoeiras da Prata e de São Romão (Figura 14). Das suas potencialidades turísticas constam ainda inúmeras quedas d’água e mais de 400 nascentes.

### **O carste no Vale das Águas**

Regiões cársticas apresentam como característica básica processos de intemperismo químico originando, como consequência, um relevo conhecido como carste. Dados disponíveis na literatura especializada sobre carstificação associam o relevo a uma tipologia de rochas e qualquer outra manifestação em litologias diferentes era designada de pseudocarste ou algo semelhante ao relevo cárstico.



**Figura 14** - Leito principal do Rio Farinha com as Cachoeiras da Prata e de São Romão. Foto: Acervo dos autores.

Estudos mais recentes contribuíram para que esse conceito fosse modificado e que a relação relevo cárstico-rocha fosse alargado, constatando-se a não vinculação do mesmo a um tipo específico de rocha. Com isso, relevos devem ser definidos em função dos processos formadores e de sua organização na paisagem, sendo sua manifestação física consequência da ação destes processos e de condições pré-existentes. Drenagens verticais e subterrâneas, segundo Sweeting (1973), é a característica essencial e condicionadora das áreas cársticas. A história de formação do relevo e da paisagem no Vale das Águas é responsável pela presença de extensas superfícies de aplainamento com o lençol freático relativamente raso e volumoso. A região apresenta como característica particular o desenvolvimento de diversas feições cársticas, como cavernas, abrigos e dolinas em arenito associadas predominantemente às formações Sambaíba e Mosquito.

O carste em arenito passa a ter sua abordagem fundamentada em três princípios básicos: morfológico, químico e sistêmico.

#### A questão morfológica

Feições cársticas em litologias não carbonáticas constam da literatura especializada desde meados do século XX, nomeadamente em quartzitos e arenitos e com tal expressão que facilmente podem ser confundidas com calcários (JENNING, 1983). A ocorrência de dolinas em rochas silicosas são frequentes, quer seja de dissolução ou abatimento e podem ser definidas como uma depressão do terreno, de forma predominantemente circular. Sua gênese está associada à dissolução de fraturas do substrato

rochoso ou ao desmoronamento de tetos de cavernas situadas abaixo das dolinas, feições estas frequentemente observadas na região do Vale das Águas. Lapiás ou *karrens*, principalmente na forma de kamenitzas ou panelões e relevos ruiformes são outras formas de feições de exocarste de fácil e frequente ocorrência em terrenos silicosos. Ademais, como no carste em rochas carbonáticas, para esse grupo são encontradas formas aéreas cuja origem está relacionada à rocha exposta e formas subaéreas formadas no contato da rocha exposta com o manto de intemperismo. As feições mais frequentes do endocarste estão representadas pelas cavernas, alvéolos, cúpulas, anastomoses, representando formas de dissolução, e espeleotemas, como formas de deposição. Embora o processo possa apresentar alguma diferença, com maior ou menos influência dos fatores químicos ou mecânicos, a simples demonstração do estabelecimento do sistema que origina um conjunto de formas características do carste é estabelecido independente do tipo de rocha ao qual está diretamente associado.

#### A questão geoquímica

Segundo Jennings (1983) o que determina ou não o aparecimento da forma cárstica é a dissolução química que poderá evoluir em função de processos de erosão mecânica desencadeando desmoronamentos ou escorregamento como resposta à movimento das águas e perda de resistência pela atividade química. Em caso de substrato arenoso o processo é muito mais alteração que dissolução química.

Fatores até então ignorados ou menosprezados quanto a uma possível origem química para formas de

relevo cárstico em rochas pouco solúveis ou não carbonáticas são, na atualidades, assumidos como atuantes no processo evolutivo do cárste em rochas silicosas. Sabe-se que sob condições de pH elevado a sílica torna-se solúvel (WHITE & BRANTLEY, 1995), embora essa seja uma condição não muito frequente na natureza o que torna raro a instalação desse processo e o seu uso na explicação da carstificação dessas rochas (MARTINI, 1979). DOVE & RIMSTIDT (1994) defende que a presença de catalizadores ferrosos em meio aquoso acelera a dissolução do quartzo e em regiões onde ocorrem oscilações do nível freático a mobilização do ferro é significativa. Bennet *et al.* (1988) e Bennett (1991) atribuem uma ação mais efetiva na dissolução de rochas silicosas à presença de ácidos orgânicos, observado mais significativamente em áreas com forte incidência de chuva e acentuada cobertura vegetal.

#### A questão sistêmica

Significando um todo composto por muitas partes ou um conjunto, a abordagem sistêmica pressupõe uma compreensão da natureza como um conjunto ordenado de elementos inter-relacionados segundo processos que geram fluxo de matéria e energia ao longo do sistema (HUGGETT, 1985; CHRISTOFOLETTI, 1980, 1999; CHORLEY & KENNEDY, 1971; RODRIGUEZ *et al.* 2004). Ford & Williams (1989) entendem esse sistema como sendo constituído por duas partes, uma onde ocorre retirada do material ou “zona de erosão” e outra onde esse material é depositado ou “zona de deposição”. O fluido transportador movimentando-se dentro do sistema pode ser proveniente de ambientes vizinho não-cársticos (chuva ou águas profundas) em cujo trajeto entre as duas zonas acima citadas vai dissolvendo e transportando o material e, conseqüentemente, favorecendo o aparecimento das formas cársticas condicionadas aos tipos de terrenos atravessados. Com base nesses condicionantes, Klimchouck & Ford (2000) entendem o carste como “*um sistema de transferência de massa, integrado, em rochas solúveis, com permeabilidade estrutural dominada por condutos estabelecidos pela dissolução do material rochoso e organizado para facilitar a circulação de flúidos*”. A formação de ductos ou condutos resulta como consequência do material erodido e transportado, depositando-se na saída do sistema, organizando uma rede de drenagem parcialmente subterrânea. Observações como essas sustentam a argumentação de que instalando-se o processo que

dá origem às formas, tem-se o carste que independe do tipo de mineral ou rocha.

Da análise da paisagem fica evidente o domínio de um relevo na forma de chapada e neste cenário sobressai de forma acentuada as feições típicas de um paleocarste em arenito que se expressam em formas de arcos na base e topo das encostas, cavidades menores, *cânions* fortemente associado a colapso de teto de cavernas ou dolinas, sumidouros e surgências e ressurgências. Em termos genéticos ocorrem a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, têm sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.

Formas significativas e representativas de feições cársticas têm um predomínio de manifestações no relevo da região do Vale das Águas, ocorrendo concomitantemente com outras formas diversificadas como tabuleiros, colinas e, claro, os vales. Em muitos pontos é possível identificar-se sinais de recuo das vertentes, cujas feições são indicativas de um clima mais seco. Outras feições, também de modo localizado como as dolinas úmidas, ocorrem dispersas na paisagem e sustentando uma vegetação densa indicativa de uma maior superficialidade do nível freático. Em ambientes como este, a matéria orgânica contribui fortemente para a acidez da água que, juntamente com a presença de bancadas e blocos ferruginosos desmantelados, atuam na dissolução da sílica.

Outra feição cárstica de forte presença na região são as *kamenitzas* ou panelões bem formados com fundo plano, alguns com abertura lateral, e instalando-se de forma contínua, escalonada e dimensões variadas (Figura 15).

Os *lapiás*, encontrados com formas bem definidas e profundas, bordas arredondadas e ressaltando-se na superfície de modo preferencial e mais frequentemente em locais onde a depressão produz um escoamento sobre a rocha que o delimita, são fortemente relacionados àqueles tipicamente encontrados em calcários. De modo bastante disseminado o padrão poligonal, como uma das formas de relevo encontrada no Vale das Águas, tem seu desenvolvimento embrionário durante a deposição paralelamente à perda de água o que desencadeia processos de compactação diferencial resultando um sistema poligonal de pequenas fendas de contração que se acentuam com a ação progressiva do

intemperismo. Sulcos de corrosão e dissolução formados nas vertentes desses arenitos e presentes, de forma disseminadas e concomitante com outras formas de relevo, seguindo a linha de maior declive, constituem outras formas cársticas dos arenitos denominadas caneluras (Figura 16).

Aos paredões verticais onde são mais frequente e sistematicamente encontrados, os alvéolos ou cavidades profundas ou “*tafoni*”, têm seus processos de formação

iniciados no interior da rocha e expostos atualmente por ação do intemperismo. Para autores como Melo (2006), a presença de organismos como líquens, musgos e plantas podem estar associadas à origem e dissolução da superfície da rocha, contribuindo para isso a ação da água da chuva ao escorrer sobre essas superfícies, água essa que também desencadeia a formação dos condutos verticais associados, estes, ao rebaixamento do nível freático (Figura 17).



**Figura 15** - Kamenitzas ou panelões: Feições cársticas fortemente disseminadas nos leitos das principais linhas d'água do Vale das Águas. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 16** - Feições cársticas: (A e B) Lapiás arredondados ou polígonos escalonados e escavados pela ação da água; (C e D) Bordas de escoamento sobre a rocha com caneluras. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 17** - *Tafoni*: pequenas aberturas arredondadas em rochas areníticas. (A) *Tafoni* na horizontal e ao longo das camadas. (B) *Tafoni* na vertical, formando dutos ao encontrar zonas de maior fraqueza, como falhas e fraturas. Fotos: Acervo particular dos autores

Relevos em forma de ruínas ou ruíniformes situados geralmente nas proximidades do front da cuesta são feições típicas, notáveis e denunciadoras do carste em arenitos da região, assumindo formas por demais semelhantes aos relevos em rochas carbonáticas e largamente distribuídos e constituindo cenários de forte beleza cênica. Estas formas de relevo são tidas com uma das mais significativas formas de relevo cárstico resultado da erosão diferencial em pontos fortemente afetados por diaclasamento, fraturas ou falhas. Juntamente com as *kamenitzas*, estas são as mais frequentes formas representativas da manifestação do exocarste da região. Distribuídas ao longo de toda a área, e associadas predominantemente às escarpas dos paredões, macroformas expressam-se na paisagem como cavidades, na forma de arcos ou dutos, posicionados segundo dois sentidos preferenciais: horizontal, sob forte controle das discordâncias entre as camadas do arenito; ou vertical, e neste caso com um forte condicionante exercido pela porosidade secundária estabelecida através de falhas e fraturas encontradas e mapeadas em todos os dutos, aberturas ou cavidades verticais da área. Estas cavidades também são encontradas na paisagem, na forma de portais esculpidos nas rochas das porções superiores dos platôs (Figura 18).

Dutos de dimensões menores dispõem-se nas laterais dos arcos e no contato e sentido dos estratos, tendo sua instalação facilitada nesses pontos de fraqueza dos planos de estratificação. Uma das características fortemente associada e definidora desses dutos é a forte convergência em direção ao duto principal e vertical (Figura 19), consubstanciando a hipótese de que os mesmos configuram evidências de um paleossistema de drenagem cárstica na região do Vale das Águas e,

consequentemente, da Chapada das Mesas por estarem, segundo Hardt *et al.*, (2011), desconectados do relevo atual o que permite inferir que sua instalação se deu num período em que o aquífero ocupava uma posição muito acima do nível atual. Para Suguio (2010), tais feições podem ser entendidas como indicadoras de um paleocarste pois “*relaciona-se a relevos cársticos e a sistemas de cavernas antigos, soterrados (fossilizados) por depósitos mais jovens, que posteriormente podem ser exumados e rejuvenescidos*”. Cursos de água com cânions estreitos, retilíneos, encaixados entre paredões verticais com cachoeiras que caem de cavidades, aberturas ou claraboias de alturas superiores as 40 m, semelhantes a sumidouros que capturam drenagens, configuram um mosaico de paisagens na região de forte associação com um antigo sistema cárstico que a partir do seu entendimento se poderá ter um melhor domínio sobre a morfogênese da região da Chapada das Mesas.

### Rio Farinha: Cachoeiras da Prata e São Romão

O rio Farinha, como principal rio da região, tem sua bacia hidrográfica distribuída principalmente pela área norte da Chapada das Mesas compreendendo terrenos dos municípios de Estreito e Carolina. A densidade de drenagem nesse paraíso das águas, com mais de 400 nascentes, se manifesta também, e mais paisagisticamente, na forma de quedas d’água ou cachoeiras ocasionadas pela existência de um degrau no perfil longitudinal do mesmo. As causas dessas irregularidades no terreno podem estar associadas à falhas geológicas, dobras, diques ou mesmo erosão diferencial, dentre outras que compartimentam o terreno em planaltos e depressões (Guerra, 2003).



**Figura 18** - (A) Relevo ruiforme com dutos verticais e horizontais na forma de portal na porção superior dos platôs. Na figura (B) é visível a influência do faturamento para o início do processo. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 19** - Convergência de dutos horizontais e verticais com formação de ogivas ou portais, representando o paleossistema do Vale das Águas. (A) Dutos verticais e principais. (B) Dutos horizontais secundários. Foto: Acervo particular dos autores.

O Rio Farinha ao abrir caminho nas rochas se comporta como um rio vigoroso e misterioso: vigoroso pelo caudal considerável e sua competência ao rasgar as rochas e formar duas das mais espetaculares cachoeiras da região, as da Prata e de São Romão; e misterioso porque ora se comporta como rio de superfície, ora como rio subterrâneo quando desaparece nos sumidouros e reaparece mais adiante (Figura 20). A sua bacia tem um comprimento de 132 km, com uma extensão do canal principal de 207 km com desnível aproximado de 270 m com nascentes nas cotas de 403 m e foz de 140 m de altitude. Com uma vazão média de 64,00 m<sup>3</sup>/s este estabelece o limite entre terrenos dos municípios de Carolina e Estreito (GERSÉN, 2001).

O relevo da região onde se instalou o rio Farinha caracteriza-se por apresentar as maiores altitudes no Estado do Maranhão, distribuídas entre os 200 e 800 m

(BRASIL, 1973), região denominada pelo Projeto RADAM de “Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins”. A região tem uma importância hidrológica significativa por funcionar como divisores e dispersores de águas para as bacias hidrográficas do Parnaíba e Tocantins e aquelas consideradas como recobrando apenas terrenos maranhenses, e neste caso estão inseridas as bacias dos rios Mearim, Grajaú e Itapecuru.

Ao longo de sua área de ocupação o rio Farinha percorre terrenos com cobertura vegetal predominantemente pertencente ao domínio do cerrado seguindo desníveis topográficos na forma de mesetas e de onde quedas d’água de extrema beleza cênica se instalaram. Morros testemunhos da Formação Sambaíba constituem esses ressaltos da topografia segundo uma direção preferencial SW-NE. O sul do estado do Maranhão tem o seu relevo caracterizado



**Figura 20** - Leito do rio Farinha: localização de sumidouro visível em período de seca. Foto: Acervo dos autores.

por chapadas e chapadões, superfícies tabulares e subtabulares, superfícies residuais e vales interplanaálticos. Duas dessas feições de quebra de relevo são tidas como principais atrações da bacia hidrográfica do rio Farinha: as cachoeiras da Prata e de São Romão.

### GEOSSÍTIO Nº 1 - DA CACHOEIRA DA PRATA

**Latitude:** 260763 m E      **Longitude:** 9226243 m S  
**Relevância:** Regional/Local

Distando cerca de 64 km do centro de Carolina, a Cachoeira da Prata (Figura 21) instala-se quando as águas do rio Farinha encontram um desnível topográfico de 18 m com suas águas sendo divididas em três percursos que geram três cachoeiras. Todo o acesso a essas feições é feita pela sua margem esquerda. Uma das quedas d'água escorre por uma abertura ou clarabóia e entre a primeira e a segunda a água esculpiu uma caverna no arenito através da qual se pode ter acesso à margem direita e onde um bando de andorinhas no final da tarde faz suas revoadas para o pernoite e volta aos ninhos. Essa cachoeira tem aspecto diferenciado durante os períodos seco e chuvoso, nomeadamente quanto às exposições dos paredões rochosos que ficam completamente banhados pelas águas neste último. Neste período de chuvas o acesso fica bastante difícil senão impossível, permitindo apenas a sua contemplação. Os arenitos da Formação Sambaíba ocorrem na área em afloramentos que expõem aspectos morfológicos e litológicos desta Formação mostrando diversos *sets* de estratificação cruzada de grande porte, alguns truncados, associada a sistemas eólicos além de

estruturas de deformação dúctil. De modo localizado e nos paredões do entorno ocorrem exposições de rochas vulcânicas da Formação Mosquito, que intrudem os arenitos da Formação Sambaíba alterando-os para formas endurecidas e silicificadas (Figuras 21 e 22).

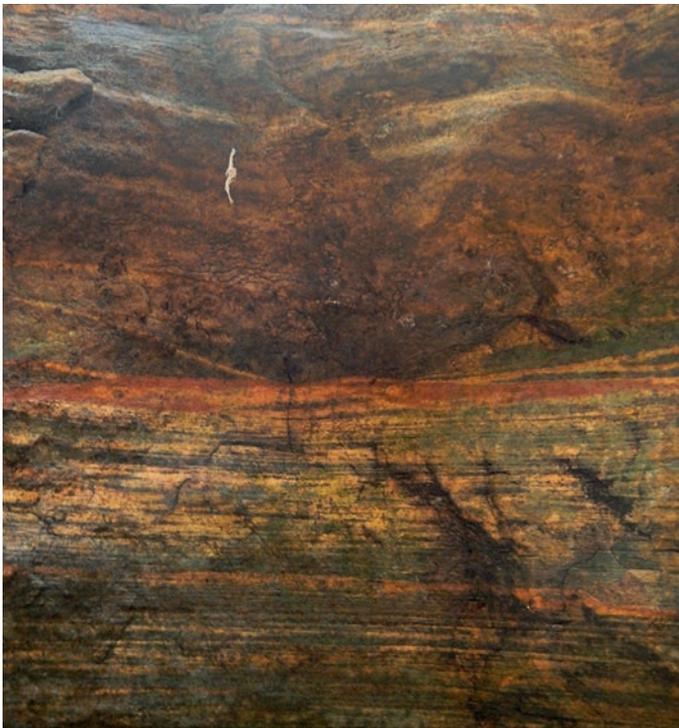
### GEOSSÍTIO Nº 2 - CACHOEIRA DE SÃO ROMÃO

**Latitude:** 274544 m E      **Longitude:** 9223388  
**Relevância:** Regional/Local

O paredão sobre o qual as águas do rio Farinha individualiza a Cachoeira de São Romão (Figura 23), localizada a 81 km de Carolina, apresenta uma altura de 25 m com ramificações em duas quedas d'água separadas por exposição de afloramento rochoso formando uma cortina de água de cerca de 36 m de largura, com leito principal de formação das cachoeiras encaixado num sistema de falhas regional. Uma das ramificações tem seu jato impulsionado para distante do paredão ao atravessar uma estrutura na forma de arco e a outra escorre como cascatas sobre rochas escalonadas na forma de degraus. Uma trilha localizada na margem estreita permite o acesso sem maiores dificuldades, com possibilidade de percorrer toda a sua extensão. Os afloramentos rochosos expõem litologias das formações Sambaíba e Mosquito. Presença de arenitos "cozidos" na forma de silexitos no contato entre as duas Formações (Figura 24). No teto de um arco, indicativo da existência de uma caverna, notam-se estruturas cársticas do tipo *scallops* (Figura 25) ou marcas de ondas indicativo de fluxo de corrente de água, como observado também na cachoeira da Prata.



**Figura 21** - Cachoeira da Prata no período de seca e de inverno. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 22** - Arenito silicificado e diques de silexitos na zona de contato entre as formações Mosquito e Sambaíba. Foto: Acervo particular dos autores



**Figura 23** - Cachoeira de São Romão, no período de seca e de inverno. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 24** - Silixito na zona de intrusão da Formação Mosquito nos arenitos da Formação Sambaíba. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 25** - Scallops na parede de caverna às margens da Cachoeira da Prata. Foto: Acervo particular dos autores.

#### 4. A GEOLOGIA DO GEOPARQUE: DESCRIÇÃO GERAL DO VALE DAS ÁGUAS

A Província Parnaíba ou Província Sedimentar do Meio Norte, segundo Silva *et al.* (2013) e Góes (1995), cobre uma área de 600.000 km<sup>2</sup>, tendo seus limites geotectônicos marcados ao norte pelo Arco Ferrer-Urbano Santos-Guamá; pela Falha de Tauá a leste; pelo Lineamento Senador Pompeu a sudeste; a oeste pelo Lineamento Tocantins-Araguaia; e pelo Arco Tocantins a noroeste.

Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996) subdividiram a Bacia do Parnaíba em quatro bacias menores em função de suas gêneses: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eucretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo). As características geológicas da região de Carolina e entorno inclui rochas das bacias do Parnaíba e de Alpercatas, cujos terrenos são ocupados por litologias inseridas nas formações Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba (Grupo Balsas) na Bacia do Parnaíba, sequência cretácea da Formação Corda e intrusões magmáticas da Formação Mosquito na Bacia do Alpercatas.

Uma porção considerável da área inventariada compreende terrenos da região da Chapada das Mesas atualmente inseridos numa unidade de conservação criada pelo governo brasileiro denominada Parque Nacional da Chapada das Mesas

que se localiza no interior da unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2006) de Chapadas e Planos do Rio Farinha (Figura 26) na divisa entre os estados do Maranhão e Tocantins. Com uma área de 159.953,78 hectares, a região caracteriza-se por morfologias na forma de mesas e chapadas sustentadas por basaltos da Formação Mosquito, com altitudes oscilando entre 160 m a 640 m.

A Província Sedimentar do Meio Norte, na qual se insere as bacias do Parnaíba e de Alpercatas, a despeito do próprio nome é uma região que expõe, eminentemente, rochas sedimentares e predominantemente areníticas. Essa característica confere à região um potencial elevado de manifestações cársticas em rochas silicosas.

O relevo local revela um número considerável de elementos de um *carste* na região geomorfológica



**Figura 26** - Paisagem típica da unidade do relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. Foto: Acervo dos autores.

denominada de Chapada das Mesas. Paisagem plana com morros testemunhos que sobressaem na topográfica como ressaltos altimétricos ou relevos residuais conhecidos como “mesas” conferem um modelado local próprio à unidade geotectônica da Província Sedimentar do Meio Norte. As porções mais elevadas do relevo são sustentadas e sobressaem na paisagem como consequência de uma resistência maior à erosão conferida pelas coberturas dos derrames vulcânicos da Formação Mosquito, pelas rochas areníticas da Formação Sambaíba e outras coberturas lateríticas ali posicionadas.

#### 4.1. PERMO-TRIÁSSICO DA BACIA DO PARNAÍBA NA REGIÃO DO VALE DAS ÁGUAS

Do Carbonífero ao Triássico foram muitas as mudanças estruturais e ambientais impostas à Bacia do Parnaíba, período durante o qual houve a deposição das litologias do Grupo Balsas e onde, segundo Góes & Feijó (1994), eixos de deposição controlados por zonas de fraqueza de direção NE e NW foram deslocados para o centro da bacia, mares antes abertos deram lugar a mares com circulação restrita, clima temperado passa a quente sob severas condições de aridez criando condições para a deposição dos evaporitos e instalação de ambientes desérticos no início e fim deste ciclo.

Implantação de sistemas desérticos e bacias evaporíticas em condições continentais marcam o final do Paleozoico e início do Mesozoico na Bacia Sedimentar do Parnaíba, estruturalmente relacionados ao soerguimento da região norte do Brasil e se prolongaram entre o Permiano e o Jurássico. Magmatismo básico associado e decorrente dos eventos de separação do Gondwana têm exposições representativas e que possibilitam um levantamento da história da sucessão sedimentar do período na bacia supracitada.

O Permo-Triássico na área inventariada é representado pelas formações Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, com diferenças significativas litológicas, paleontológicas e paleoambientais. Nesse espaço de tempo geológico a bacia ficou submetida a condições de forte aridez continental e ressecamento, com predomínio de fases regressivas em ambientes de climas inadequados para manifestações de vida e, conseqüentemente, os respectivos processos de fossilização. Essas condições mudam quando das fases transgressivas fortemente influenciadas pela elevação do nível do

mar e dos respectivos níveis de base das linhas de água. Neste cenário o denominado “último grande evento biológico do Paleozoico, na Bacia do Parnaíba, representado pelos troncos de madeiras silicificadas, preservados *in situ* no topo da Formação Pedra de Fogo e que documentam a pretérita existência de uma floresta tropical”, encontrou condições adequadas para instalação (SANTOS, 2009).

A interpretação dos eventos deformacionais marcados por mudanças litoestratigráficas e paleoambientais na sucessão Permo-Triássico da Bacia do Parnaíba são bem sentidas através dos níveis de deformações envolvendo, principalmente, as formações Motuca, Sambaíba e Mosquito. Segundo Abrantes Jr (2016) esses níveis de deformação são bem evidentes na zona de contato entre as formações Motuca e Sambaíba; na porção média dos estratos eólicos da Formação Sambaíba; e nos basaltos da Formação Mosquito.

##### 4.1.1. Formação Pedra de Fogo

A variedade litológica de uma sedimentação cíclica está representada na Formação Pedra de Fogo através de um conjunto de rochas, desde *chert*, calcário oolítico e pisolítico, alguns estromatólitos, intercalados com arenitos finos a médios, amarelados, folhelhos cinza, sil-titos, anidritas e dolomitos, relacionadas a um ambiente marinho raso a litorâneo com planícies de *sabkha* com contribuições de depósitos de tempestades, segundo Faria Jr.(1979) e Vaz *et al.* (2007). Em pesquisas mais recentes, Andrade *et al.*, (2014) relaciona a deposição das litologias da porção superior desta Formação a sistemas lacustres em clima árido com contribuição de rios efêmeros que tinham no seu entorno campos de dunas e planície de *sabkha* continental. Sedimentação em ambientes marinhos rasos, costeiros e continentais, de clima quente, com depósitos de carbonatos e evaporitos são defendidos por Lima & Leite (1978), Faria & Truckenbrodt (1980); Oliveira (1982), Coimbra (1983), Góes & Feijó (1994) e Dino *et al.*; (2002).

Arenitos róseos de granulação bimodal, com estratificação cruzada de grande porte configurando dunas gigantes com base plana representam as primeiras litologias dessa Formação típicas de fases regressivas em ambientes desérticos que avançam sobre regiões costeiras. Enquanto que arenitos de granulação fina, vermelhos e intercalados com argilitos vermelhos, com acamamentos lenticulares, gretas de dissecação, *tepees*,

estruturas sigmóides de baixios arenosos e baixios de maré correspondem às litologias da porção superior. Essa sedimentação cíclica bem marcante na Formação Pedra de Fogo resulta e marca a sazonalidade entre as fases úmidas e secas, refletindo as variações no nível freático e baixa taxa de subsidência.

Coletada por Martius entre 1817 e 1920, e descrita por Brogniart em 1927, o primeiro fóssil vegetal encontrado no Brasil pertence à Formação Pedra de Fogo correspondendo, ademais, ao primeiro a ser mencionado na literatura, segundo Dolianiti (1948). A madeira fossilizada foi identificada como *Psaronius brasiliensis* e desde então caracteriza a Formação Pedra de Fogo, na sua porção superior, formação esta que teve seu nome proposto por Plummer *et al.* (1948), ao referir-se às camadas de arenitos, ricas em sílex e madeiras silicificadas e de idade permiana. Posteriormente essas sequencias sedimentares foram descritas e caracterizadas em trabalhos de Góes (1995), Hasui *et al.* (1991), Castelo Branco & Coimbra (1984) e Faria Jr. (1984). Dados importantes sobre os troncos fossilizados encontram-se nos trabalhos de Coimbra & Mussa (1984), Mussa & Coimbra (1987) e Caldas *et al.* (1989) e sobre a fauna da época nos de Price (1948) e de peixes e anfíbios Cox & Hutchinson (1991).

O aspecto desta fácies da Formação Pedra de Fogo representa as planícies de areia com campos de dunas/interduna metassaturadas e alguma contribuição fluvial (Wilson, 1981). À porção superior desses estratos está associada a abundância de troncos silicificados e sua relação com essas planícies de areia deve-se à zonas de ressurgências de águas meteóricas e freáticas que originaram regiões alagadas ou verdadeiros oásis segundo

Andrade *et al.*; (2014). O conteúdo fóssil dessa Formação, fauna e flora, é expressivo, principalmente anfíbios e répteis representantes de grupos tetrápodes do permiano superior para além de peixes representantes do expressivo ambiente lacustrino (Cisneiros *et al.*, 2015; Santos & Carvalho, 2009). Caules permineralizados de gimnospermas predominantemente pertencentes à espécie *Psaronius* (Benício *et al.*; 2015; Santos e Carvalho, 2009) são encontrados e fortemente disseminados na porção superior da Formação Pedra de Fogo e base da Formação Mutuca. Para Cisneiros *et al.*; (2015) essa flora é o registro de um bioma tropical/subtropical no supercontinente Pangéa, anterior ao prevaecimento de condições de aridez que caracterizam o final do Permiano.

Desde o século XIX que dados sobre caules permineralizados na Bacia do Parnaíba têm sido descritos, no entanto o numero de espécies identificadas e descritas em detalhes são muito poucos com dificuldades, ademais, quanto ao posicionamento estratigráfico desses vegetais. Na grande maioria dos estudos os troncos fossilizados estão relacionados à Formação Pedra de Fogo. No entanto, estudos realizados na área da MNAFTO (Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins), localizada no município de Filadélfia/TO, encontraram troncos fósseis na base da Formação Motuca (Figura 27). São caules arborescentes e raríssimas folhas de samambaias (Figura 26), predominantemente do gênero *Psaronius*, com a primeira descrição de pinas e pínulas de samambaias permineralizadas para o Gondwana ocidental na América do Sul (Tavares *et al.*, 2014) denominado pelo autor de *Buritiranopteris costata* referindo-se ao sítio paleontológico da fazenda Buritirana onde foram encontrados.



**Figura 27** - Troncos de samambaia arborescente. Bacia do Parnaíba, Formação Motuca. Sítio: MNAFTO – Filadélfia/TO. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 28** - Folha de samambaia arborescente.  
Fonte: MNAFTO – Filadélfia/TO.

### **GEOSSÍTIO 03 – FLORESTA FÓSSIL COM TRONCOS VEGETAIS PERMINERALIZADOS: REGISTRO ÍMPAR DE UM BIOMA TROPICAL/SUBTROPICAL NO SUPERCONTINENTE PANGÉA**

**Latitude:** 227832 m E      **Longitude:** 9186233 m S

**Relevância:** Internacional

Caulis fósseis encontrados em posição de vida, como depósitos ou distribuídos aleatoriamente nas litologias das formações com as quais estão mais diretamente relacionados foram encontrados em diferentes regiões continentais onde rochas fanerozóicas, e mais especificamente a partir do período Devoniano, são expostas. As bacias do Paraná e do Parnaíba configuram-se como dois ambientes geológicos que ofereceram essas condições para que espécies desse grupo de plantas se desenvolvessem e cobrisse uma área extensa do continente sulamericano. No geral esses fósseis são encontrados sem ramos ou outros órgãos vegetais que foram preservados por processos de soterramento a partir de sedimentos siliclásticos, mais frequentemente, embora haja casos envolvendo rochas vulcânicas. Seguem-se processos de substituição ou impregnação dos tecidos vegetais por soluções ou gel rico em sílica (permineralização) e exposição após processos erosivos de exumação que os expõem na forma original ou de vida ou em fragmentos e distribuídos caoticamente como predominantemente são encontrados (Figura 29).

Algumas áreas onde esse material foi encontrado e levando em consideração a sua importância científica e

beleza cênica, foram transformadas em áreas de proteção ou unidades de conservação. Na bacia do Parnaíba tem-se o exemplo do Parque Ambiental da Floresta Fóssil do Rio Poty, em Teresina, e a Unidade de Conservação Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins – MNAFTO, esta considerada um dos mais importantes e representativos fragmentos dessa floresta. No seu livro *“Petrified Forests: The World’s 31 Most Beautiful Petrified Forests”*, Dernbach (1996) descreve a Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS) como um dos tesouros da natureza e constituindo-se *“no mais exuberante e importante registro fóssil tropical-subtropical permiano no hemisfério sul”*. A MNAFTO está localizada no município de Filadélfia/TO, fronteira com o Maranhão e na altura da cidade de Carolina, no distrito de Bielândia. Outras áreas de exposição dessa floresta são encontradas em Teresina e José de Freitas, no Piauí; Goiatins, Colinas do Tocantins, no vizinho estado do Tocantins; e em Carolina, Maranhão (Figura 30).

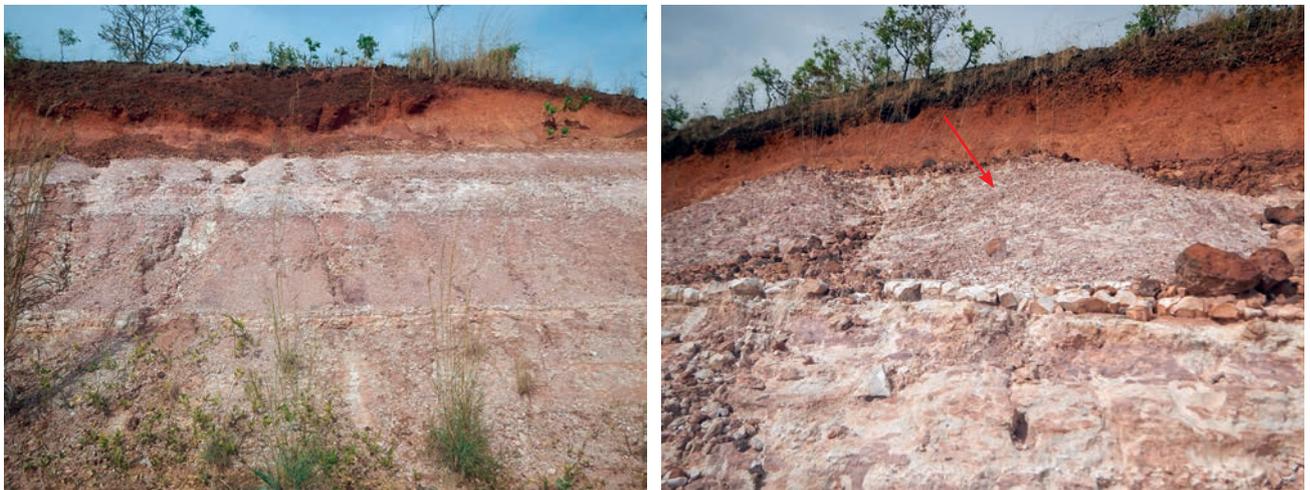
A Formação Pedra de Fogo, em cujas litologias mais diretamente são encontrados os troncos fósseis, tem sua preservação a partir de leitos de sílex no seu topo ou pela silicificação da base da Formação Motuca. Nas áreas inventariadas predomina a vegetação de cerrado, com fitofisionomia de Cerrado rupestre, embora toda a região apresente características ecotonais.

Em Carolina a área de exposição dos troncos fossilizados corresponde a afloramentos da Formação Pedra de Fogo com camadas tabulares de espessuras decimétricas de pelitos laminados com troncos silicificados dispersos, no geral horizontais. As camadas de arenito apresentam-se com laminação plana, ondulada e às vezes cavalgante, predominando cimento carbonático e níveis silicificados que podem ocorrer na forma de camadas contínuas ou amalgamadas. A esses níveis silicificados maciços estão associadas gretas de contração e nódulos de sílex relacionados a períodos de elevada taxa de evaporação como consequência da saturação e precipitação de carbonatos e evaporitos em épocas de baixos níveis de água nos lagos originando superfícies gretadas nas planícies de lama (Figura 31).

Nos perfis estudados as litologias da Formação Pedra de Fogo apresentam, ademais, intercalações de camadas tabulares contínuas de pelitos cinza a esverdeados (Figura 32) e arenitos esbranquiçados a cremes com fragmentos de troncos fósseis dispersos e horizontalmente dispostos (samambaias e gimnospermas) com um elevado grau de preservação. Os troncos são



**Figura 29** - Truncos fossilizados a partir de sedimentos siliclásticos, Formação Pedra de Fogo, Carolina/MA. Fotos: Acervo dos autores.



**Figura 30** - Variedade litológica de uma sedimentação cíclica da Formação Pedra de Fogo com arenitos finos a médios, amarelados, folhelhos e siltitos e leitões de sílex (seta). Afloramentos localizados no município de Filadélfia/TO. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 31** - Gretas de contração e nódulos de sílex relacionados a períodos de elevada taxa de evaporação como consequência da saturação e precipitação de carbonatos e evaporitos em épocas de baixos níveis de água. Sítio: Moropoia, Carolina/MA. Bacia do Parnaíba. Formação Pedra de Fogo. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 32** - Afloramento da Formação Pedra de Fogo. (A) Camadas de arenito laminados e pelitos cinza a esverdeados, cimento carbonático. (B) Níveis silicificados de camadas contínuas ou amalgamadas. Sítio: Moropoia, Carolina/MA. Bacia do Parnaíba. Formação Pedra de Fogo. Fotos: Acervo particular dos autores.

encontrados em bom estado de preservação, deitados ou distribuídos de forma caótica.

É nítida a permineralização por sílica e preservação. Os troncos maiores encontrados têm cerca de 2,35 m, mas a grande maioria ocorre na forma de fragmentos, localmente concentrados ou dispersos e geralmente misturados a fragmentos outros de sílex. Segundo pesquisas devidas a Herbst (1999), Rössler & Galtier (2002a; 2002b; 2003) e Rössler (2006), a paleoflora é bem diversificada com um domínio das samambaias arborescentes psaroniales (Figura 33).

Os sítios inventariados de exposição de troncos fossilizados do topo da Formação Pedra de Fogo e base da Formação Motuca representam, para a comunidade geocientífica, elementos importantíssimos e esclarecedores dos processos evolutivos da Bacia do Parnaíba embora também levantem alguns questionamentos principalmente quanto às idades dessas duas Formações, evidenciados nos trabalhos acima citados. Um outro questionamento importante advém do fato de apenas dois gêneros ocorrerem de forma disseminadas nas bacias do Parnaíba e Paraná, se em tempos

pretéritos essas duas bacias estiveram interligadas? Questões como estas, e outras tantas, elevam a importância da área como campo de pesquisa acadêmica e científica o que transforma esse sítio em um geossítio de interesse local, regional e internacional.

#### 4.1.1.1. Estrutura de Impacto de Riachão

Localizada a 46 km da cidade de Riachão/MA, com uma das estruturas que lhes são associadas, a Pedra da Lapa, com coordenadas 7°43'26.02" S/46°37'56.26" W, a estrutura de impacto de Riachão apresenta um diâmetro de 4,2 km. Predominam rochas sedimentares arenosas paleozoicas e mesozoicas com camadas carbonáticas silexíticas, sem sinais evidentes de deformação. O acesso é feito a partir da BR-230 – Carolina a Estreito – e próximo a este último município, através de uma estrada de terra atinge-se, após cerca de 50 km, a localidade Fazenda Campina onde o afloramento da Pedra da Lapa é alcançado.

A primeira citação com dados da estrutura deve-se a Ojeda e Bembom (1966) ao mapearem a região do entorno. Outros autores, como McHone e Dietz



**Figura 33** - Permineralização por sílica e preservação de troncos da paleoflora psaroniales do sítio Moropoia, Carolina/MA. Fotos: Acervo particular dos autores.

(1978) chegaram a estabelecer relações com a estrutura de Serra da Cangalha/TO. Em 1986, McHone publica um mapa geológico na escala de 1:70.000 onde destaca feições dessa estrutura como o anel elevado de 30 m com brechas polimíticas e arenitos intemperizados da Formação Sambaíba; folhelhos e rochas carbonáticas do topo da Formação Motuca.

No mapa geológico apresentado por McHone (1986), com escala aproximada de 1:70.000, destacam-se as seguintes feições: anel elevado cerca de 30 m em relação ao terreno adjacente; núcleo soerguido; níveis de *chert* da Formação Pedra de Fogo no entorno da estrutura; e atravessando o anel, diques e falhas radiais que contornam a estrutura (ver Figuras 34 e 35). Para Maziviero (2012), a partir do modelo digital de elevação, estabelece uma morfologia para a estrutura de Riachão como sendo constituída da borda para o centro por anel elevado, depressão anelar e núcleo soerguido. É visível em todos os afloramentos e em todas as feições o grau elevado de erosão, para o que contribui de

forma efetiva o desnível topográfico muito baixo entre as zonas da estrutura e que reflete na dificuldade de reconhecimento das litologias da estrutura.

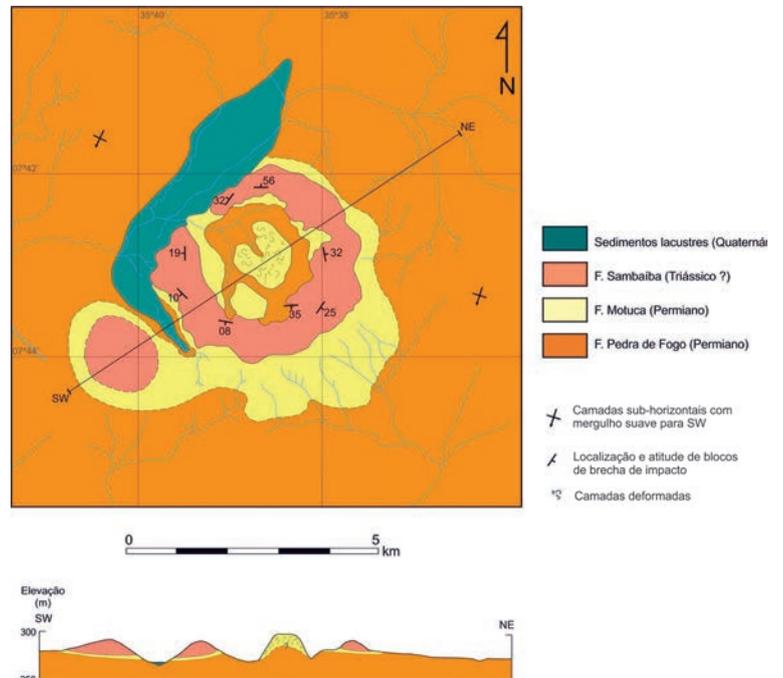


Figura 34 - Mapa geológico da estrutura de Riachão segundo McHone (1986), in: Maziviero, 2012.

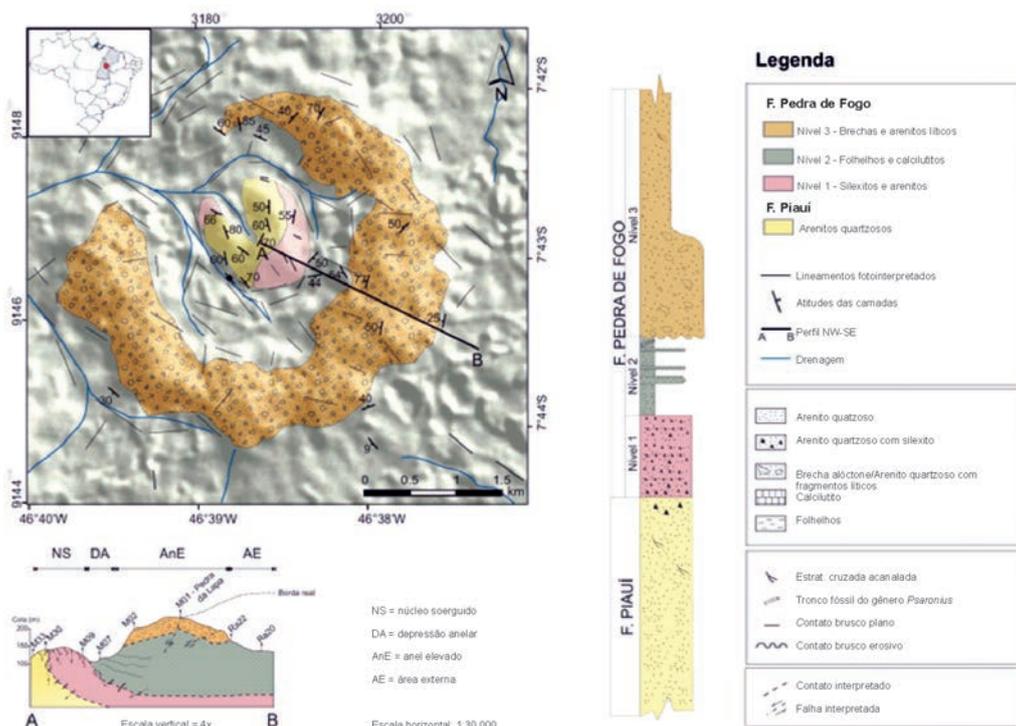


Figura 35 - Mapa geológico da estrutura de impacto de Riachão/MA, segundo Maziviero, 2012.

## GEOSSÍTIO 04 – ASTROBLEMA DE RIACHÃO: PEDRA DA LAPA E NÚCLEO DA ESTRUTURA

**Latitude:** 319988 m E      **Longitude:** 9145881 m S

**Relevância:** Internacional

O afloramento identificado como Pedra da Lapa, é uma exposição de brecha polimítica situado, segundo McHone (1986), na borda da estrutura com cerca de 8,5 m de comprimento por 2,5 m de altura e formada durante o impacto, em rochas da Formação Pedra de Fogo. Os clastos da brecha são angulosos e mal selecionados, com fragmentos areníticos, feldspáticos e de sílex. A porção superior da Pedra da Lapa é revestida por uma camada de silexito brechado constituído de sílica cristalina, responsável pela forte resistência oferecida ao choque com martelo (Figura 36).

De modo significativo ocorrem diques que sobressaem na topografia por serem resistentes aos processos intempéricos, sendo mais bem preservados quando mais próximos do núcleo se posicionam. Sua formação está relacionada à percolação de fluidos durante a formação da cratera, preenchendo as falhas e fraturas.

Espaçamento entre 2 cm a 15 cm predominam para as fraturas, encontrando-se preenchidos por minerais de alteração de ferro, aqui geralmente hematita e goethita, para além de metaquartzito ou calcedônia.

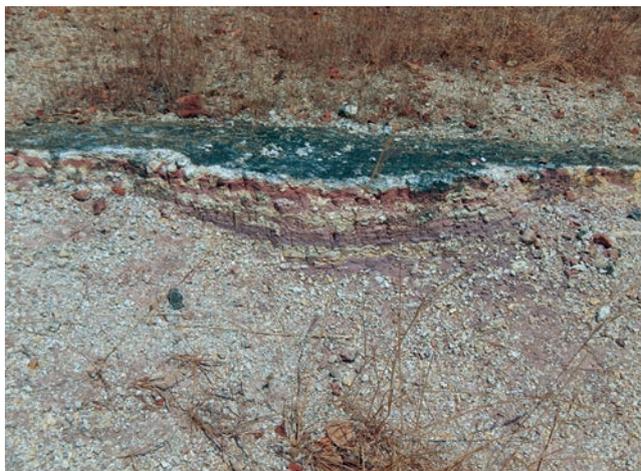
Há uma direção preferencial ou pelo menos mais frequente para os lineamentos, correspondendo à direção NW-SE, com valores atribuídos de 260°, 310° e 320°, bem como outras mais próximas do centro da estrutura de direção ENE-WSW com valores entre 70° e 80°. Para as camadas, os ângulos de mergulho variam significativamente, à medida que aproxima-se o núcleo da estrutura, podendo variar dos 30° para NE aos 85° para SW.

Afloramentos localizados nas proximidades da depressão anelar expõem rochas pelíticas, com intercalações de silexitos e siltitos, calcilitos e calcarenitos, com colorações do vermelho ao roxo passando pelo esverdeado em camadas heterolíticas planoparalelas (Figura 37).

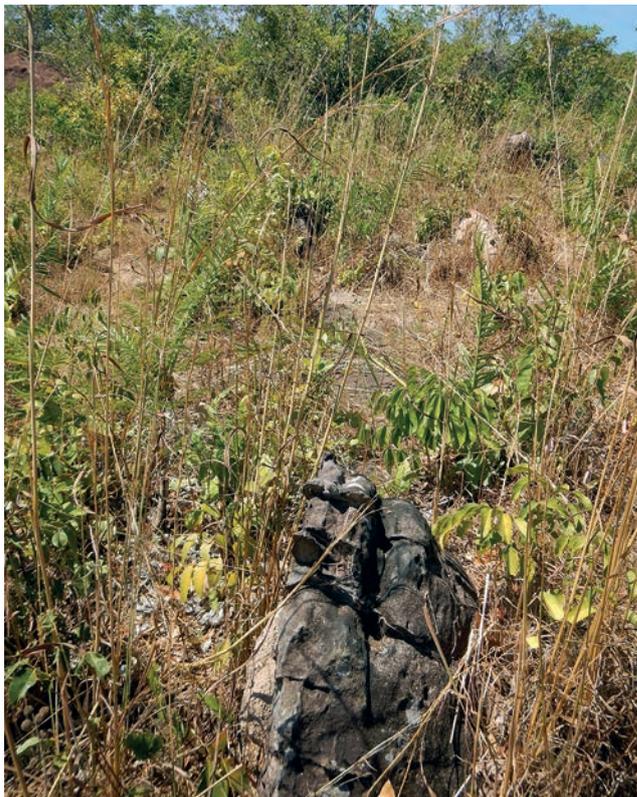
Os afloramentos rochosos apresentam-se basculados e com ângulos de mergulho que variam de sub-horizontais a subverticais no geral em torno dos 50°-65°, localmente algumas medidas atingem os 80° e direção 340°-160° (Figura 38).



**Figura 36** - Astrobalema Riachão. (A) Vista geral da Pedra da Lapa, borda leste da estrutura de Riachão. (B) Estratificação cruzada da porção inferior do afloramento. (C) Porção superior com arenito silicificado. (D) Fragmentos líticos de arenito com clastos de até 5 cm. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 37** - Vista geral dos planos dos litotipos localizados na depressão anelar da estrutura de Riachão, com intercalações de calciaarenitos e calcilitos com camadas plano-paralelas. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 38** - Afloramento com camadas subverticais situado no núcleo da estrutura de Riachão. Foto: Acervo particular dos autores.

Pesquisas mais recentes (Maziviero, 2012), defendem para a estrutura de Riachão uma origem a partir de um impacto que gerou uma estrutura circular de 4,2 km de diâmetro, individualizado segundo três zonas, a saber: núcleo soerguido onde afloram silexitos e arenitos com distintos graus de deformação; depressão anelar, com silexitos brechados e rochas

pelíticas carbonáticas similares àquelas encontradas externamente à estrutura; e o anel elevado apresentando brechas e arenitos líticos. Segundo esta mesma autora, as microfeciões, nomeadamente aquelas “marcadas” em grãos de quartzo, podem ser entendidas como prova definitiva de que a gênese da estrutura de Riachão está relacionada a evento de impacto meteorítico.

#### 4.1.2. Formação Motuca

Aos folhelhos avermelhados, com lentes de carbonatos e anidrita encontrados na fazenda Motuca entre São Domingos e Benedito Leite, no Maranhão e que recobrem a Formação Pedra de Fogo, Plummer *et al*; (1948) denominou de Formação Motuca, depositados em ambiente continental desértico sob influência de sistemas lacustres. Mesner & Wooldridge (1964), no entanto, defendem uma origem continental eólica e fluvial, características deposicionais áridas de mar interior bem representada pelos evaporitos. Para Faria Jr. (1984) o predomínio de pelitos (argilitos e siltitos) e camadas de gipsita (anidrita) intercaladas aos carbonatos definem ambientes fluviais, eólicos, *sabkhas* (lagos salgados) representativas de períodos de condições climáticas quentes e áridas acentuados. Sistema desértico com lagos associados foi o ambiente de deposição para a Formação Motuca, segundo Góes & Feijó (1994).

Estratificação cruzada sigmoidal caracteriza de forma bem evidente os arenitos dessa formação, associados aos pelitos laminados vermelhos, cuja interpretação insere-os nos depósitos lacustre/deltaico. Assentada de modo gradacional sobre a Formação Pedra de Fogo apresenta litofácies de pelitos vermelhos (argilitos, siltitos e silixitos) depositados em ambiente continental fluvial de planície de inundação ou lagunas; arenitos conglomeráticos bem selecionados, friáveis e pouco feldspático; e arenitos eólicos de granulação fina a média, friáveis, bem selecionados, estratificação cruzada e com linhas de grãos. São depósitos continentais de dunas eólicas com retrabalhamento de depósitos fluviais e de lagos ao longo de uma planície de inundação.

#### GEOSSÍTIO 05 – INTERCALAÇÕES DE FÁCIES EVAPORÍTICA E SILICLÁSTICA FINAIS DA FORMAÇÃO MOTUCA

**Latitude:** 326145 m E      **Longitude:** 9176555 m S  
**Relevância:** Regional/Local

Nos afloramentos onde é possível mapear o contato da Formação Motuca com a Formação Pedra de Fogo, ele ocorre de forma gradacional. São siltitos e argilitos vermelhos laminados com arenitos finos a muito finos claros e níveis de calcários, gipsita e anidrita. Ocorre o domínio dos pelitos laminados, de coloração avermelhada (*red beds*) formando extensas

camadas tabulares onde é possível observar uma repetição de ciclos de deposição granocrescentes ascendentes (Figura 39).

De modo subordinado, ocorre estratificação cruzada tangencial e tabular que gradam, quando da proximidade do contato superior com a Formação Sambaíba, para arenitos médios com falhas e fraturas de menores dimensões (Figura 40).

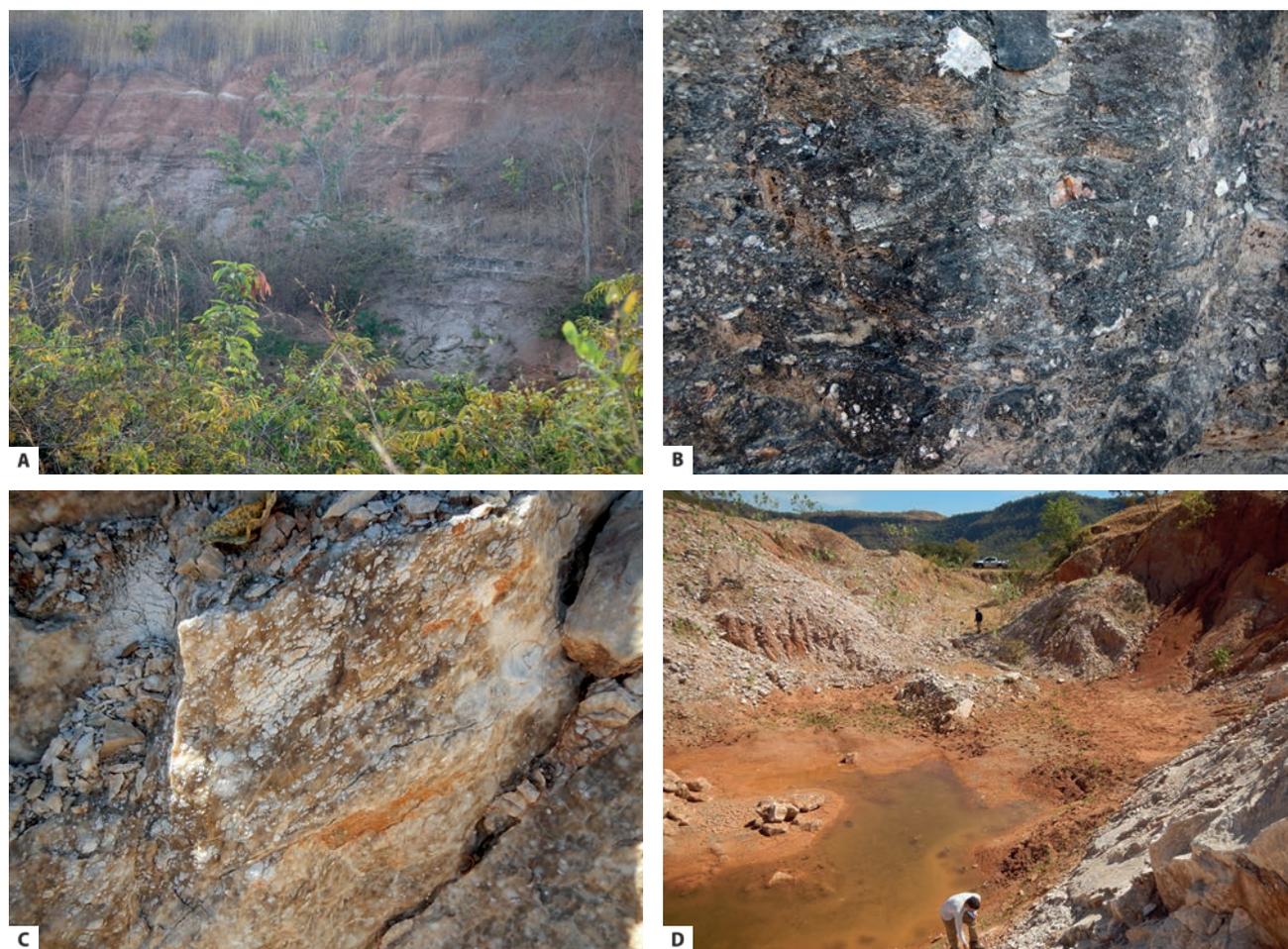
A extensa e uniforme distribuição dos pelitos com granulometria mais fina sugere, para autores como Talbot & Allen (1996) e Oliver & Prave (2013), deposição em regime de bacia fechada de relevo suave em lagos permanentes. Lateralmente observa-se a presença de pelitos laminados com nódulos de gipso, gipsoarenitos (arenito com clastos) e calcário maciço. São afloramentos onde ocorrem intercalações de fácies evaporítica e siliclásticas finais. São lentes de evaporitos com cores brancas, onde predomina o gipso fibroso e/ou prismático a cinza escuro. O arenito com gipso apresenta-se com laminação planoparalela. Afloramentos da fácies predominantemente evaporítica com gipso nodular e laminados em lentes métricas intercalados a pelitos laminados foram observados no vizinho estado do Tocantins, margem esquerda do rio Tocantins, próximo da localidade Bielândia.

#### GEOSSÍTIO 06 - CONTATO F. MOTUCA/F. SAMBAIBA – FÁCIES PELITO LAMINADO E ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA

**Latitude:** 305164 m E      **Longitude:** 9178899 m S  
**Relevância:** Nacional/Regional

Afloramentos dessa Formação representativos da sucessão sedimentar na área de estudo ocorre na BR-230 na região de Riachão, com espessuras entre 10m a 12m. No município de Filadélfia, em pedreiras de gipso essa transição fica mais bem evidenciada e de fácil percepção. Na área de estudo, as litologias dessa Formação ocorrem, predominantemente, como arenito fino a médio com esfericidade elevada, seleção moderada e estratificação cruzada tabular a tangencial, predominantemente na base, de médio a grande porte bem representativa de fácies eólica.

O contato entre essas duas unidades é feito de forma brusca com passagem de arenitos finos com sedimentação cruzada da Formação Motuca para arenitos de textura média com presença de pequenas falhas e laminações



**Figura 39** - Feições litoestratigráficas dos evaporitos e pelitos da Formação Motuca. (A e B) mostram uma visão panorâmica no campo da exposição das litologias e sobreposição dos pelitos laminados avermelhados (*red beds*) sobre os evaporitos. (C) Arenito com clastos de evaporitos (gipsoarenito). (D) Detalhe do gipso nodular (este afloramento fica no município de Filadélfia/TO). Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 40** - Contato do topo da Formação Motuca com os arenitos da base da Formação Sambaíba (seta). Filadélfia/TO.

convolutas da Formação Sambaíba. As falhas são indicativas de deformação rúptil cujas características geométricas e de mergulho estão relacionadas à heterogeneidade reológica das rochas sobre as quais atuaram as forças de compressão e tensões. As camadas arenosas do sítio em foco apresentam um visível espessamento ascendente caracterizando um aumento do influxo de areia para dentro do lago em contraste com os arenitos finos subjacentes não-lacustres com sedimentação cruzada (Abrantes Junior, 2016).

Das feições típicas da Formação Motuca incluem-se as camadas tabulares de pelitos laminados, arenitos laminados com sedimentação cruzada, arenito maciço, ritmitos, marga e

calcário maciço expostos em perfis de mais de uma dezena de espessura e com mudança lateral de fácies. Presença de deformação dúctil e brechas foram observadas em campo como indicativos de deformação sinsedimentar como resposta a eventos compressivos e/ou compactadores nos arenitos e pelitos com sedimentação plano-paralela. Essa sucessão corresponde ao primeiro nível de deformação intraformacional, com sua observação em campo nos afloramentos de depósitos lacustres do topo da Formação Motuca localizados na área do município de Riachão (Figura 41).

Outras estruturas sedimentares são de fácil observação nos arenitos e pelitos da Formação Motuca na sua zona de contato com a Formação Sambaíba, tais como: estratificação cruzada tangencial, tabular, planoparalela; deformações dúcteis, truncamento de baixo ângulo, acamamento *flaser/wavy*, texturas intempéricas do tipo *blocky*, lobos sigmoidais, etc. Essa sucessão corresponde ao primeiro nível de deformação intraformacional, com

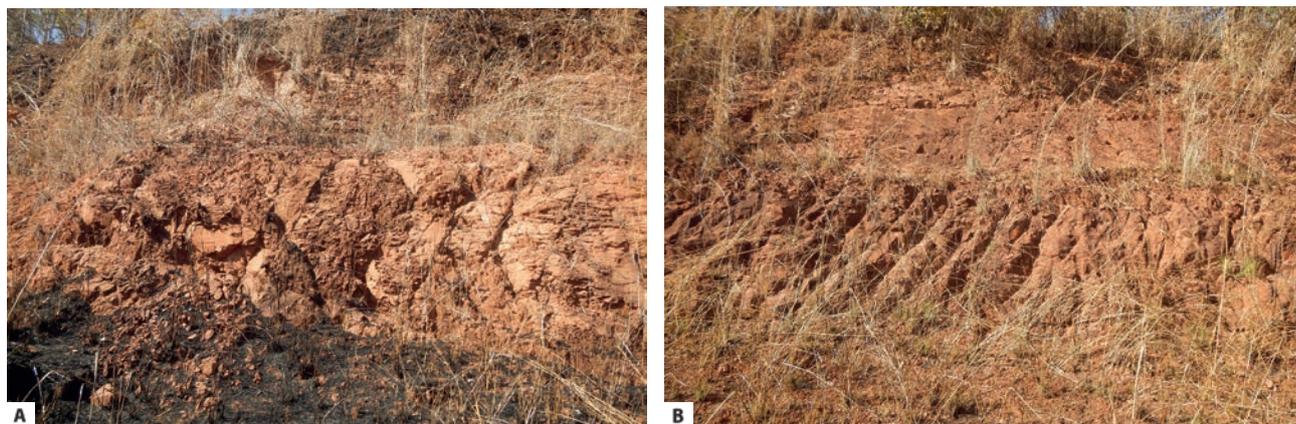
sua observação em campo nos afloramentos de depósitos lacustres do topo da Formação Motuca localizados na área do município de Riachão (Figura 42).

#### 4.1.3. Formação Sambaíba

As primeiras informações, denominação e definição para a Formação Sambaíba devem-se a Plummer *et al.*; (1948) ao referir-se aos arenitos individualizados e caracterizadores das mesetas então observadas nas proximidades e entorno da cidade de Sambaíba/MA onde se localiza a seção-tipo. Arenitos creme com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada de médio/grande porte, classificados como depósitos de campo de dunas marginal constituem as litologias predominantes da Formação Sambaíba (AGUIAR, 1971). Feições típicas de sedimentos eólicos que caracterizam um sistema desértico com contribuição fluvial constam das características ambientais identificadas nas litologias dessa Formação



**Figura 41** - Contato entre o arenito com sedimentação cruzada da Formação Motuca com arenito com sedimentação convoluta, falhas e microfalhas da Formação Sambaíba. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 42** - Estruturas sedimentares. (A) Camadas tabulares de pelitos laminados com textura intempérica em *blocky*. (B) Arenito apresentando na base camadas maciças que gradam para estratificação cruzada tabular e tangencial.

segundo Vaz *et al.*; (2007). Derrames básicos eojurássicos da Formação Mosquito definem o limite superior da Formação Sambaíba (GÓES & FEIJÓ, 1994). Na área em estudo esta formação ocupa a maior área de exposição ao longo de extensos chapadões dissecados com cobertura de basaltos lateritizados e que dão sustentação ao relevo em mesas e morros-testemunhos. De modo localizado, mais precisamente no contato com a Formação Motuca, o arenito de coloração rósea encontra-se fortemente “cozido” com aspecto quartzítico, duro e de forte resistência ao martelo e quebrando em fraturas conchoidais típicas. De um modo geral esse não é o comportamento e aparência do arenito Sambaíba que no geral ocorre com comportamento friável a pouco consolidado como consequência do intenso faturamento a que foi submetido muito bem visível a partir das estruturas rúpteis encontradas em afloramentos. O contato inferior com a Formação Motuca é transicional marcando a fase árida da Bacia do Parnaíba; o superior observado em campo é feito com camadas alteradas de basalto, lateritizados ou em forma de blocos com esfoliação esferoidal e na sua maior parte discordante, quer como derrame, quer como dique. Também foi possível observar inclusões de blocos areníticos e diques de arenito.

A individualização de características de composição, geometria, texturas, estruturas sedimentares, presença de fósseis e outros padrões permitem a individualização e diferenciação de grupos de rochas a que dá-se o nome de fácies. Na Formação Sambaíba foi possível identificar dois padrões ou características litológicas: um relacionado ao pacote da base com pelitos laminados, arenitos com estratificação plano-paralela e cruzada de médio a grande porte, falhas

e microfalhas numa alternância de fácies arenosas e pelíticas que ocorrem em extensos lençóis de areia; outro, correspondendo aos campos de dunas.

#### **GEOSITIO 07 - VALE DOS ESPELEOTEMAS – UM IMPORTANTE REGISTRO DE PALEOCARSTE EM ROCHAS SILICLÁSTICAS NO NORDESTE BRASILEIRO: BASE DA FORMAÇÃO SAMBAÍBA**

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 227876 m E      **Longitude:** 9217223 m S

**Relevância:** Internacional

As litologias identificadas na área de estudo e pertencentes à base da Formação Sambaíba ocorrem na forma predominante de arenito com laminação convoluta, falhas e fraturas, estratificação plano-paralela e cruzada de médio porte e espessura entre 4 a 6 m, que alterna com unidades de composição pelítica, correspondendo à fácies lençóis de areia. As mesmas estruturas deformacionais são encontradas no contato inferior com a Formação Motuca com planos de inclinações variados desde sub-horizontais, verticais e oblíquos e direções preferenciais para NW-SE e W-E, coincidente com as direções de alinhamento dos morros testemunhos que sobressaem na topografia.

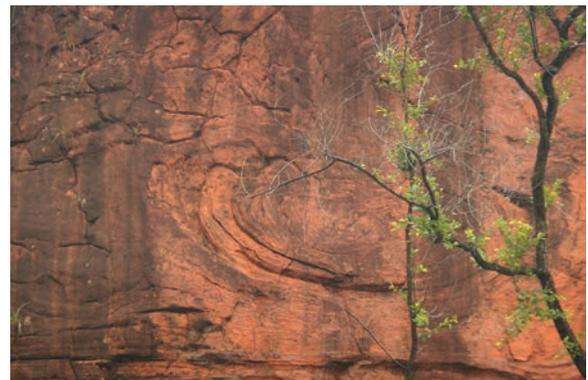
O contato basal com a Formação Motuca é marcado por falhas e microfalhas com ângulos de inclinação de baixo a alto e com deslocamentos sub-horizontais, normais e oblíquos de direção preferencial NW-SE, com dobramentos e estratificação cruzada e plano-paralela, com predomínio de laminação horizontal planar. Dobras com eixo sub-verticais a horizontais evidenciam

o desenvolvimento de deformações convolutas dúcteis afetadas por falhamentos rúpteis subverticais e com pequenos rejeitos (Figura 43). Alguns dados estruturais foram coletados, fornecidos por eixo de dobras paralelo ao plano de falha (N90°W), mergulho de camadas do flanco esquerdo (30°/65°) e direito (45°/200°).

Feições cárstica são observadas na forma de dutos verticais de grades dimensões para onde convergem os dutos horizontais ou posicionados no contato entre camadas gerando ogivas ou portais de grande porte de acentuada distribuição por toda a área e evidenciando o forte processo de carstificação que afetou toda a região do Vale das Águas, com forte controle da tectônica regional (Figura 44).

A encosta está voltada para um grande vale, com drenagem superficial capturada, em um ponto mais adiante, por drenagem subterrânea a partir de onde se formou um grande *canion*. Esta área apresenta a maior

concentração de feições e estruturas relacionadas ao processo de carstificação, ou seja, espeleotemas com estruturas semelhantes a: cortinas, coraloides (pequenos espeleotemas de formato nodular, globular, botrioidal ou em forma de coral, geralmente sem conduto central e cuja origem pode estar associada à circulação, exudação ou condensação de soluções), estalactites, túbulos/dutos (pequenos condutos irregulares que se entrecruzam formando uma rede com aspecto reticular, com interior cilíndrico vazio ou preenchido) ou faveolamento resultante do enriquecimento/impregnação óxido de ferro e canais de escoamento. A concentração dessas estruturas assume uma proporção elevada a ponto de se imaginar uma origem a partir de uma grande caverna cujo teto estava emoldurado por esses diferentes tipos de espeleotemas que agora estão expostos em posição não original após colapso da mesma. Os resultados das análises geoquímicas



**Figura 43** - Feições estruturais da base da Formação Sambaíba: dobras, falhas e deformação dúctil. Falhas coincidentes com direção do eixo de dobra recumbente maior. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 44** - Ação conjunta da tectônica regional na formação de dobras e dutos verticais e fragilidade das camadas, na sua zona de contato, na formação de dutos horizontais na geração de feições cársticas. Fotos: Acervo particular dos autores.

elementar por espectrometria de fluorescência de raios-X demonstrou um percentual elevado na composição desses espeleotemas para os elementos sílica e manganês (Figura 45).

### GEOSSÍTIO 08 - ESTRATOS EÓLICOS DA FORMAÇÃO SAMBAÍBA

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

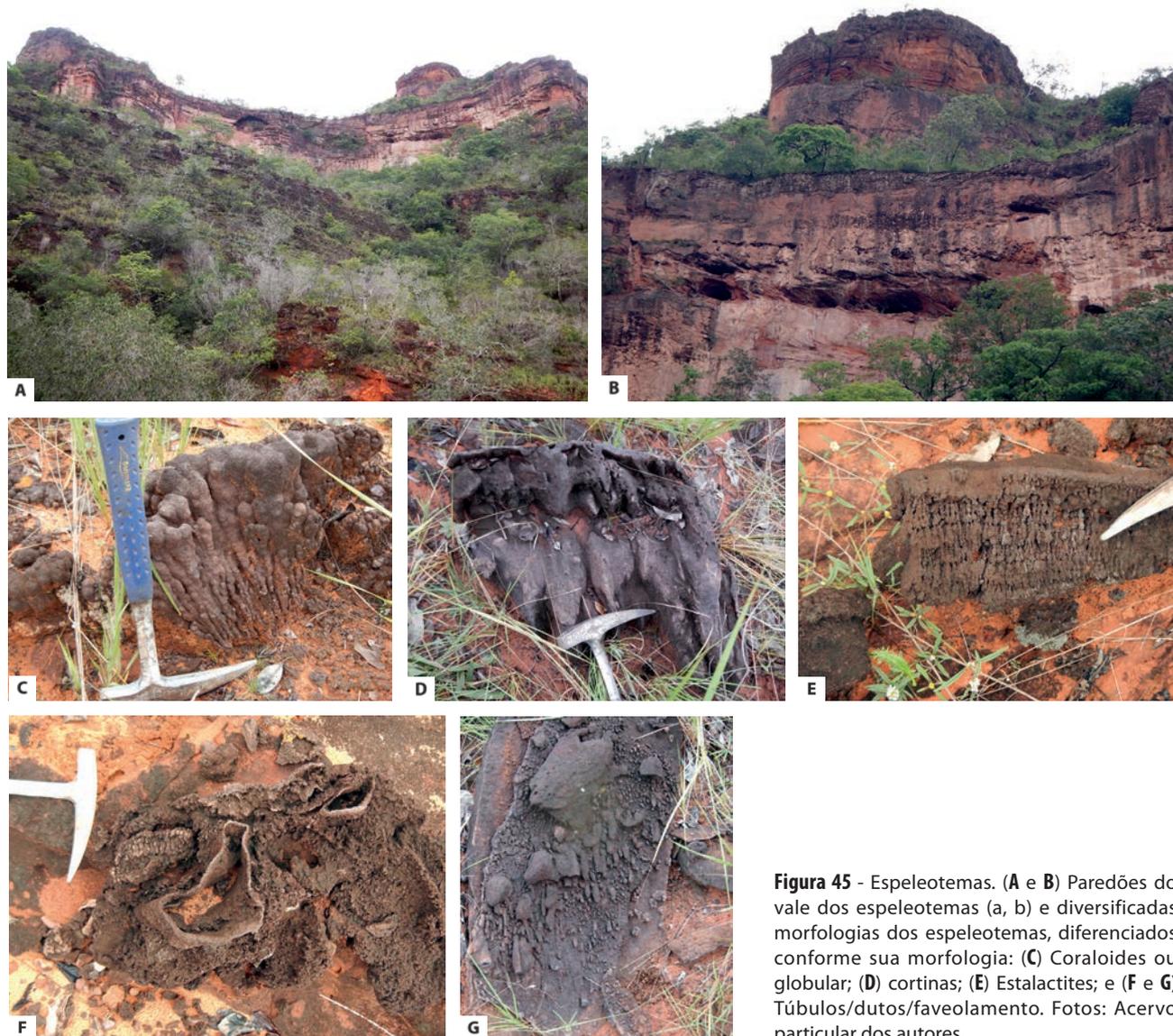
**Latitude:** 275332 m E      **Longitude:** 9215561 m S

**Relevância:** Internacional

Camadas tabulares de arenitos finos a médios ocupam praticamente toda a área do inventário em formações rochosas que sobressaem na paisagem em

elevações que chegam a atingir os 180 m de espessura na forma de “mesas”, feição esta que caracteriza e deu nome à Chapada das Mesas. São arenitos finos a médios, claros a alaranjados, grãos bem selecionados e arredondados com inúmeros *sets* de estratificações cruzada de médio a grande porte, como produto de migração de dunas, e plano-paralela com grãos bem selecionados como produto de migrações de interdunas em depressões entre dunas eólicas (WILSON, 1971; Ahlbrandt & Fryberger (1981). A sucessão de camadas que compõem essa porção superior da Formação Sambaíba é tida como a mais representativa da mesma, distribuindo-se por toda a área inventariada.

A sucessão característica e identificadora da Formação Sambaíba está representada por arenitos com



**Figura 45** - Espeleotemas. (A e B) Paredões do vale dos espeleotemas (a, b) e diversificadas morfologias dos espeleotemas, diferenciados conforme sua morfologia: (C) Coralóides ou globular; (D) cortinas; (E) Estalactites; e (F e G) Túbulos/dutos/faveolamento. Fotos: Acervo particular dos autores.

estratificação cruzada de médio a grande porte, com grãos bem selecionados e arredondados, estratificação plano-paralela com camadas mergulhando para NW-SW e conglomerados maciços, associações estas identificadas como material constituintes das “mesas” distribuídas e predominando em toda a extensão da área estudada (Figura 46).

Na sua porção superior ocorre o contato com a Formação Mosquito com presença de basaltos amigdaloidais, com esfoliação esferoidal e arenitos silicificados duros com características de quartzito. Observa-se um aumento no sentido base-topo nos *sets* da estratificação cruzada. De fácil observação também é a presença de superfícies nas “mesetas” que vão desde plana a irregular, para o primeiro nível, e plana para o segundo, correspondendo esta ao topo das mesmas e contato com o basalto alterado da Formação Mosquito (Figura 47).

### SÍTIO DA GEODIVERSIDADE 09 - MORRO DO CHAPÉU

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 233063 m E      **Longitude:** 9197643 m S

**Relevância:** Nacional/Local

O Morro do Chapéu, com seus 378 metros de altura representa a morfologia típica da área de estudo caracterizada por uma planície vasta e um penhasco íngreme seguido por um planalto acima e representa o principal e mais belo cartão postal da Chapada das Mesas com origem do nome advinda do seu formato peculiar. De cima do seu mais alto patamar ou superfície tem-se uma visão privilegiada da Chapada das Mesas com destaque para o rio Tocantins, a cidade de Carolina além das demais mesas e mesetas que compõem o cenário da Chapada das Mesas (Figura 48).

A sucessão litológica corresponde à porção superior e característica da formação Sambaíba, composta por complexos de campo de dunas com arenitos com estratificação cruzada de médio a grande porte, estratificação plano-paralela com estratos tabulares e lenticulares dispersos. O topo da elevação está revestido de uma camada de canga laterítica como produto de alteração de arenitos que dá sustentação ao relevo. A vegetação exposta é do tipo Cerrado rupestre.

Observa-se um aumento no sentido base-topo nos *sets* da estratificação densamente fraturados, fraturas essas que assumem inclinação vertical a oblíqua e

que de modo localizado individualizam colunas ou prismas no arenito (disjunção prismática ou colunar), separadas por diaclases paralelas que pode ter a sua origem forças de tensão ou influencia de calor proveniente de alguma intrusão ou percolação de material magmático próximo. De fácil observação também é a presença de superfícies nas “mesetas” que vão desde plana a irregular, para o primeiro nível, e plana para o segundo, correspondendo esta ao topo das mesmas e contato com o basalto alterado da Formação Mosquito (Figura 49).

O contato com a Formação Motuca ocorre de modo localizado, com pequena exposição, onde é possível observar a passagem de arenitos finos com sedimentação cruzada da Formação Motuca para arenitos de textura média com presença de fraturas e pequenas falhas da Formação Sambaíba (Figura 50).

### GEOSSÍTIO 10 - PORTAL DA PEDRA FURADA

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 232166 m E      **Longitude:** 9204731 m S

**Relevância:** Nacional/Local

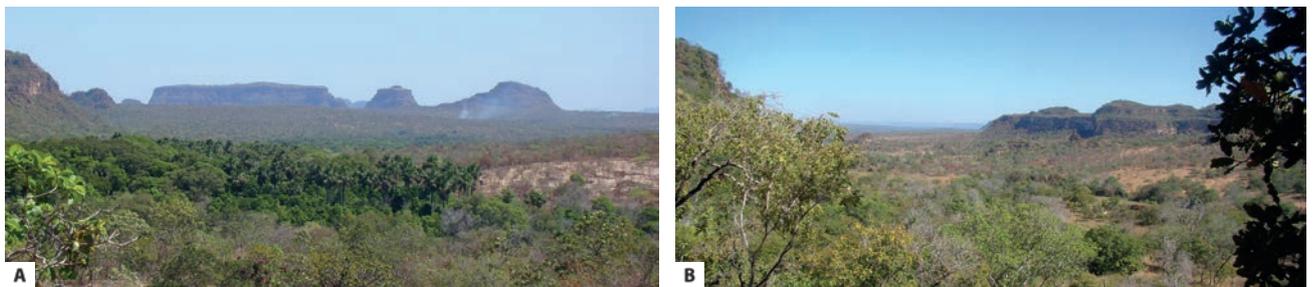
A presença de estruturas desenvolvidas na forma de portal é uma das características marcantes e disseminadas em toda a área da Chapada das Mesas. O mais desenvolvido, conhecido e visitado pelos turistas é o Portal da Pedra Furada (Figura 51), localizado no município de Carolina, com feições de um arco ou ogiva com estabilidade natural conferida pela distribuição de peso da porção superior suportada pelas laterais da estrutura geológica. Dista 15 km do centro da sede municipal, com acesso por estrada pavimentada (BR 010).

O Portal está localizado na porção superior de um platô de 70 m e corresponde a uma grande fenda vertical de 7 m de altura a partir da qual tem-se uma vista das formas geológicas e geomorfológicas que caracterizam e dão nome aos terrenos da Chapada das Mesas, aqui inventariado como Vale das Águas. Para a cultura local, este ponto serviu de base para práticas de rituais da tribo indígena Macamecrás que homenageavam o Deus Lua.

Muitas dessas cavidades estão situadas nas escarpas das chapadas, com abertura principal e mais bem desenvolvida no sentido vertical originada por porosidade secundária, predominantemente falhas e fraturas também condicionantes dos sistemas hidrográficos superficiais. Cavidades ou dutos menores dispostas



**Figura 46** - Aspectos morfológicos e litológicos mais representativos da Formação Sambaíba. (A) Camadas tabulares de arenitos expostos nas mesetas do PARNA Chapada das Mesas com plano de falha visível. (B) Morros testemunhos segundo alinhamento de direção N70°E com diferentes camadas de estratificação cruzada de grande porte da porção superior da unidade. (C) Estratificação cruzada truncada com superfícies de reativação e deflação ou recortada por feição erosiva. (D) Estratificação plano-paralela. Fotos: Acervo particular dos autores.

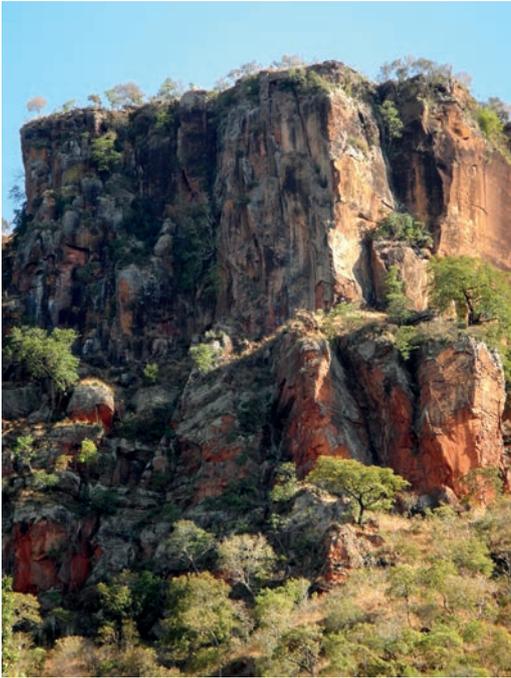


**Figura 47** - Superfícies limitantes entre as formações Sambaíba e Mosquito. (A) Superfícies limitantes entre as formações Sambaíba e Mosquito. (B) Ss1, campo de dunas com estratificação cruzada de médio a grande porte e Ss2, campo de dunas com grandes estruturas de estratificação cruzada e contato com Formação Mosquito. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 48** - Cenário dominante no Vale das Águas.

(A) Panorâmica do Morro do Chapéu e da Chapada das Mesas. (B) Morro do Chapéu com vista a partir do Portal da Chapada. Foto A: Marcelo Assub. Foto B: Acervo particular dos autores.



**Figura 49** - Aspectos da sucessão característica de campos de dunas da Formação Sambaíba, porção superior da unidade em contato com Formação Mosquito. Fotos: Acervo particular dos autores.



**Figura 50** - Contato inferior entre arenitos das formações Motuca e Sambaíba, no entorno do Morro do Chapéu. Foto: Acervo particular dos autores.

no sentido horizontal estão associados a discordâncias litológicas entre camadas de arenitos que correspondem a zonas de fragilidade dos planos de estratificação. Todos esses dutos menores observados têm direção ou convergência para os dutos maiores verticais (Figura 52). Observa-se então que esses condutos menores, provenientes da fragilidade do contato entre camadas, convergem em direção ao conduto principal, o qual é decorrente de um diaclasamento secundário. A densidade dos dutos configura uma atividade físico-química intensa e a distribuição homogênea dos mesmos na vertical faz supor uma descida com velocidade constante do nível freático.

Essas feições traduzem e representam, de forma significativa e caracterizadora, evidências de um paleossistema cárstico na região da Chapada das Mesas. Segundo Hardt *et al.*, (2011), por não apresentarem conectividade com o relevo atual esses sistemas de condutos horizontais e verticais possibilitam entendê-los como um sistema antigo formado em tempos quando o aquífero encontrava-se acima do nível atual. Erosão química e física dos arenitos associadas a processos tectônicos, muito bem representados pelo significativo conjunto de falhas e fraturas observado in situ, são responsáveis pela origem e instalação de feições indicativas de um paleocarste e que corresponde ao que Suguio



**Figura 51** - Portal da Pedra Furada em arenitos da Formação Sambaíba, mostrando o duto principal vertical e dutos horizontais nas zonas de contato entre camadas. Observar que o duto vertical corresponde a uma porosidade secundária, no caso uma falha, bem visível na base da abertura. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 52** - Cavidades verticais e dutos.  
(A) Dutos verticais.  
(B) Dutos horizontais menores nas encostas da Chapada das Mesas. Foto: Acervo particular dos autores.

(2010) descreve como “... relevos cársticos e sistemas de cavernas antigos, soterrados (fossilizados) por depósitos mais jovens, que posteriormente podem ser exumados e rejuvenescidos..”. Defender-se-ia, então, um período de formação para essas cavidades anterior à denudação, ou remoção de uma superfície por erosão, representada hoje pelas mesas, mesetas e chapadas.

Alguns morros testemunhos também apresentam esses modelados da paisagem nas rochas das superfícies tabulares (Figura 53).

### GEOSSÍTIO 11 - CAVERNA DO ZÉ MOTA

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 288755 m E

**Longitude:** 9219767 m S

**Relevância:** Internacional

Uma produção significativa da literatura sobre cavernas estabelece uma estreita relação de ocorrência com rochas carbonáticas, formadas a partir de processos de dissolução química. Em tempos mais



**Figura 53** - Cavidades e relevo ruiforme nas superfícies tabulares. Foto: Acervo particular dos autores

recentes pesquisas em cavernas têm demonstrado a ocorrência deste tipo de feição em ambientes menos solúveis. O termo pseudocarste tem sido utilizado para caracterizar esses ambientes em que a presença de cavernas são detectadas, sem levar em consideração o fato de terem uma ocorrência menos expressiva ou menos estudada.

A caverna do Zé Mota representa a maior caverna encontrada no município e totalmente formada em arenitos, com uma extensão de cerca de 24,00 metros e localizada na região do Parque Nacional Chapada das Mesas em região de relevo de superfícies aplainadas conservadas. Como exemplo de endocarste, a entrada da caverna está identificada pelas coordenadas UTM 288755E/9219767S e com altitude de 305 m acima do nível do mar (Figura 54).

As litologias expostas estão inseridas na Formação Sambaíba, com arenitos estratificados, com sedimentação cruzada de médio porte, presença de fraturas

ao longo das quais estão instalados dutos horizontais e verticais. O controle estrutural está evidenciado pelo sistema de fraturas de diferentes direções que compartimenta o terreno. Hematita e goethita, para além de outros derivados intempéricos, são visíveis nomeadamente ao longo dos planos de fraturas, nas paredes e tetos. Sustentando o relevo e disposta na porção superior aflora uma crosta laterítica em estado de desagregação, apresentando localmente blocos ferruginosos de dimensões métricas.

Processos de dissolução, corrosão e erosão respondem pelas formas assumidas da caverna, que tem em suas paredes ásperas e rugosas a presença de *tafoni* que são estruturas geológicas semelhantes a favo de mel e produto do intemperismo causado, dentre outros, pelo gotejar da água que escorre entre as fraturas (Figura 55).

A caverna desenvolveu-se sobre arenitos da Formação Sambaíba, de cor creme a avermelhado, textura média, friáveis, estratificação cruzada tabular

de pequeno porte com intercalações de níveis siltosos e argilo-siltosos. Presença de estratificação plano-paralela e conjuntos de fraturas com deslocamentos centimétricos. Como espeleotemas foram observados alguns coraloides, canais, pingentes e uma crosta ferruginosa que se distribui pelo teto da caverna de forma indiscriminada. Toda a porção superior externa está coberta por matações de laterita e uma canga produto da desintegração da crosta laterítica.

As feições cársticas neste ponto foram instaladas a partir da ação conjunta do escoamento da água desgastando os paredões e aproveitando um denso sistema de fraturas que formam alvéolos, que associado

à característica friável da rocha, clima e litologias da Formação Sambaíba geram feições próprias do endocarste. A presença de camadas previa e intensamente faturadas são facilitadores na abertura de cavernas, nomeadamente quando essas fraturas interceptam as vertentes das encostas. A circulação interna da água ao longo quer dos dutos verticais, quer dos dutos horizontais na descontinuidade entre camadas, é o principal agente erosivo ao retirar grãos formadores das rochas e formar orifícios que vão adquirindo dimensões maiores através do intemperismo que é, nestes casos de cavernas em arenitos, o principal processo sedimentar. Como efeito cárstico da ação da água observa-se, ademais, o desenvolvimento por dissolução de cúpulas correspondendo a alargamento das fraturas por ação da circulação da água.

Os espeleotemas, como resposta a processos de circulação de águas, exsudação de águas e origem biológica, são depósitos minerais secundários formados em cavidades em resposta a processos físicos e químicos específicos. Na área, foram encontrados na forma de coralóides, que consistem em nódulos e/ou ramificações centimétricas de oxi-hidróxidos de ferro, que recobrem pisos, paredes e/ou outros espeleotemas; crosta branca, amarela ou vermelha que revestem as paredes, blocos ou teto. A crosta branca está mais diretamente relacionada ao processo de exsudação, e as crostas vermelhas e amarelas correspondem a alterações mineralógicas para hematita e goethita, respectivamente (Figura 56).



**Figura 54** - Entrada da Caverna do Mota. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 55** - Endocarste na Caverna do Mota. **A.** Coralóides; **B.** Textura rugosa da parede (tafoni). Foto: Acervo particular dos autores.





**Figura 56** - Espeleotemas no teto e piso da caverna: (A) Crosta branca (exsudação); (B) coraloides e crosta vermelha (hematita) e amarela (goethita). Foto: Acervo particular dos autores.

## SITIO DA GEODIVERSIDADE 12 - TRILHA MIRANTE DA CHAPADA DAS MESAS

**Coordenadas:** UTM ZONA 23 M

**Latitude:** 274117 M E      **Longitude:** 9217637 M S

**Relevância:** Regional/Local

O Mirante da Chapada das Mesas é uma montanha de 13.562 metros linear, um local que oferta trilhas com uma vista privilegiada dos vales e montanhas da Chapada das Mesas e ao longo do qual o contato com vegetação de Cerrado surpreende pela abundância de plantas tidas como medicinais. A visão dos paredões de arenito da Formação Sambaíba impressiona, com suas cores vivas de um vermelho-alaranjado.

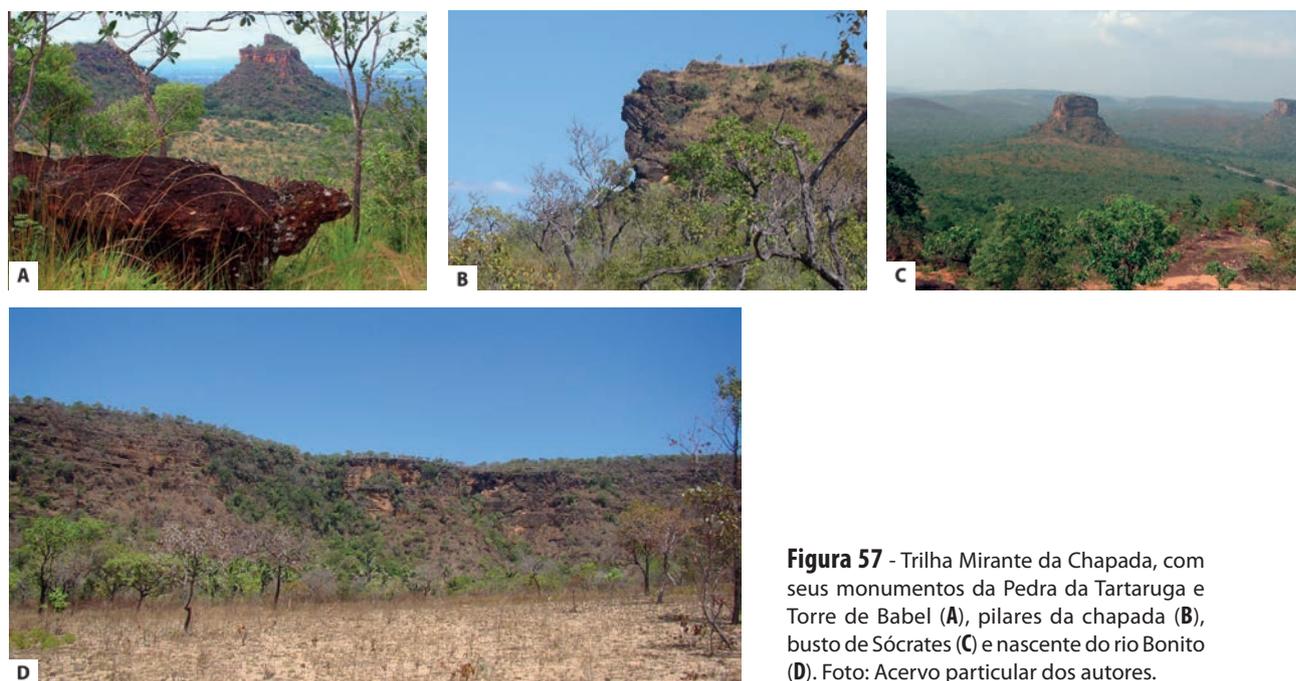
Área de turismo contemplativo sobre serras com altitudes entre os 300 e 420 m e vegetação de Cerrado. Construções dos primeiros habitantes da região podem ser encontradas, algumas dispostas na forma de “caminhos de pedras” e que possivelmente foram utilizados em rituais indígenas. Essa é a mais nova área inserida no polo turístico da Chapada das Mesas e coloca a disposição do turista diferentes opções na forma de trilhas ou contemplativos, dentre as quais podem ser citadas a Trilha dos Pilares, o Segredo das Pedras e as Nascentes do Rio Bonito (Figura 57).

Completam o cenário de belezas cênicas impressionante dos pilares da Chapada, caminhos de pedras, a

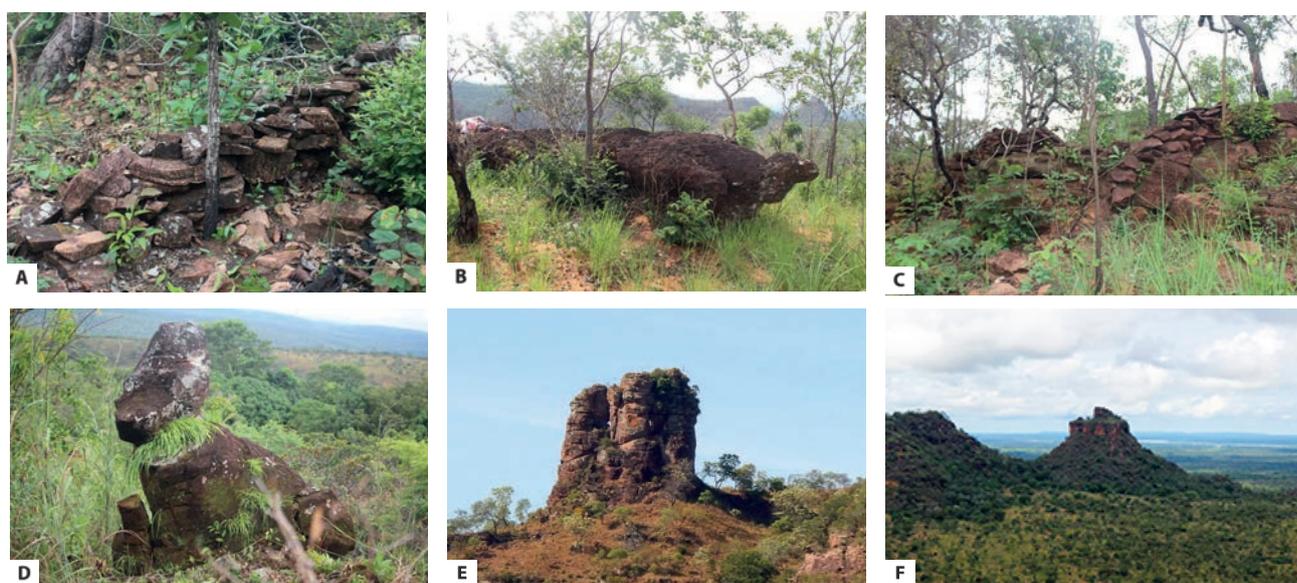
majestosa Serra da Cangalha, a Torre de Babel, o Castelinho, a Serra dos Leões, as curvas sinuosas do rio Tocantins, a pedra da tartaruga e as mesetas da Chapada que lembram enormes mesas de vários tamanhos e formatos (Figura 58).

Ao longo da trilha e na Serra da Madeira Cortada e em meia encosta está situada uma caverna nos arenitos da porção superior da Formação Sambaíba. A caverna tem sua estrutura comprometida por um desabamento que impede acesso a toda a extensão e profundidade. As litologias apresentam estruturas de sedimentação cruzada, bastante tectonizadas, com falhas e fraturas, onde é possível constatar movimentação do terreno. Estruturas sedimentares eólicas são de fácil percepção, dentre estas as superfícies limítrofes de reativação, superposição e interdunas bem como uma superfície, que segundo Abrantes Junior (2016) corresponde a uma supersuperfície de deflação frequente em regiões de campos de dunas.

A caverna apresenta como atrativo e característica peculiar na área a presença de gravuras rupestres, predominantemente do tipo tridígitos. A sucessão que caracteriza a Formação Sambaíba nessa encosta está representada pelas fácies arenito com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, arenito com estratificação plano-paralela e conglomerado, estruturas de sobrecarga e leves deformações. Os arenitos com estratificação cruzada são finos a médios, com grãos bem selecionados e arredondados. O limite entre os sets de deposição estão representados por superfícies de reativação, de superposição e interdunas (Figura 59).



**Figura 57** - Trilha Mirante da Chapada, com seus monumentos da Pedra da Tartaruga e Torre de Babel (A), pilares da chapada (B), busto de Sócrates (C) e nascente do rio Bonito (D). Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 58** - Belezas históricas e cênicas da trilha do Mirante da Chapada das Mesas: caminhos de pedras (A, B), pedra da tartaruga (C), pedra do cachorro sentado (D), castelo (E) e torre de babel (F). Foto: Acervo particular dos autores.

#### 4.1.3.1. Gravuras Rupestres: Pesquisas arqueológicas

As primeiras informações sobre a pré-história maranhense encontram-se nos registros de um religioso francês Yves d'Evreux (2002) no século XVIII a partir de um discurso de um pajé indígena, retratadas posteriormente por naturalistas em alguns painéis (PROUS, 1992). Na prática, os primeiros trabalhos são devidos a Raimundo Lopes, geógrafo e antropólogo do Museu Nacional, com foco em sambaquis e estearias,

nos anos de 1916, informações encontradas em Lopes (1970) e Leite Filho (2010).

Pinturas ou gravuras são representações rupestres classificadas segundo os processos de produção ou impressão na rocha podendo ser figurativas ou não figurativas: as primeiras com representações de figuras incluindo formas humanas, de animais, de plantas; e estas últimas assim entendidas por serem de difícil identificação e para muitos pesquisadores classificadas



**Figura 59** - Aspectos faciológicos da Formação Sambaíba na área da Caverna da Serra da Madeira Cortada na trilha do Mirante da Chapada das Mesas: (A e B) Estratificação cruzada de médio a grande porte com superfícies erosivas limitrofes e falhas; (C) Gravuras rupestres; (D) Falhas de gravidade; (E) Visão da encosta onde se localiza a caverna com vegetação de Cerrado. Fotos: Acervo particular dos autores.

como abstratas e seus desenhos geralmente assumem motivos geométricos na forma de círculos, retas, triângulos, etc. (PESSIS, 2002). Na região da Chapada das Mesas foram identificadas representações do tipo figurativas segundo os mesmos autores. Para muitos autores estas gravuras permitem esboçar a identidade cultural dos grupos que as produziram (PESSIS, 2002).

No Brasil foram catalogados um número considerável de sítios com gravuras rupestres na bacia do Parnaíba distribuídos segundo quatro tipos de técnicas: picoteamento, incisão e raspagem, cada uma com suas

particularidades e técnicas de impressão. De um modo simples e seguindo definições encontradas em Prous *et al.*, (2003) e Etchevarne (2007), o picoteamento corresponde a batidas na rocha com instrumento capaz de criar sulcos; incisão produz sulcos finos por simples fricção; raspagem produz sulcos mais largos pelo movimento de ida e volta.

Os três sítios inventariados com gravuras rupestres, Morro das Figuras, Morro das Araras e Caverna da Serra da Madeira Cortada, possuem características semelhantes quer quanto ao suporte gravado que são

arenitos da Formação Sambaíba, ou quanto ao tipo de espaço por corresponderem ambos a abrigos sob rochas, ou ainda quanto às categorias das formas.

### GEOSSÍTIO 13 - MORRO DAS FIGURAS

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 255359 m E      **Longitude:** 9223434 m S

**Relevância:** Internacional

O Morro das Figuras expõe um relevo ruiforme na forma de um monumento de exposição de rochas da Formação Sambaíba, com arenitos amarelos a avermelhados, de textura média a grossa, em afloramento esculpido por processos erosivos que sobressaem na topografia na forma de monólitos, densamente fraturados, estas com indícios de percolação por líquidos hidrotermais responsáveis por “cozinhar” o arenito transformando em uma rocha semelhante ao quartzito. O material de percolação tem coloração bastante escura devido, talvez, ao conteúdo em ferro e manganês (Figura 60).

Feições cársticas são observadas nos arenitos tais como: dutos horizontais segundo o plano de contato entre os estratos; dutos verticais que chegam a individualizar os monólitos; sedimentação plano-paralela e cruzada de grande porte com estruturas de truncamento e formação de portais; e fendas. Essas, referem-se a qualquer abertura linear, grande ou pequena e que, como os corredores e labirintos, são tidas como feições oriundas do aprofundamento erosivo de fraturas do terreno em resposta à ação das águas das chuvas. A vegetação no entorno é de Cerrado *sensu strictu* (Figura 61).

As gravuras podem ser classificadas nas categorias com formas humanas (antropomorfas), representações

humanas segmentadas (abrangem formas de pés e vulva), zoomorfos (formas de animais), representações astronômicas, sulcos, cúpulas e tridígitos (Maziviero, 2012). Na sua maioria são manifestações do dia-a-dia, do cotidiano ou de rituais entendidas como simples representações do mundo dos respectivos autores (Figura 62).

No espaço de tempo compreendido entre dezembro de 2015 e julho de 2018 notamos algumas modificações no acervo ali encontrado, com o comprometimento de algumas gravuras que sofreram deslocamento e descaracterização pela ação do fogo demonstrado pelo escurecimento do paredão e indícios de queimada na vegetação de entorno. Outras estão fortemente descaracterizadas pelas pichações ou outras gravuras antropogênicas atuais (Figura 63).

A importância das gravuras do Morro das Figuras está relacionada à possibilidade de conhecimento da cultura e como viviam os povos que ali habitaram, por representarem e fornecerem dados sobre padrões culturais e éticos desses primeiros habitantes bem como paisagístico por fornecerem informações sobre plantas e animais então ali existentes.

### GEOSSÍTIO 14 - MORRO DAS ARARAS

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 255531 m E      **Longitude:** 9222368 m S

**Relevância:** Nacional

O segundo sítio de gravuras rupestres na área está posicionada na mesma direção do Morro das Figuras de onde se avista a uma distância de cerca de 1,5 km. O morro testemunho sobressai na topografia com suas escarpas íngremes o que torna o acesso bastante difícil,



**Figura 60** - Monólitos do Morro das Figuras com fendas abertas em relevo cárstico ruiforme. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 61** - Feições cársticas: dutos, erosão diferencial, individualização de monólitos e fendas abertas ou corredores no arenito do Morro das Figuras. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 62** - Gravuras rupestres do Morro das Figuras, com representações de antropomorfos, representações humanas segmentadas, tridígitos, sulcos e cúpulas. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 63** - Efeito danoso dos incêndios, potencializando processo de deslocamento do arenito e comprometendo a integridade das gravuras rupestre no Morro das Figuras. Foto: Acervo particular dos autores.

dificuldade aumentada pela presença de vegetação densa de Cerrado rupestre. Aqui os motivos temáticos são quase que exclusivamente formas geométricas: tridígitos e marcas de pés humanos. Nesse morro testemunho a incidência de deslocamento é bem mais acentuada que no Morro das Figuras o que pode ter contribuído para que o número de gravuras seja bem reduzido (Figura 64).

Os arenitos da Formação Sambaíba apresentam sedimentação cruzada e plano-paralela de médio porte, dutos na interface do contato de estratos, estruturas dúcteis de deformação sinsedimentar (Figura 65) e um acentuado sistema de fraturas desde verticais, e nesse caso posicionadas no centro dos dutos verticais, até sub-horizontais (Figuras 66).

O complexo das Gravuras, formado pelos sítios dos Morros das Figuras e das Araras, representam e configuram um potencial forte e significativo de vestígios da presença de grupos humanos que utilizaram esses paredões, cavernas e abrigos na região da Chapada das Mesas para deixarem impressões e marcas de sua passagem, utilizando diferentes técnicas de gravação ao representarem temáticas diferenciadas sobre os padrões culturais, étnicos e paisagísticos do universo desses grupos pré-coloniais.

#### 4.1.4. Formação Mosquito

As primeiras informações sobre rochas básicas na Bacia do Parnaíba deve-se a Lisboa (1914) sobre ocorrência de derrames basálticos na região de Grajaú, MA. Posteriormente, em 1967, Northfleet & Melo caracterizaram esses derrames com intercalações de arenitos denominando-os de Mosquito e encontrados, então, no vale do rio Mosquito região a sul de Fortaleza dos Nogueiras, MA. Recobrimo ou intrudindo os arenitos da formação Sambaíba em contato discordante, os derrames basálticos são encontrados na forma de coberturas lateritizadas superficiais, neste caso recobrimo, preservando ou dando sustentação ao relevo, ou como corpos com a característica forma de esfoliação esferoidal. De modo mais característico e identificador, os derrames basálticos recobrem os arenitos da Formação Sambaíba de forma não contínua como consequência da sua espessura irregular que lhe impõe um comportamento próprio: ora recobrimo, ora deixando aflorar as rochas subjacentes. O contato superior com a Formação Corda também é estabelecido de forma discordante segundo superfície erosiva com clastos de basalto e arenito, não observado na área inventariada do Vale das Águas, mas em afloramentos na margem

esquerda do rio Tocantins e muito próximo dos limites municipais de Estreito/MA (Figura 67).

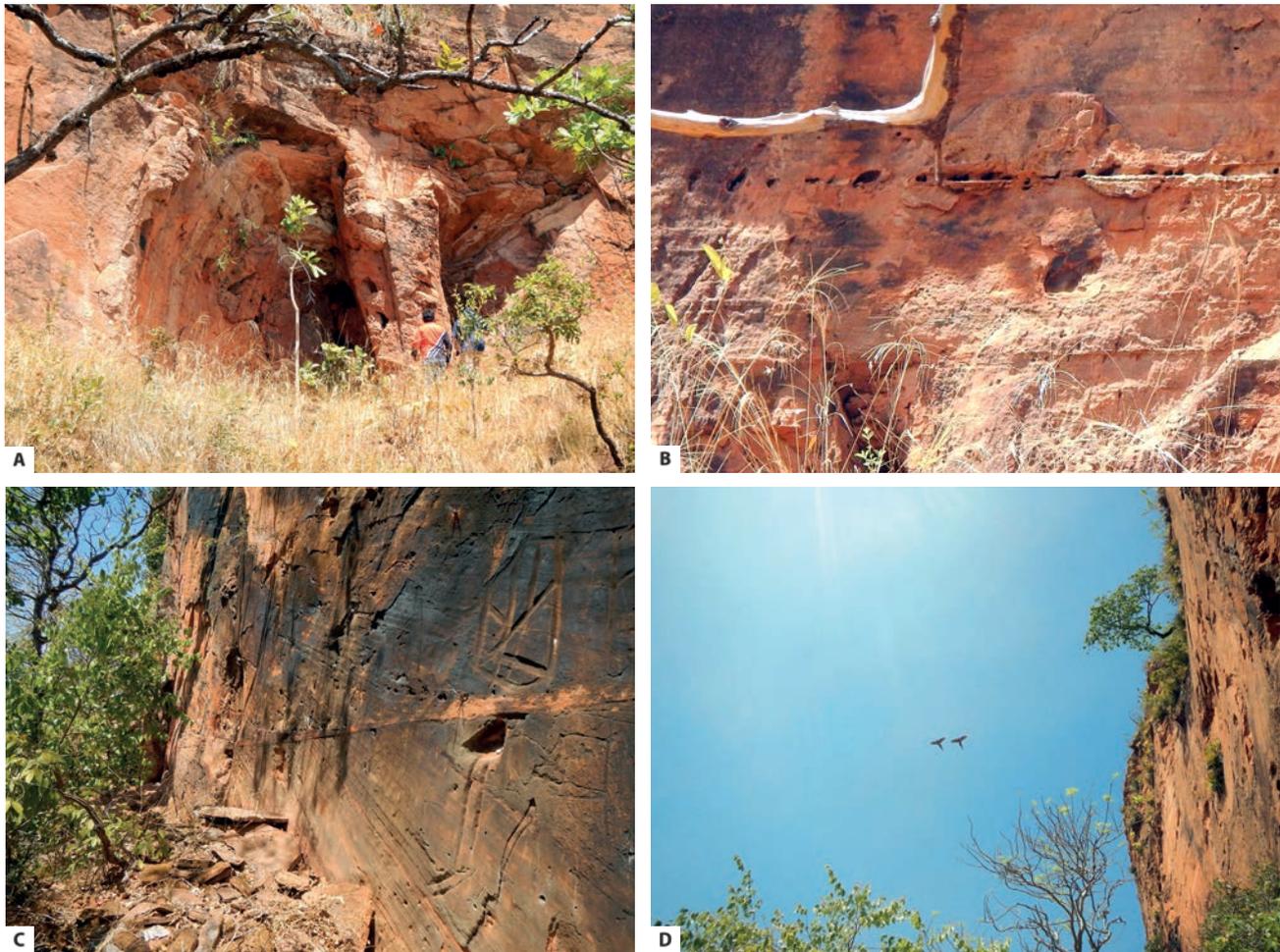
A Formação Mosquito, segundo Marzoli *et al.*, (1999), corresponde ao primeiro pulso magmático tholeiítico no limite Triássico-Jurássico (290-190 Ma) na Bacia do Parnaíba, relacionando-se à abertura do Oceano Atlântico Equatorial e Norte e incluída na Província Magmática do Atlântico Central; o segundo corresponderia à formação



**Figura 64** - Vistas do Morro das Araras. (A) A partir do Morro das Figuras. (B) Vista frontal, a partir da base de acesso. Foto: Acervo pessoal dos autores.



**Figura 65** - Estratificação cruzada tabular de médio porte e deformação dúctil em arenitos e pelitos laminados da Formação Sambaíba – Morro das Araras. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 66** - Morro das Araras, mostrando: (A) Entrada da Gruta, com dutos e falhas verticais. (B) Carste em arenito através de dutos horizontais. (C) Gravuras rupestres com exposição de estratificação cruzada. (D) Araras vermelhas (*Aras chloropterus*). Foto: Acervo particular dos autores.

Sardinha, não aflorante na região. Esta província é relacionada à quebra do supercontinente Pangéa e a evento de extinção em massa (BAKSI & ARCHIBALD, 1999; MARZOLI *et al.*, 1999, 2004).

### GEOSSÍTIO 15 - CONTATO FORMAÇÃO SAMBAÍBA/FORMAÇÃO MOSQUITO

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

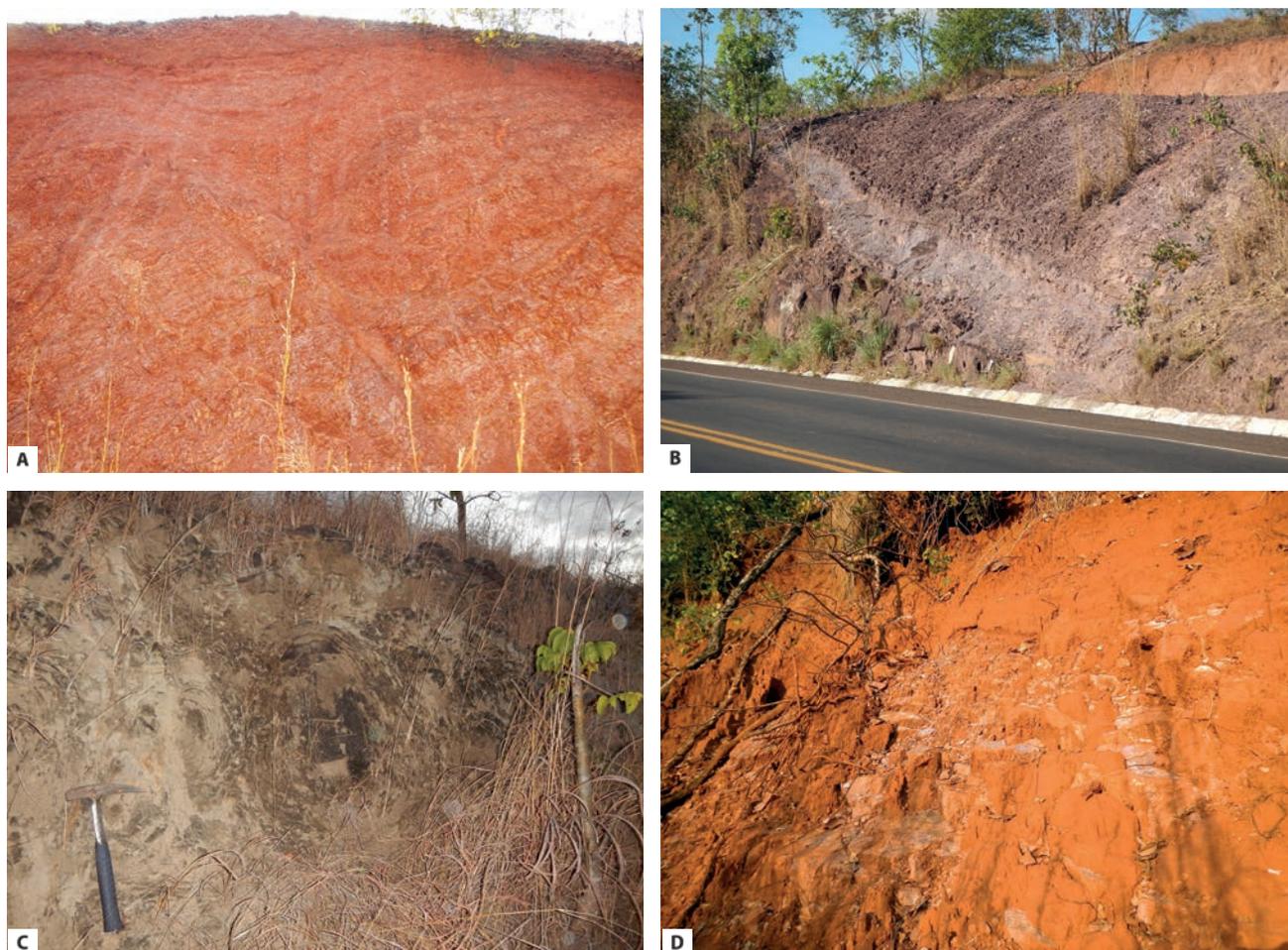
**Latitude:** 234891 m E      **Longitude:** 9218698 m S

**Relevância:** Nacional/Regional

Todos os contatos da porção superior da formação Sambaíba observados na área de estudo, são estabelecidos com basaltos de espessuras variáveis e de maneira discordante e sempre como derrames. Formas concordantes ou intercaladas de basaltos entre as camadas da Formação Sambaíba não foram observadas em campo,

mas inclusões ou “xenólitos” areníticos incorporadas aos derrames basálticos foram observadas de modo bem localizados, bem como diques de arenitos nestes mesmos basaltos. O modo de ocorrência desses derrames ao recobrirem arenitos da Formação Sambaíba ocorre com formas irregulares na sua espessura de modo que, localmente, esse recobrimento não é suficiente para impedir o alforamento do arenito para de seguida voltar a cobri-lo em algum ponto a frente. Essa zona de contato é sempre bem demarcada e caracterizada por um forte processo de lateritização do basalto quando aflorante, feição esta responsável pela preservação e sustentação do relevo e de suas formas resultantes da ação dos agentes erosivos responsáveis pela modelação dos terrenos nessas zonas.

A zona de contato estabelecida entre litologias das formações Sambaíba e Mosquito apresenta-se em afloramentos de forma bem característica marcada por intercalações de camadas tabulares de arenitos



**Figura 67** - Basalto da Formação Mosquito nas suas diferentes feições e posicionamento: **(A e B)** Recobrendo ou intrudindo discordantemente a Formação Sambaíba; **(C)** Corpos aflorantes com esfoliação esférica típica; **(D)** Basalto amigdaloidal alterado no contato discordante com o arenito da Formação Corda. Foto: Acervo particular dos autores.

avermelhados, geralmente silicificado, e basaltos escuros a arroxeados quando alterados.

O basalto aflorante apresenta uma granulação fina, afanítica com pontos mais claros e uma forte disseminação da feição erosão esférica ou casca de cebola. No contato com o arenito Sambaíba observa-se o processo de silicificação. Os blocos intemperizados com esfoliação esférica apresentam alguns minerais de fácil identificação, como olivina, e zeólitas com carbonato, feldspato e quartzo e processos de silicificação. Quando ocorre de forma alterada, o basalto tem cor clara com pontos escuros e amarelados. A ação de hidrotermalismo é notada ao longo de preenchimento de fraturas onde amostras revelaram um conteúdo significativo de manganês e quartzo. Os arenitos da Formação Sambaíba ocorrem como arenitos grosseiros, mal selecionados, ricos em quartzo e feldspato e sedimentação cruzada de grande porte. O basalto da Formação Mosquito, por sua vez, intrude de

forma discordante o arenito Sambaíba e adquire estrutura acamadada pastilhada de cor roxa, amigdaloidal, “cozinhando” localmente o arenito (Figura 68).

#### **GEOSSÍTIO 16 - BASALTO AMIGDALOIDAL E/OU MACIÇO DA FORMAÇÃO MOSQUITO: TOPO DA SUCESSÃO DAS SEQUÊNCIAS PERMO-TRIÁSSICAS DA BACIA DO PARNAÍBA.**

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 241018 m E

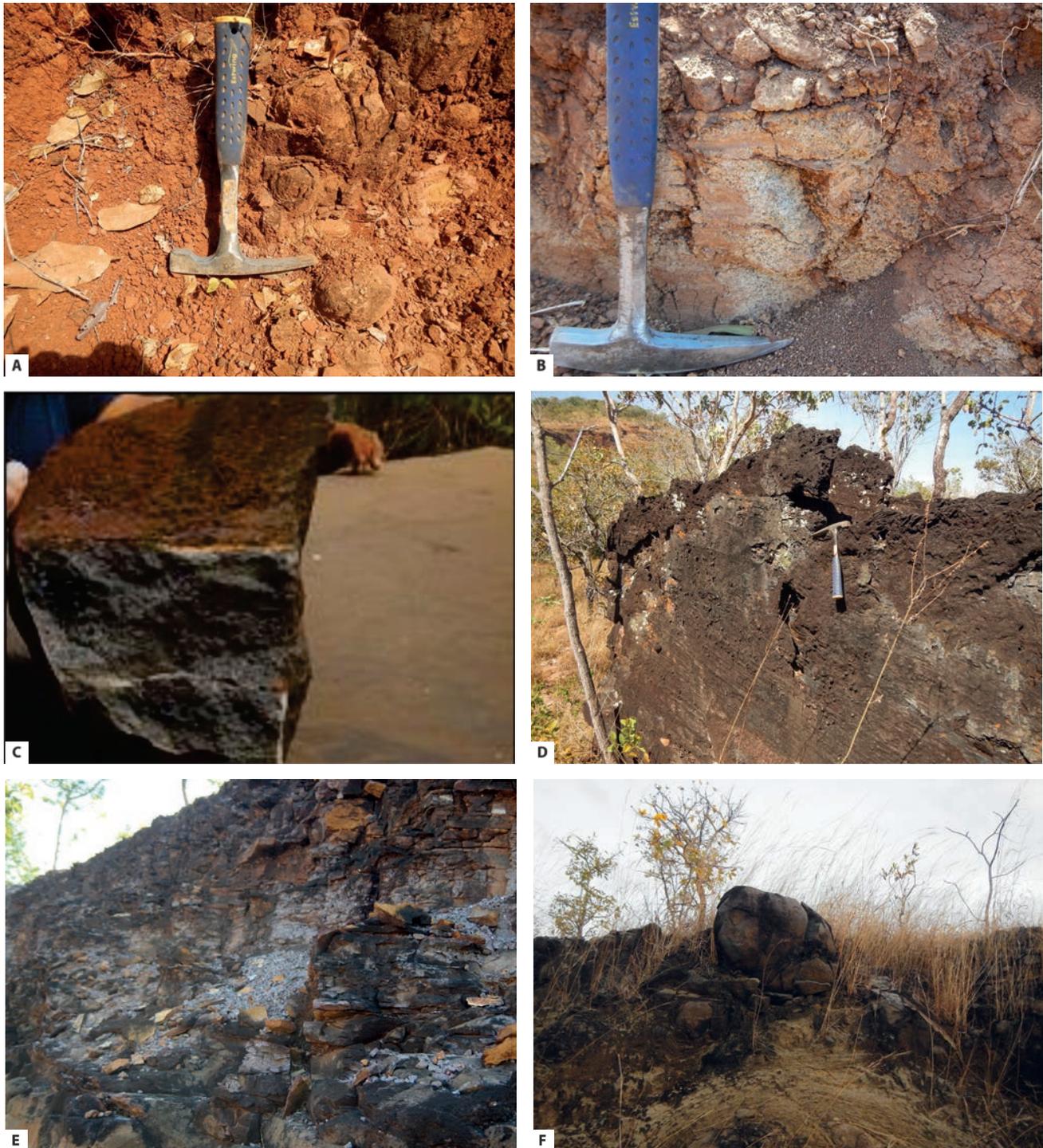
**Longitude:** 9224828 m S

**Relevância:** Nacional

Predominantemente constituída por basaltos tholeiíticos escuros de granulação fina, amigdaloidal e maciço, a Formação Mosquito ocorre na área com intercalações de arenitos e siltitos estratificados e localmente silicificados. Ocorre como diques intrudidos nos arenitos da Formação

Sambaíba ou envolvendo camadas estratificadas desta Formação com a qual estabelece um contato brusco onde se observa uma passagem dos arenitos com estratificação cruzada de grande porte para os basaltos amigdaloidais ou

com as características feições de esfoliação esférica ou lateritizados. A forma de ocorrência mais frequentemente mapeada na área é em blocos ou afloramentos bastante alterados. Relação de contato entre o basalto e o arenito



**Figura 68** - Aspectos faciológicos das litologias das formações Mosquito e Sambaíba na zona de contato. (A) Intemperismo na forma de erosão esférica. (B) Basalto alterado. (C) Textura afanítica do basalto. (D) Bandas de deformação com revestimento externo das fraturas por material rico em manganês. (E) "Silicificação do arenito Sambaíba na zona de contato. (F) Matacões com esfoliação esférica. Foto: Acervo particular dos autores.

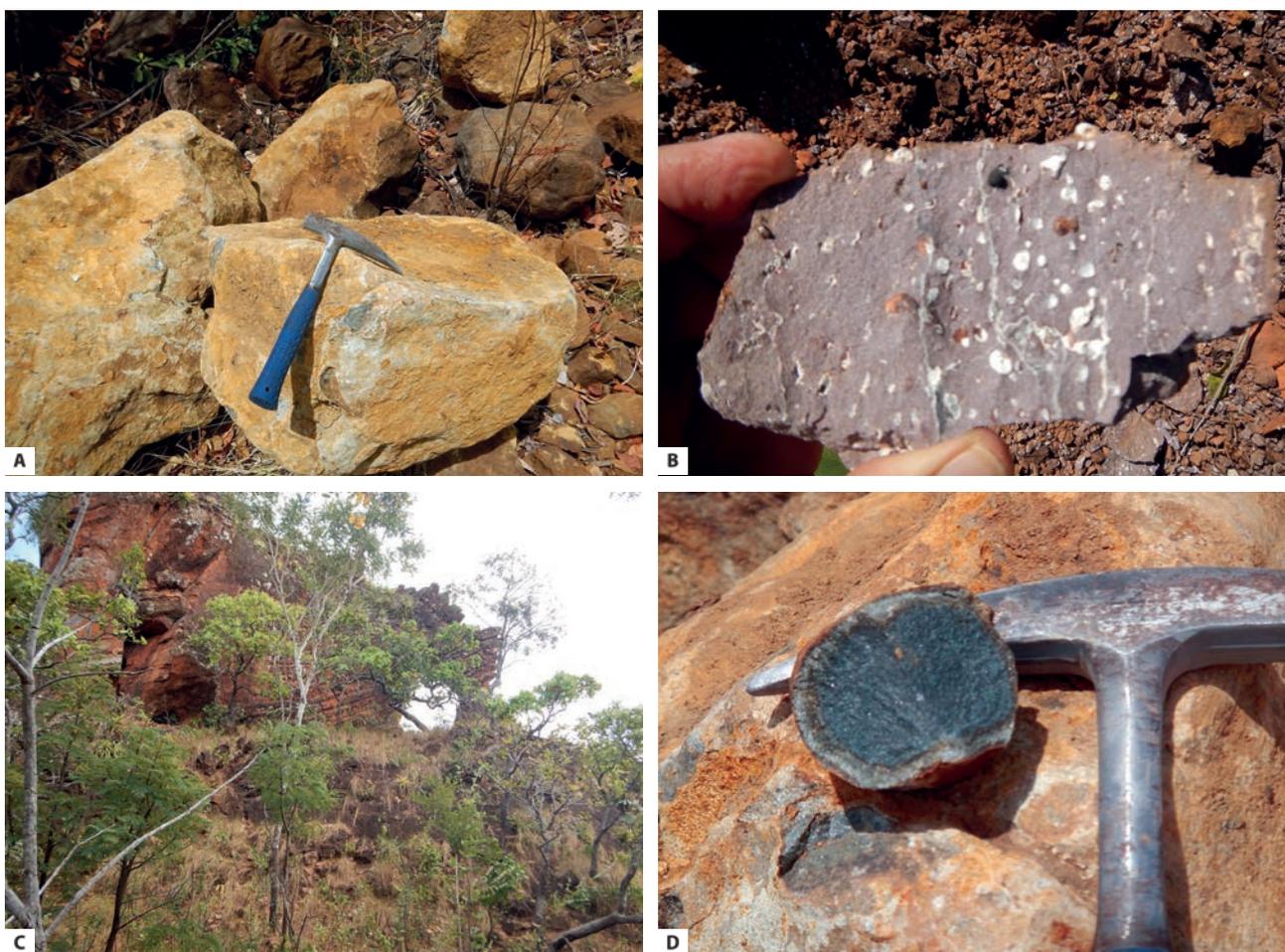
que lhe está sobreposto é bem evidenciada nos afloramentos, com este arenito de textura fina média, estratificação plano-paralela, cimentação de óxido de ferro e planos de fraturas bem individualizados e marcados por uma cor escura constituindo verdadeiros planos ferruginosos e com algum conteúdo em minerais de manganês e elevado grau de silicificação. O basalto ocorre com cores que vão do cinza ao verde passando pelo marrom-avermelhado, estrutura maciça e amigdaloidal dispersas numa massa afanítica e com presença de pontos claros que correspondem, possivelmente, a minerais alterados (Figura 69).

Para um número muito pouco expressivo dessas amígdalas o material de preenchimento respondeu positivamente a reação com ácido clorídrico, muito embora o material de preenchimento da grande maioria dessas estruturas apresente-se alterado em pontos brancos que lembram o caulim. Os depósitos configuram um ambiente em que erupções vulcânicas lançam material com zonas ricas em vesículas e outras maciças que

constituem-se nos pontos escuros e claros referidos anteriormente. A relação de contato observada em campo entre os arenitos da Formação Sambaíba e os basaltos da Formação Mosquito ocorre de forma irregular, brusca ou com feições *inter-trap*, relações estas que evidenciam uma forma de posicionamento para esta Formação de intrusão e muito próximo à superfície.

Exposição do basalto amigdaloidal e/ou maciço da Formação Mosquito representam o topo da sucessão das sequências permo-triássicas da Bacia do Parnaíba na região do Vale das Águas, recobrando, intrudindo discordantemente (na forma de diques) ou aproveitando a fraqueza do espaço entre camadas dos arenitos da Formação Sambaíba ou subjacente e de forma discordante aos arenitos da formação Corda, esta não mapeada na área pesquisada.

O basalto maciço apresenta textura amigdaloidal, com vênulas e fenocristais de coloração branca, amarela e avermelhada, dispersos numa matriz de granulação



**Figura 69** - Detalhe das formas de ocorrências do basalto da Formação Mosquito: (A) Cores e alterações; (B) Aspecto vesicular; (C) Sobreposição do arenito Sambaíba; (D) Basalto maciço. Fotos: Acervo particular dos autores.

fina. Com muita frequência observa-se a ocorrência de diques e soleiras. Os diques apresentam-se segundo uma direção preferencial NS-SW, com mergulhos entre 40°-50° até subverticais; e as soleiras, na forma de camadas tabulares intercaladas nos estratos da Formação Sambaíba onde geralmente a porção superior desses arenitos apresentam processos de silicificação (Figura 70).

Os depósitos da Formação Mosquito, na área inventariada, correspondem a derrames vulcânicos sobre os depósitos eólicos da formação Sambaíba, truncando-os. Este evento trunca os estratos. Os basaltos apresentam vesículas e fraturas preenchidas originando amígdalas que quando intemperizadas alteram para argilominerais e minerais de ferro, de coloração avermelhada e amarelada. O basalto ocorre de forma

maciça ou amigdaloidal, com disjunções colunares ou em blocos localmente alterados. Como mostrado na figura anterior, a relação de contato com o arenito sobreposto de fino a médio e com cimentação de óxido de ferro e silicificação pode ser tida como característica denunciante desses pontos.

## 5. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

### O geoturismo como segmento diferencial para o polo turístico do Vale das Águas na região da Chapada das Mesas

O polo turístico da Chapada das Mesas oferece como atrativo motivador ao turista a diversidade e a beleza



**Figura 70** - Detalhes da exposição do basalto Mosquito, como diques verticais cortando com disjunções colunares ou bandas de deformação com estrias verticalizadas (A), silicificando (B), recobrendo na forma de fluxo de lavas (C) e intercalando (D) arenitos Sambaíba. Em (E), aspecto do basalto lateritizado recobrendo depósitos eólicos da Formação Sambaíba. Fotos: Acervo particular dos autores.

dos seus recursos naturais. Diante da possibilidade e diversidade do potencial atrativo, o turista ainda se depara com algumas limitação na oferta de serviços, principalmente na infra-estrutura turística mais diretamente relacionada ao acesso e transporte, hospedagem e alimentação. Essas limitações têm condicionado e direcionado a frequência da visitação em torno de três empreendimentos onde esses entraves são muito reduzidos: Pedra Caída, Cachoeiras do Itapecuru e Cocais. Os dois primeiros têm a seu favor uma maior facilidade de acesso, localizando-se a cerca de 35 km de Carolina; o último, situa-se a 130 km de Carolina. A atração que une os três empreendimentos são as cachoeiras, maioritariamente utilizadas para banho mas já sendo incorporadas e incluídas nos roteiros de aventura da prática do rapel e cachoeirismo. São poucos os elementos artificiais presentes o que confere uma maior segurança e uso das quedas de água que ocorre sempre em mais de um dos locais de cada empreendimento.

O sempre crescente número de visitantes e procura pelas possibilidades turísticas oferecidas e disponibilizadas na região tem levado ao crescimento do turismo na região, e nas cidades de Carolina e Riachão mais precisamente, efeitos esses sentidos a partir do consequente aumento do ramo da hotelaria, leitos, agências de turismo e ofertas de cursos para profissionais desse ramo de atividade. Esse pensamento vem de encontro ao que estudiosos como Ruschmann (2001), Dias (2003) e Magalhães (2002) defendem ao afirmar que o turismo pode ser sustentável mesmo fundamentado no mercado econômico.

Quanto à estruturação mais profissional da atividade é fácil perceber o esforço conjunto dos gestores públicos e privados na consolidação deste destino turístico do sul do Maranhão. Há fatores que dificultam, como a situação geográfica que o coloca distante dos grandes centros, ao acesso principalmente quanto à falta de transporte aéreo direto, e a infraestrutura turística, ainda deficiente quanto ao número de bons hotéis e número de leitos. No sentido de superar esses entraves já estão sendo praticadas e sentidas quando das visitas em anos alternados ao mesmo tempo em que novos vão surgindo como implantação de usinas hidroelétricas e expansão da fronteira agrícola.

## Complexo de Pedra Caída

Localizado a cerca de 860 km da capital do Estado do Maranhão, 35 km do centro de Carolina e às margens da BR 230 e BR 010, entre os municípios de Carolina e Estreito, sudoeste do Maranhão, o complexo Turístico Pedra Caída surgiu como um novo empreendimento turístico distribuído numa área de 13.600 hectares de preservação ambiental e 14.000 m<sup>2</sup> de área construída transformada em resort com restaurante, salão para eventos e uma variedade de chalés com capacidade para mais de 200 pessoas. Inaugurado em 2014, dispõe de um heliporto este *ecoresort* é dotado de estrutura e serviços relacionados aos mais diferentes atrativos naturais geoturísticos da região (Figura 71).

A diversidade do patrimônio geológico contemplada na área permite ao empreendimento disponibilizar e fomentar o interesse turístico, utilizado como ferramenta básica de sensibilização, mobilização e motivação não só dos visitantes, mas também das comunidades residentes e entorno, com atrações oferecidas aos visitantes desde 1986. Como propriedade particular, melhorias significativas e expansão da estrutura física e consequentemente das atividades foram implantadas a partir de 2006 levando o Pedra Caída a se transformar num modelo para o empreendedorismo turístico na região da Chapada das Mesas. Como referência de práticas turísticas, utiliza os atrativos naturais da geodiversidade local como cachoeiras, cavernas, *cânions*, piscinas naturais adaptadas, atividades do ecoturismo, como trilhas, contemplação da fauna e flora, cachoeiras e turismo de aventura, com

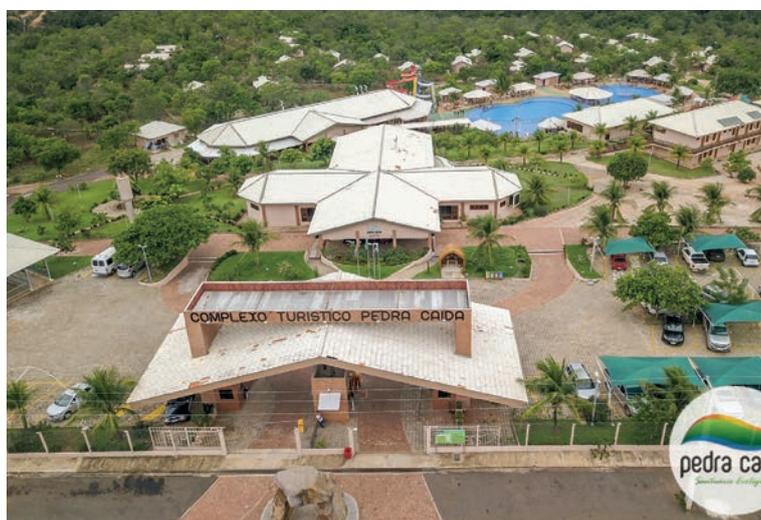


Figura 71 -Vista aérea do Complexo Turístico Pedra Caída.

práticas de *trekking*, *rapel*, tirolesa, arvorismo e escalada. Das 25 cachoeiras com 23 nascentes que compõem este circuito das águas, 7 estão acessíveis à visitação com as demais mantidas como reservas ecológicas.

Um atrativo diferencial encontrado neste ecoresort são duas tirolesas: uma de 1200 m de extensão e 188 m de altitude, no ponto de partida, denominada de tirolesa do pânico; e outra de 1400 m de extensão, conhecida como tirolesa do desespero e considerada dos seus 200 m de altitude como a maior da América Latina em altura (Foto tirolesa). No alto da elevação de acesso às tirolesas, foi instalada uma pirâmide esotérica de 14 m x 14 m, utilizada para meditação e vista da Chapada das Mesas. Há um pedido protocolado junto ao IBAMA com solicitação para transformação da área em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN.

### SÍTIO DA GEODIVERSIDADE 17 - SANTUÁRIO DE PEDRA CAÍDA

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 229950 m E      **Longitude:** 9220472 m S

**Relevância:** Regional/Local

O Santuário é a principal cachoeira do Complexo. O nome Santuário é atribuído aos índios Macamecrãs que habitavam a região e usavam o local para rituais, oferendas e liturgias aos deuses e pajés mais antigos. O acesso faz-se segundo rampas suspensas de madeira num percurso de 400 m e mais uma rampa de madeira em zig-zag, num total de 8, que dá acesso ao *canion* a partir do deck final de onde, por mais 200 m de trilha suspensa de madeira margeando o canal do rio chega-se ao deck final a partir do qual, com água acima da cintura chega-se à cachoeira com uma queda de 46 m e piscina com profundidade entre 0,5 m a 3,0 m. No percurso é notável a mudança de clima de seco para úmido à medida que se aproxima do Santuário, com reflexo direto na vegetação. Paredões verticais de 54 metros de altura individualizam um *canion* instalado num fenda com cerca de 4,0 m de largura, com vertentes de água que saem diretamente das fendas laterais nos arenitos sendo a água, neste caso, mais aquecida em comparação com aquela das cachoeiras. Uma ponte com 54 m de altura, Ponte do Pedro, na porção superior do *canion*, ligando as duas margens do *canion*, faz parte deste percurso permitindo ao visitante uma vista espetacular dos jardins verticais suspensos com árvores de 30 a 40 m de altura, sustentadas pelos paredões.

Litologias da Formação Sambaíba estão aqui representadas na sua sucessão eólica, com estratificação cruzada de médio a grande porte (tabular e acanalada) nos paredões de um *canion* esculpido quando o rio Brejão, que alimenta o Pedra Caída, é capturado por uma falha em superfície de direção N145°. O ponto de captura em superfície tem coordenada UTM Zona 23 M latitude 229352 e longitude 9221820 onde se situa o que foi uma dolina/claraboia que colapsou, com 188 m de altitude (Figura 72).

### GEOSSÍTIO 18 - CACHOEIRA DA CAVERNA

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 229392 m E      **Longitude:** 9221797 m S

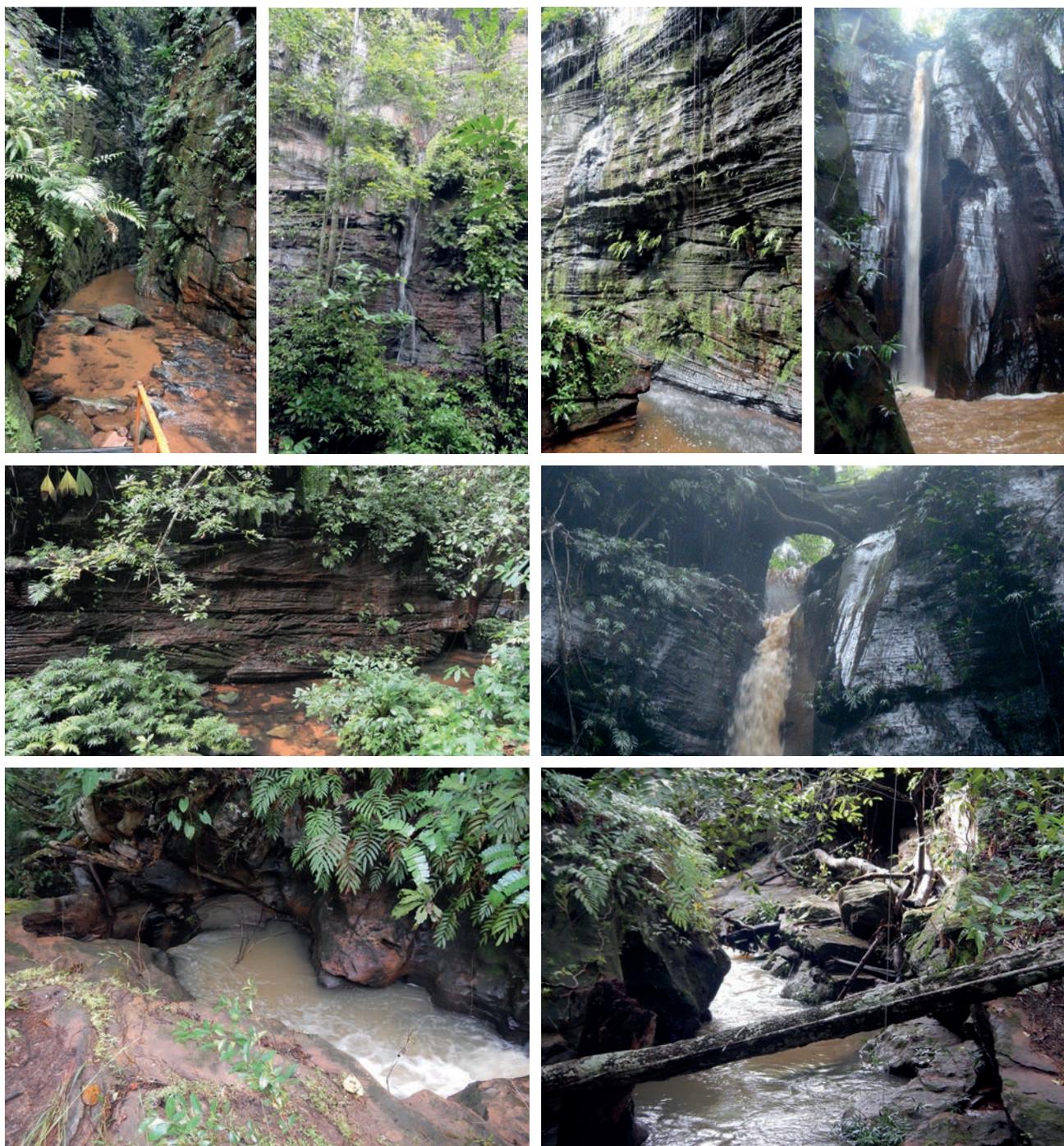
**Relevância:** Regional/Local

O acesso à área da cachoeira faz-se após um percurso de 6 km e mais 400 m de caminhada por rampa suspensa de madeira. O percurso até o deck antes de atravessar a caverna é feito em rampa suspensa que segue o *canion* aberto na rocha e de onde se pode observar uma água transparente sobre um fundo de areia vermelha como produto de alteração do arenito Sambaíba. Paredões verticais com estratificação cruzada, plano-paralela e sistemas de falhas que se cortam com ângulos de inclinações diferentes e de forma escalonadas delimitam o *canion* com vegetação na forma de verdadeiros jardins suspensos. O salão principal da gruta tem cerca de 12 m de altura e 20 m de extensão percorrido no canal do rio Vão Feio, com paredões onde é possível observar-se espeleotemas coralóides em sílica e cúpula de dissolução no teto característica de conduto totalmente inundado como canal subterrâneo. As águas da cachoeira caem de uma altura de 22 m de forma cristalina e adquire tonalidades entre o verde e o azul como reflexo das diferentes inclinações dos raios solares ao atingirem as areias que recobrem o fundo da piscina. A drenagem superficial segue um plano de falha que forma a cachoeira quando atinge um ponto de fraqueza e é capturado pela drenagem subterrânea, ponto este que pode corresponder a uma dolina que colapsou, bem evidente pela abertura na forma de claraboia (Figura 73).

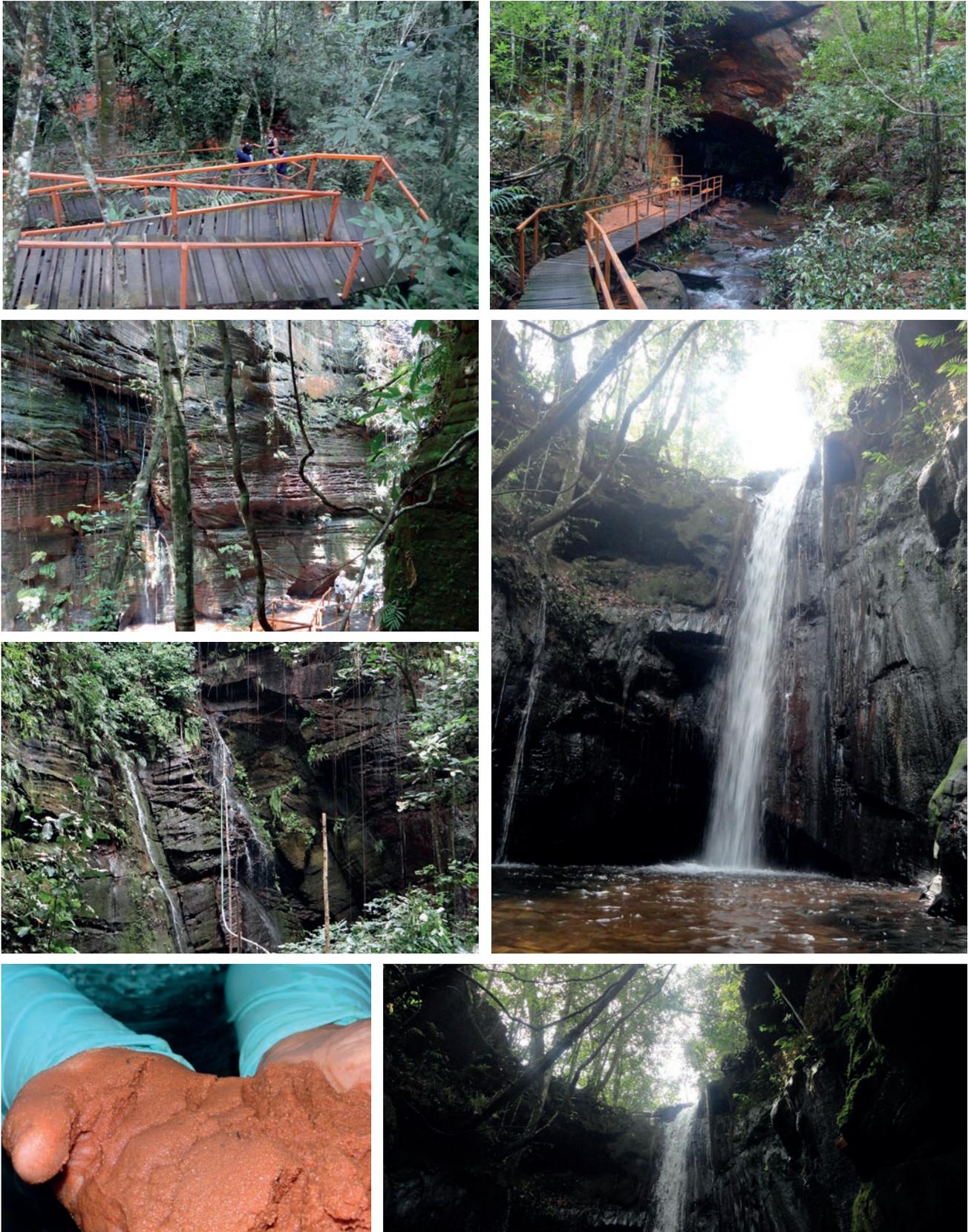
Espeleotemas na forma de escorrimentos de paredes são feições bastante comuns e de relativa presença em cavernas em arenito na forma de laminados como resultado de soluções que aproveitam zonas de fraqueza

de fraturas, juntas ou planos de estratificação da rocha gerando, às vezes, outras feições do tipo cortinas. Um sistema denso de fraturas é possível de ser visto no teto e paredes do salão principal e de forte contribuição para a queda do mesmo, possível de se observar nos blocos fragmentados encontrados no piso. Alvéolos de dimensões

variadas podem ser observados, emoldurando as paredes rochosas com resultado da ação conjunta de dissolução seguida de retirada mecânica. Estruturas com formas semelhantes àquelas produzidas por erosão lateral e que podem ser tidas como evidências da localização do nível freático por um tempo significativo ao longo do qual a



**Figura 72** - Santuário da Pedra Caída: *Canion*, Cachoeira, dolina ou clarabóia da queda d'água ou ponto de captura da drenagem, estruturas sedimentares típicas da Formação Sambaíba; e jardins verticais suspensos nos paredões na entrada para a Cachoeira do Santuário com várias fontes de água que despencam das paredes íngremes. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 73** - Aspectos estruturais de acesso à entrada da caverna, com paredões íngremes vegetados das laterais do canion formado por drenagem superficial capturada por falha que, em zona de dolina, colapsa atingindo a drenagem subterrânea e formando uma queda d'água a partir de uma abertura superficial ou claraboia. Foto: Acervo particular dos autores.

erosão química lateral gerou uma feição de base plana. A sua presença de forma indica ambiente de águas paradas ou de movimento lento.

De forte presença, também, é a crosta ferruginosa com minerais de alteração pertencente ao grupo dos óxidos-hidróxidos de ferro do tipo hematita e goethita. Foram observadas gravuras rupestres nos paredões mais próximos da queda d'água, mas todas já bastante mascaradas pela sobreposição de "gravuras" deixadas por humanos atuais ou antropogênicas (Figura 74).

## SÍTIO DA GEODIVERSIDADE 19 - CACHOEIRA DO CAPELÃO

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 227133 m E

**Longitude:** 9218346 m S

**Relevância:** Regional/Local

O nome da cachoeira e do rio fornecedor das águas vem de uma espécie de macaco de áreas de transição conhecido como Guariba, Bugio ou Capelão, e está



**Figura 74** - Feições cársticas na Cachoeira da Caverna na forma de escoamento (A) e espeleotemas na forma de cortinas (B) feições geradas a partir de processos físicos e químicos de erosão lateral (C e D), ferruginização (E) e gravuras rupestres recobertas por marcas de vandalismo recente (F). Foto: Acervo particular dos autores.

localizada a 6 km da sede do Complexo Turístico Pedra Caída e mais 150 m de caminhada por escadarias. O acesso é feito ao longo de um *canion* estreito e vegetado com água cristalina com fundo recoberto de uma areia avermelhada típica da formação Sambaíba até atingir-se o deck de onde avista-se uma abertura superior na forma de uma claraboia ou dolina situada a 22 m de altura e de onde o rio Capelão lança suas águas numa piscina de 3,5 m de profundidade.

O rio Capelão nasce na serra próxima que expõe litologias da Formação Sambaíba, percorre cerca de 3 km até ser capturado por um sistema de falhas e drenagem subterrânea responsáveis pela abertura e aprofundamento do *canion* a partir da mudança do nível de base (Figura 75).

Os paredões expõem estruturas sedimentares, nomeadamente estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte com superfície erosiva truncando os estratos inferiores. Feições estruturais estão registradas nas rochas, como falhas de direção N60°W e estratos cujas camadas têm mergulho de 30°/275°. Medidas estruturais nas falhas com preenchimento apresentam, de modo localizado, rejeito de cerca de 5 cm. É significativa e frequente, para o arenito Sambaíba e de modo geral para toda a área pesquisada, o modo bem nítido e expressivo das formas assumidas pelas linhas de fraturas, onde algumas se cruzam, outras quase planas ou inclinadas ou curvas, como mostrado na figura 76 seguinte.

O nome vem do fato das duas cachoeiras apresentarem tamanho e formato aparentemente semelhantes mas que com algumas diferenças como por exemplo a altura da queda d'água: uma de 8 m e a outra de 10 m de altura. O acesso à área, localizada no distrito de São João da Cachoeira, é feito através da BR-230 num percurso de 30 km a partir de Carolina, onde a atração principal está voltada para as cachoeiras gêmeas com altura média de 10 m e um volume considerável de água o ano todo. As águas do rio Itapecuru que formam as cachoeiras gêmeas de um dos empreendimentos mais visitados do sul do Maranhão foram utilizadas para gerar energia que ajudou a desenvolver a economia de Carolina há mais de 70 anos. Nas imediações dessas duas cachoeiras, entre os anos de 1939-1941 foi construída a segunda hidroelétrica do nordeste e a segunda da região norte, em atividade até 1960 substituída por uma de dimensões maiores e que se encontra também desativada. O empreendimento foi inaugurado em junho de 1993 e desde então tem sido um dos locais

que consta do roteiro turístico da região, dispondo de hospedagem, alimentação, bar e restaurante. O rio Itapecuru, que nasce na região, ao formar as cachoeiras tem suas águas, após a queda d'água, formando uma grande piscina natural com água transparente e temperatura agradável.

### **Empreendimento Turístico dos Cocais**

Localizado no município de Riachão, tem como principal atrativo principal a gruta e cachoeira de Santa Bárbara com seus 75 m de altura e mais outras duas quedas de água menores – Santa Paula e cachoeira dos Namorados – para além de uma piscina natural com forte atrativo pela coloração da água denominada Encanto Azul, Poço Azul. As águas do rio Cocais que dá nome ao empreendimento, formam as cachoeiras, piscinas e ajudaram a esculpir o *canion*. O empreendimento dispõe de chalés e serviço de bar e restaurante, passando a funcionar efetivamente a partir de 2004.

O acesso aos atrativos geoturísticos faz-se segundo uma trilha ao longo da qual, e em determinados pontos, é possível observar diferentes paisagens com elementos e estruturas geológicas bem representativas e identificadoras dos substratos rochosos da Formação Sambaíba.

### **SÍTIO DA GEODIVERSIDADE 20 - GRUTA E CACHOEIRA DE SANTA BÁRBARA**

**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 339481 m E      **Longitude:** 9201261 m S

**Relevância:** Regional/Local

Localizado no município de Riachão, o Empreendimento dos Cocais tem como principal atrativo um número significativo de poços, piscinas, cachoeiras e grutas. Todos estes atrativos que compõem um cenário dos mais diversos e atrativos para os mais variados tipos de visitantes oferece possibilidades de turismo e lazer em contato direto com natureza preservada e cuidada. A região expõe rochas das formações Sambaíba e Mosquito, esta último ocorrendo como diques e fluidos hidrotermais que preenchem fraturas e definem estruturas do tipo banda de deformação (Figura 77).

A piscina do Poço Azul e a Gruta e cachoeira de Santa Bárbara, esta com seus 75 m de altura e mais outras tantas quedas de água e poços menores distribuído ao longo de uma trilha segundo escadas de acesso bem sinalizadas

e seguras, permite ao visitante entrar em contato com diferentes paisagens e monumentos rochosos até chegar a estes dois pontos finais e mais procurados. Ao longo da trilha o turista pode conhecer as cachoeiras Dona Luzia, dos Namorados, de Santa Paula, do Moreno e Santa Bárbara; dos poços Azul e do Encanto Azul e Azul; a gruta

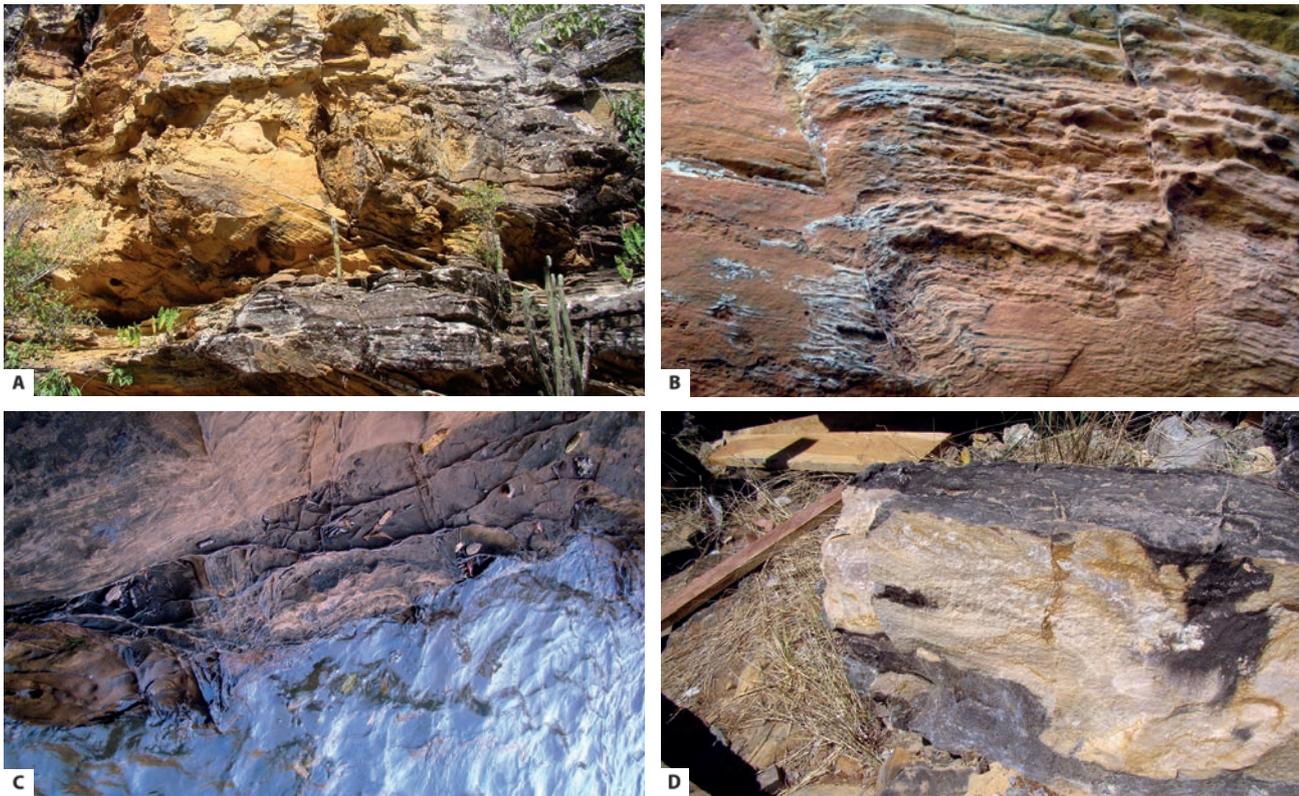
de Santa Bárbara; e os monólitos Dedo de Deus, Pedra do Cálice e Pedra da Mesa. As águas do rio Cocais que dá nome ao empreendimento, formam as cachoeiras, piscinas e ajudaram a esculpir o *canion*. O empreendimento dispõe de chalés e serviço de bar e restaurante, passando a funcionar efetivamente a partir de 2004.



**Figura 75** - Cachoeira do Capelão: (A) Cânion de acesso; (B) Visão da queda d'água e claraboia; (C) Posição da drenagem superficial quando da captura ou atingimento da claraboia na porção superior; (D) Primeiro desnível da queda d'água antes de formar a cachoeira. Fotos: Acervo particular dos autores



**Figura 76** - Estruturas sedimentares da Formação Sambaíba no cânion da cachoeira do Capelão. (A) Estratificação cruzada de médio a grande porte com fraturas na vertical; (B) Estratificação cruzada acanalada com superfície erosiva e falha com inclinação. Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 77** - Aspectos faciológicos da Formação Sambaíba, com estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada acanaladae plano-paralela com superfície erosiva (A) e deformações dúcteis e rúpteis (B); diques de basalto da Formação Mosquito cortando (C) e silificando os arenitos da Formação Sambaíba (D). Foto: Acervo particular dos autores.

Os monólitos correspondem a altas colunas de rochas, geralmente com uma seção basal estreita esculpida pela ação dos processos erosivos que atuam sobre blocos até sua completa individualização ou isolamento do maciço circundante. As fraturas que geralmente lhes são associadas contribuem e facilitam a ação das águas e ventos na formação desses monumentos (MELO, 2006).

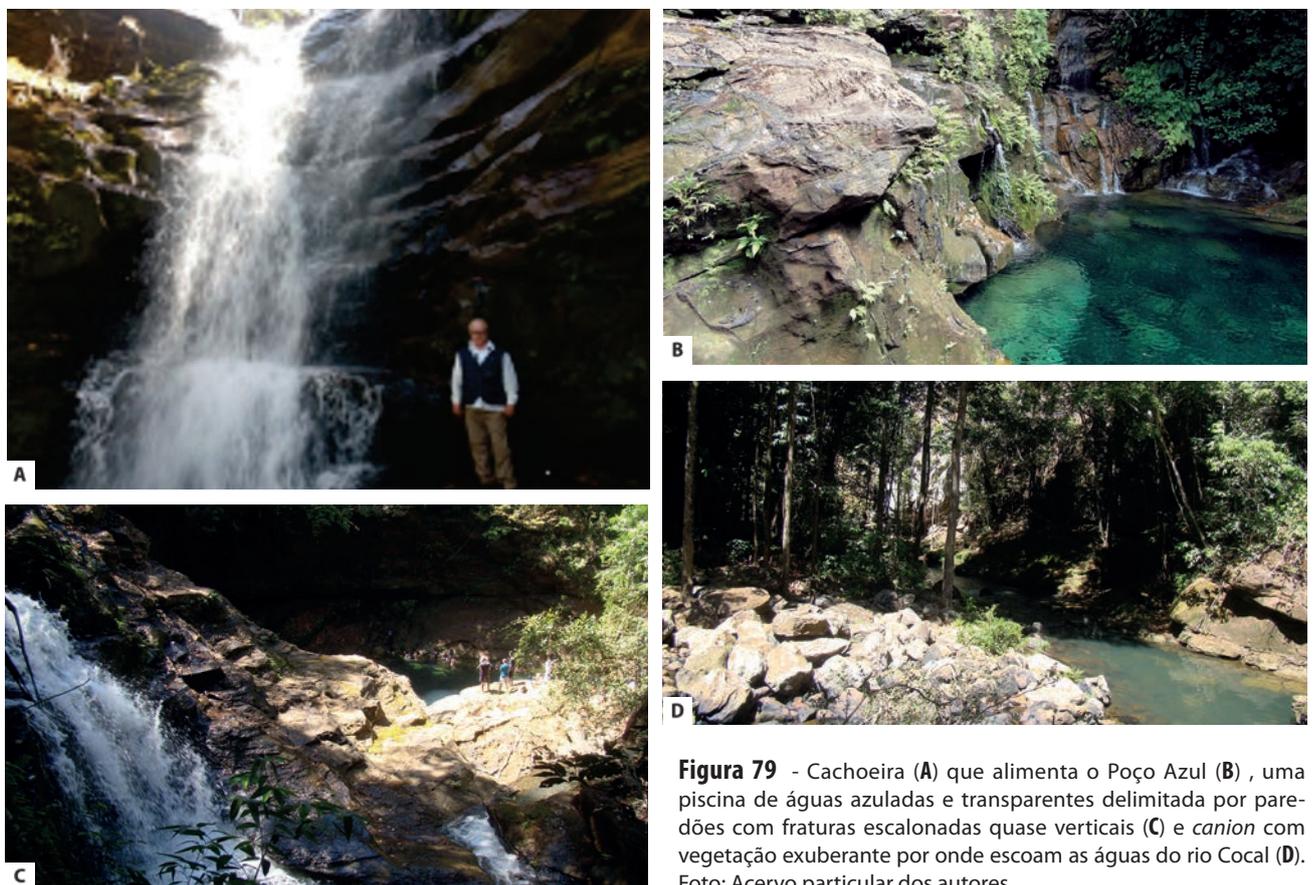
O Encanto Azul é um poço com profundidade variada que pode chegar aos 10 m na sua porção central cujas águas alimentadores o atingem segundo uma linha de falha. A cor azulada das suas águas dependem da direção de incidência da luz para o que contribui a formação rochosa da sua base ter constituição carbonática com liberação de magnésio e cálcio dando a água um tom verde-esmeralda. Os paredões que lhe individualizam apresentam surgências ou nascentes com águas transparentes. Outras cachoeiras estão distribuídas ao longo da trilha e que podem ser apreciadas pelo visitante, cada uma com seu atrativo particular mas todas exibindo nos paredões as estruturas sedimentares típicas da Formação Sambaíba. Estruturas cársticas, linhas de falhas, fraturas, pequenas cavernas, estruturas de deformação dúctil e

rúptil bem como bandas de deformação distribuídas ao longo de um *canion* que tem seus paredões revestidos por uma vegetação exuberantes de florestas, com jardins suspensos, com árvores que podem atingir os 40 m de altura. A mesma linha de falha que condiciona a drenagem que alimenta o Encanto Azul também o faz com relação à cachoeira de Santa Paula (Figura 78).

O Poço Azul e a Gruta e Cachoeira de Santa Bárbara estão situados no final da trilha e são os dois pontos de maior interesse e procura dos visitantes e alimentados pelo rio Cocal. O Poço Azul é formado por uma piscina com 5 m de profundidade que se chega ao percorrer uma trilha de madeira de 700 m bem sinalizada e com recomendações de cuidados ambientais de preservação com guias posicionados em pontos estratégicos de apoio e segurança para os visitantes. Ao longo da descida é possível contemplar-se os paredões íngremes com algumas surgências de água na forma de cachoeiras, aqui representada pela cachoeira do Moreno, e vegetação florestada com espécies dos biomas Cerrado e Amozônico numa verdadeira área ecotonal ou de transição (Figura 79).



**Figura 78** - Paredões com exposição de litologias da Formação Sambaíba, tectonizada e deformada por falhas de gravidade, com estruturas dúcteis (A e B), e rúpteis em cânions que limitam e servem de leito para as linhas de água que alimenta o Poço do Encanto Azul e a cachoeira de Santa Paula (C e D). Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 79** - Cachoeira (A) que alimenta o Poço Azul (B), uma piscina de águas azuladas e transparentes delimitada por paredões com fraturas escalonadas quase verticais (C) e *canion* com vegetação exuberante por onde escoam as águas do rio Cocal (D). Foto: Acervo particular dos autores.

Finalizando a trilha e depois do Poço Azul chega-se à Gruta de Santa Bárbara, porta de passagem para a Cachoeira do mesmo nome. A Gruta tem uma profundidade em torno de 20-30 m e altura de 10-12 m. Presença de estratificação cruzada recortada por feição erosiva da Formação Sambaíba, remetendo a um ambiente eólico. No teto é possível observar estruturas de escoamento e outras semelhantes a pequenas cortinas de sílica revestidas por material escuro rico em manganês configurando processos de carstificação em arenitos (Figura 80).

A cachoeira de Santa Bárbara, final da trilha, tipifica uma área de colapso de dolina, com forte movimentação dos estratos areníticos da Formação Sambaíba por falhas de gravidade escalonadas de diferentes direções e com fraturamento preenchido por fluidos hidrotermais das intrusões basálticas da Formação Mosquito. São fraturas de grande porte com bandas de deformação centimétricas preenchidas por material arenoso e com fraturas/estrias internas verticalizadas (Figura 81).

### Empreendimento Cachoeiras do Itapecuru

#### SÍTIO DA GEODIVERSIDADE 21 – CACHOEIRAS GÊMEAS

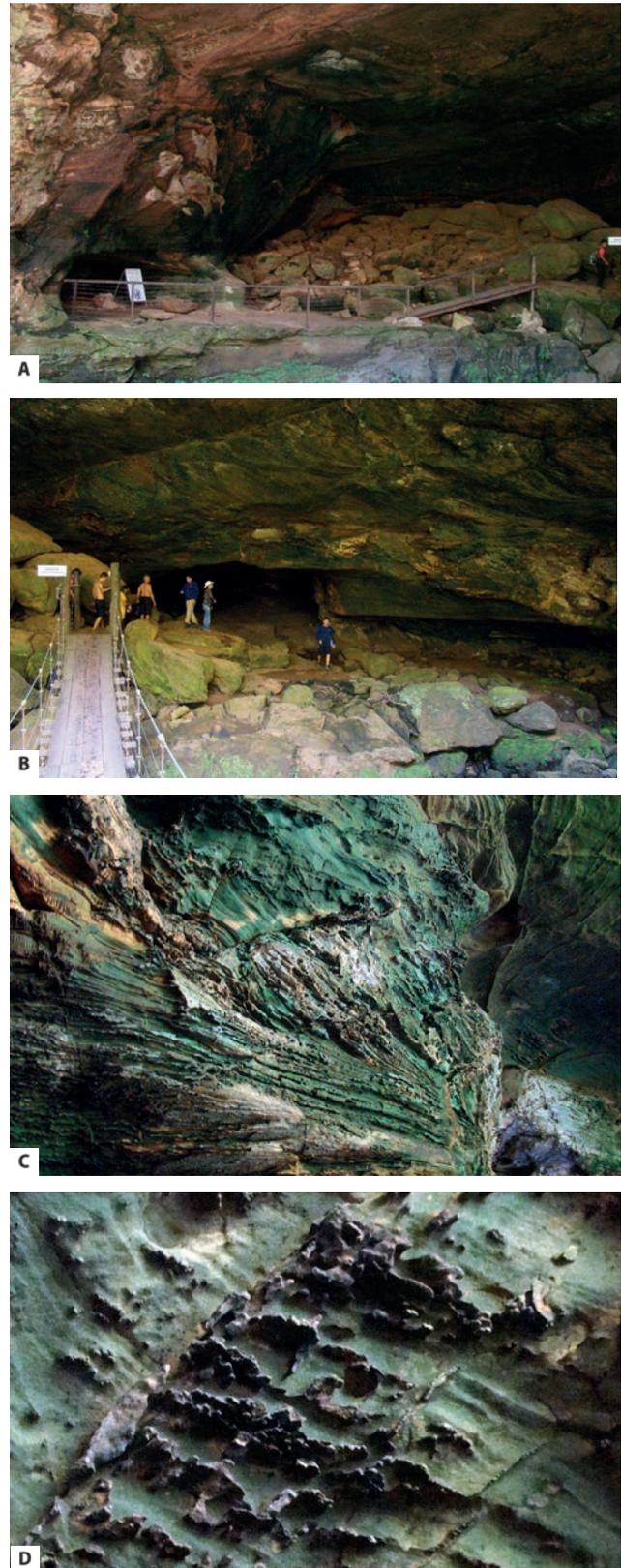
**Coordenadas:** UTM Zona 23 M

**Latitude:** 255417 m E      **Longitude:** 9179458 m S

**Altitude:** 213 m

**Relevância:** Regional/Local

O nome vem do fato das duas cachoeiras apresentarem tamanho e formato aparentemente semelhantes mas que com algumas diferenças como por exemplo a altura da queda d'água: uma de 8 m e a outra de 10 m de altura. O acesso à área, localizada no distrito de São João da Cachoeira no balneário identificado como Cachoeiras do Itapecuru, é feito através da BR-230 num percurso de 30 km a partir de Carolina, onde a atração principal está voltada para as cachoeiras gêmeas com altura média de 10 m e um volume considerável de água o ano todo. As águas do rio Itapecuru que formam as cachoeiras gêmeas de um dos empreendimentos mais visitados do sul do Maranhão foram utilizadas para gerar energia que ajudou a desenvolver a economia de Carolina há mais de 70 anos. Nas imediações dessas duas cachoeiras, entre os anos de 1939-1941 foi construída a segunda hidroelétrica



**Figura 80** - Salão principal da Gruta de Santa Bárbara com sedimentação cruzada e plano-paralela recortada por feição erosiva (A e B); teto com estrutura de escoamento (C) e cortinas (D). Foto: Acervo particular dos autores.



**Figura 81** - Cachoeira de Santa Bárbara: Estrutura de acesso (A) evidenciando falha vertical com visão do rejeito (B), paredões com estratificação cruzada acanalada (C) com bandas de deformação com estrias verticais (D) ou com fraturas verticais preenchidas por material basáltico que corta o arenito Sambaíba (E); estratificação cruzada de pequeno a médio porte com feição erosiva (F); visão da queda d'água que forma a cachoeira a partir do colapso do teto da dolina (G e H). Foto: Acervo particular dos autores.

do nordeste e a segunda da região norte, em atividade até 1960 substituída por uma de dimensões maiores e que se encontra também desativada. O empreendimento foi inaugurado em junho de 1993 e desde então tem sido um dos locais que consta do roteiro turístico da região, dispondo de hospedagem, alimentação, bar e restaurante. O rio Itapecuru, que nasce na região, ao formar as cachoeiras tem suas águas, após a queda d'água, formando uma grande piscina natural com água transparente e temperatura agradável e constituindo-se num dos complexos turísticos mais tradicionais da região sul do Maranhão.

As duas quedas d'água resultam de desníveis nos estratos da Formação Pedra de Fogo, fragilizados pela presença de fraturas perpendiculares à direção da linha de água (Figura 82).

## 6. CADASTRO E QUALIFICAÇÃO DOS GEOSÍTIOS E SÍTIOS DA GEODIVERSIDADE

As informações que constam e deram corpo a este Inventário do Patrimônio Geológico do Vale das Águas e que deverá embasar proposta subsequente de Geoparque, foram levantadas em quatro etapas de campo necessárias para elaboração do relatório e cartografia básica que constarão do Sistema de Informações Geográficas – SIG. Como meio de arquivo do inventário, qualificação e avaliação quantitativa de Geossítios e de Sítios da Geodiversidade, em nível nacional e também em áreas envolvendo geoparques foi utilizado o aplicativo *GEOSIT*, desenvolvido pela CPRM. Apesar do inventário adotar os critérios da representatividade,



**Figura 82** - Cachoeiras Gêmeas: (A) Vista das cachoeiras gêmeas e suas diferenças alturas da queda d'água. (B) Vista das cachoeiras em período de cheias; (C) Estrutura da antiga usina hidrelétrica, a segunda do nordeste na década de 1940. (D) Vista de uma das áreas internas do empreendimento. (E) Portão de acesso ao Empreendimento Turístico Cachoeiras do Itapecuru. Foto: Acervo particular dos autores.

integridade, raridade, o seu objetivo principal visa definir entre outros atributos como Potencial Uso Educativo e Turístico e Risco de Degradação, o seu nível de importância científica (nacional e internacional) atendendo a premissa que não existe “ciência local”.

O aplicativo Geossit para caracterização de geossítios foi adotado com base em proposta de Ficha de Cadastro de Geossítios da *ProGeo-The European Association for the Conservation of the Geological Heritage*, com adaptações de Brilha (2005), Garcia-Cortes; Urqui (2013), e Brilha (2016), seguidos de modificações e acréscimos realizados sob a coordenação de Antônio Dourado (coordenador do aplicativo de cadastro de geossítios, SUREG-SA); e a colaboração de Eder Lima (analista de sistemas da SUREG-SA) e Carlos Schobbenhaus (coordenador nacional do projeto Geoparques, Brasília).

Geossítios representam lugares ou pontos de interesse geológico, cujo valor destaca-os do meio circundante por seu interesse científico e/ou educativo e/ou turístico e/ou cultural (SCHOBHENHAUS C. & SILVA C.R., 2012). Segundo Brilha (2015), os geossítios representam as ocorrências *in situ* de partes da geodiversidade de alto valor científico que em conjunto com as correspondentes ocorrências *ex situ*, representadas por coleções de Museus, constituem o Patrimônio Geológico. Atributos outros existem que, apesar do não valor científico, são tidos como importantes recursos para educação e turismo e nestes casos são denominados Sítios da Geodiversidade quando *in situ* ou Elementos da Geodiversidade quando *ex situ*.

Quando da avaliação do GEOSSIT, Schobbenhaus e Rocha (2016) entendem que um sítio geológico é reconhecido como geossítio de relevância nacional quando o seu valor científico for igual ou maior que 200 e de relevância internacional quando este valor for igual ou maior que 300. Os sítios da geodiversidade com valores menores que 200 são caracterizados na área da proposta de relevância regional ou local.

A tabela, a seguir, inclui os 21 sítios geológicos e geomorfológicos inventariados sendo definidos como 19 geossítios e 2 sítios da geodiversidade, visando à geoconservação e o desenvolvimento sustentável local para a consolidação da proposta como um geoparque.

A quantificação dos sítios geológicos está representada nos gráficos seguintes que demonstram de forma mais clara a quantificação e classificação final dos mesmos (Tabela 1; Figuras 83, 84, 85 e 86).

## 7. INFORMACÕES ADICIONAIS SOBRE A PROPOSTA

Elementos outros para além dos geossítios e sítios da Geodiversidade podem conferir às propostas ou inventários uma mais valia para a mesma e nesse caso podem ser citados os aspectos históricos e socioculturais como dados que podem contribuir para a viabilização da proposta. Para esse inventário, pode ser citado a importância da região na luta pela independência e libertação do jugo português.

A estrutura, viabilização e inventivo do turismo na região, principalmente como fonte de renda e desenvolvimento local, encontra-se em fase de expansão e consolidação contando com um número de hotéis e pousadas, ainda em número e qualidade insuficiente.

O acesso à região é feito através de rodovias e estradas nacionais em bom estado de conservação e manutenção.

A região apresenta algumas iniciativas ou opções de roteiro turístico colocados à disposição do turista e que dão à região outras possibilidades de atrativos turísticos como fontes alternativas de geração de emprego e renda. Neste sentido, a cidade de Carolina funciona como polo principal e como melhor infraestrutura e tradição neste ramo de atividade em detrimento dos outros dois municípios inseridos na zona de abrangência deste inventário.

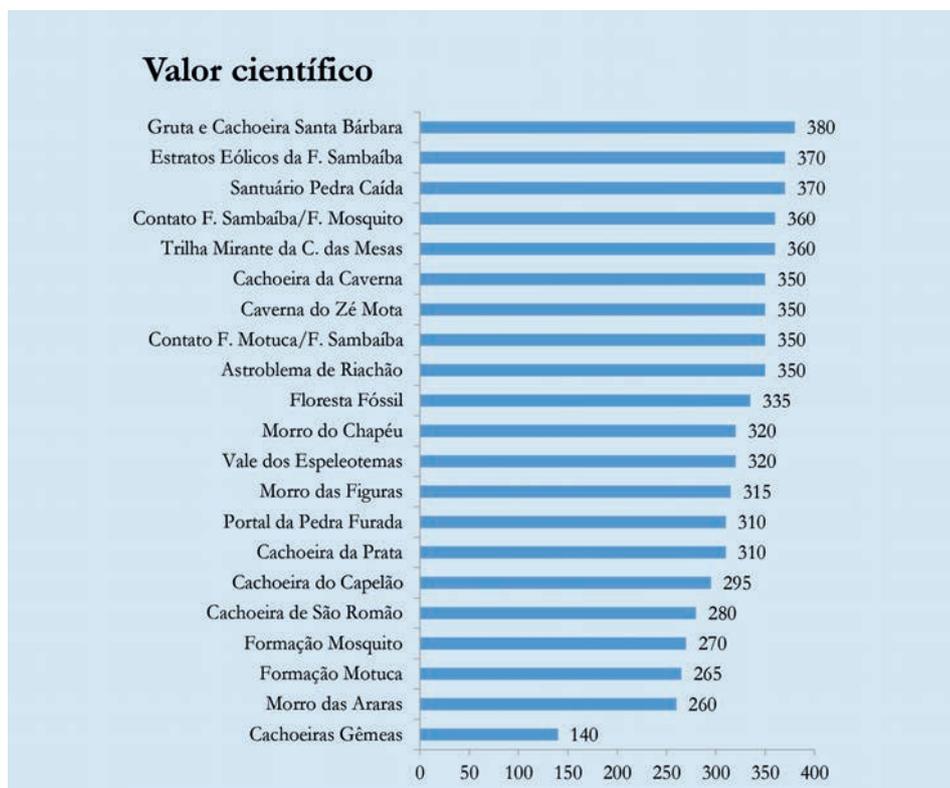
A sustentabilidade da região e a busca na geração de emprego e renda levaram grupos e particulares a desenvolverem atividades e pequenas empresas de produção local ou voltadas para o turismo de aventura na região. Neste âmbito, podem ser citados:

- Preservação e plantio de árvores nas trilhas do Vereda Bonita que oferece caminhada rústica, banhos em piscinas naturais e cachoeiras de água cristalina que já oferece ao turista uma Estância Ecológica na propriedade e uma pousada no centro histórico da cidade de Carolina. Um dos focos e objetivos dessa trilha é o incentivo e disseminação do cuidado com o meio ambiente através das trilhas ecológicas e interpretativas. Cada turista tem como missão final plantar uma muda de árvore nativa como medida de ampliação e recuperação da mata nativa do Cerrado.

- Serra da Torre da Lua com suas paisagens numa das áreas de maior beleza e grau de preservação da região de entorno do rio Tocantins com práticas esportivas ecológicas.

Tabela 1 - Resultados do cadastro e quantificação dos sítios geológicos e geomorfológicos inventariados através da plataforma GEOSSIT.

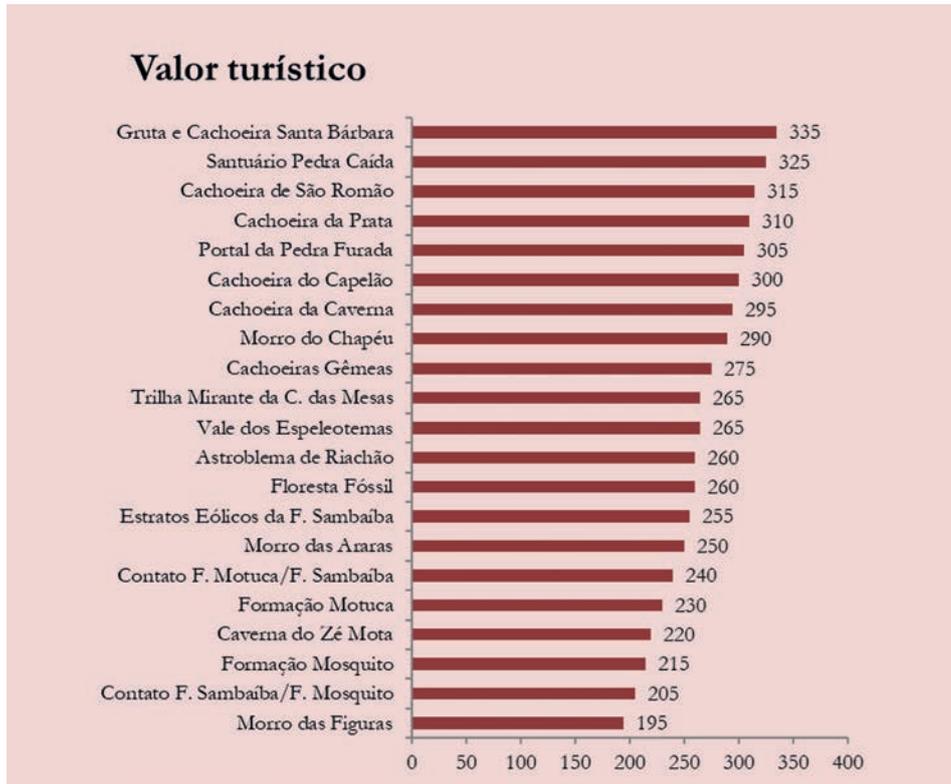
Nº	Nome do sítio	Classificação	Relevância	Valor científico	Valor educativo	Valor turístico	Risco de degradação	Qualificação do risco
1	CACHOEIRA DA PRATA	Geossítio	Regional/Local	310	315	310	225	Médio
2	CACHOEIRA DE SÃO ROMÃO	Geossítio	Regional/Local	280	330	315	115	Baixo
3	FLORESTA FÓSSIL	Geossítio	Internacional	355	310	260	260	Médio
4	ASTROBLEMA DE RIACHÃO	Geossítio	Internacional	350	295	260	290	Médio
5	INTERCALAÇÕES DE FÁCIES EVAPORÍTICA E SILICLÁSTICA FINAIS DA FORMAÇÃO MOTUCA	Geossítio	Nacional	265	310	230	275	Médio
6	CONTATO F. MOTUCA/F. SAMBAIBA	Geossítio	Nacional	350	240	240	315	Alto
7	VALE DOS ESPELEOTEMAS	Geossítio	Nacional	320	325	265	170	Baixo
8	ESTRATOS EÓLICOS DA FORMAÇÃO SAMBAIBA	Geossítio	Nacional	370	290	255	205	Médio
9	MORRO DO CHAPÉU	Sítio da Geodiversidade	Regional/Local	320	310	290	265	Médio
10	PORTAL DA PEDRA FURADA	Geossítio	Regional/Local	310	290	305	275	Médio
11	CAVERNA DO ZÉ MOTA	Geossítio	Nacional	350	230	220	300	Médio
12	TRILHA MIRANTE DA CHAPADA DAS MESAS	Sítio da Geodiversidade	Regional/Local	360	310	265	190	Baixo
13	MORRO DAS FIGURAS	Geossítio	Nacional	315	265	195	280	Médio
14	MORRO DAS ARARAS	Geossítio	Nacional	260	280	250	260	Médio
15	CONTATO FORMAÇÃO SAMBAIBA/ FORMAÇÃO MOSQUITO	Geossítio	Regional/Local	360	240	205	175	Baixo
16	BASALTO AMIGDALOIDAL E/ OU MACIÇO DA FORMAÇÃO MOSQUITO: TOPO DA SUCESSÃO DAS SEQUENCIAS PERMO-TRIÁSSICAS DA BACIA DO PARNÁIBA.	Geossítio	Nacional	270	280	215	265	Médio
17	SANTUÁRIO DA PEDRA CAÍDA	Sítio da Geodiversidade	Regional/Local	370	335	325	185	Baixo
18	CACHOEIRA DA CAVERNA	Geossítio	Regional/Local	350	325	295	205	Médio
19	CACHOEIRA DO CAPELÃO	Sítio da Geodiversidade	Regional/Local	295	330	300	150	Baixo
20	GRUTA E CACHOEIRA DE SANTA BÁRBARA	Geossítio	Regional/Local	380	345	335	255	Médio
21	CACHOEIRAS GÊMEAS	Sítio da Geodiversidade	Regional/Local	140	285	275	175	Baixo



**Figura 83** - Histograma dos resultados dos valores científicos obtidos pela quantificação dos sítios geológicos inventariados através da plataforma GEOSSIT.



**Figura 84** - Histograma dos resultados dos valores educativos obtidos pela quantificação dos sítios geológicos inventariados através da plataforma GEOSSIT.



**Figura 85** - Histograma dos resultados dos valores turísticos obtidos pela quantificação dos sítios geológicos inventariados através da plataforma GEOSSIT.



**Figura 86** - Histograma dos resultados dos valores de risco de degradação obtidos pela quantificação dos sítios geológicos inventariados através da plataforma GEOSSIT.

- Projeto Joias do Cerrado, voltado para a produção artesanal com uso dos recursos naturais da região na busca de geração de renda para famílias carentes em Carolina. A abundância dos recursos naturais no fornecimento da matéria prima diferenciada para a produção de joia foi o ponto de partida e de incentivo para o desenvolvimento do projeto. As peças produzidas tem uma forte identidade visual com as formas do relevo da região e utilizam flores secas, sementes e capim dourado do Cerrado. Este projeto atende, assim, aos princípios de sustentabilidade socioambiental ao utilizar produtos de descarte natural coletados obedecendo ao ciclo natural das plantas (Figura 87).



**Figura 86** - Produtos do Projeto Jóias do Cerrado, em Carolina/Ma. Fotos: Leonardus Borges.

## 8. MEDIDAS DE PROTEÇÃO

O Parque Nacional da Chapada das Mesas, com seus 159.953,78 hectares e criado pelo Dec s/nº de 12 de dezembro de 2005 como unidade de proteção integral é a única área de proteção inserido no polígono proposta para esse inventário, embora já existam processos de criação de um numero significativo de outras, principalmente da classe Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN. Áreas particulares e parques ecológicos constam da lista de propriedades a espera da sua transformação em RPPN.

Alguns sítios que constam desse inventário encontram-se dentro da área de cobertura do PARNA.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES JÚNIOR, F. R. O Permo-Triássico da Bacia do Parnaíba, norte do Brasil: implicações paleoambientais, paleoclimáticas e paleogeográficas para o Pangea Ocidental, 2016.

AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**: São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

AGUIAR, G. A. (1971). Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. *XXV Congresso Brasileiro de Geologia*, v.3, 113-122. São Paulo: SBG.

AHLBRANDT, T. S.; FRYBERGER, S. D. 1981. Sedimentary features and significance of interdunas deposits. In: Ethridge F. G.; Flores, R. M. (eds.). *Recent and ancient nonmarine Depositional Environments*. Soc. Econ. Paleont. Miner.

ALBINO, R. S. **Levantamento florístico e fisionômico de comunidades vegetais do bioma cerrado no município de Carolina – Maranhão**. Relatório técnico de criação do Parque Nacional das Mangabeiras, Palmas, 2005.

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. 2004. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: Mantesso-Neto., Bartorelli, A., Carneiro, c. D R., Brito Neves, B. B. (or.) *Geologia da plataforma sul-americana: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca. P. 43-58.

ANDRADE, L. A., NOGUEIRA, A. C. R, BANDEIRA J. C. S. Jr. Evolução de Sistema Lacustre Árido Permiano, Parte Superior da Formação Pedra de Fogo, Borda Oeste da Bacia do Parnaíba. *Geol. USP. Sér. Cient.*, v.14, n. 4, p. 3-60, 2014.

- ARAÚJO, V. A. 2001. Araguaína, Folha SB.22 – Z – D. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. CPRM/DIEDIG/DEPAT. Brasília.
- BANDEIRA, I. C. N., *et al.* Geodiversidade do estado do Maranhão / Organização Iris Celeste Nascimento. – Teresina : CPRM, 2013. 294 p. ; 30 cm + 1 DVD-ROM
- BAKSI, A. K.; ARCHIBALD, D. A. Mesozoic igneous activity in the Maranhão province, northern Brazil, 40Ar/39Ar evidence for separate episodes of basaltic magmatism. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 151, p. 139-153, 1997.
- BARBOSA, A. S. (2002). Andarilhos da Claridade: os primeiros habitantes do Cerrado. Goiânia: Universidade Católica de Goiás. Instituto do Trópico Subúmido.
- BENÍCIO, J. *et al.* Palaeoclimatic inferences based on dendrological patterns of permineralized wood from the Permian of the Northern Tocantins Petrified Forest, Parnaíba Basin, Brazil. 28 de outubro de 2015.
- BENNETT, P. C.; MELCER, M. E.; SIEGEL, D. I.; HASSETT, J. P. 1988 the dissolution of quartz in dilute aqueous solutions of organic acids at 25°C. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. Vol. 52. Pergamon: 1521-1530.
- BENNETT, P. C. 1991. Quartz dissolution in organic-rich aqueous systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 55. Pergamon: 1781-1797.
- BICE, D. M., Newton, C. R., McCauley, S., Reiners, P. W., McRoberts, C. A. (1992). Shocked quartz at the Triassic-Jurassic boundary in Italy. *Science*, 259(1), 443-446.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção. Projeto RADAM, Folha SB. 23 – Teresina e Parte da Folha SB. 24 – Jaguaribe, Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro. 1973.
- BRILHA, J.B.R. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoh Heritage*, 8(2):119-134.
- BRILHA, J. B. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga: Palimage, 2005.
- CALDAS, E.B.; MUSSA, D.; LIMA FILHO, F.P.; ROSLER, O. 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina Piauí. *Boletim do Instituto de Geociências*, São Paulo, Publicação Especial, n. 7, p. 69-87.
- CARVALHO, C. **O Sertão: subsídios para a história e a geografia do Brasil**. Organização e notas de Adalberto Franklin e João Renôr F. Carvalho. 3ed. Ver. Ampl. – Teresina: EDUFPI, 2011.
- CASSETTI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1994.
- CASTELO BRANCO, R. M. G.; COIMBRA, A. M. 1984. Contribuição ao conhecimento tecto-magmático da borda sul da bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. *Boletim...* Rio de Janeiro, SBG. v.2. p.84.
- CHIFANG, C., Yaogi, Z., XUEYING, M., SHULAN, M., JIANGUO, M., KONG PING, K., JINGWEN, H. 1992. Geochemical constrains on the Permo-Triassic boundary event in South China. In: Sweet, w. C., Zubyi, Y., Dickens, J. M., Hongfu, Y. Permo-Triassic events in the eastern Tethys. Cambridge University Press, 158-168.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. Geomorfologia. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 188p.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1999. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 236p.
- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. 1971. Physical geography: a systems approach. London, Prentice-Hall. 370 p.
- CISNEROS J. C., MARSICANO C., ANGIELCZYK K. D., SMITH R. M. H., RICHTER M., FRÖBISCH J., KAMMERER C. F., SADLEIR R. W. New Permian fauna from tropical Gondwana, *Nat. Comm.*, DOI: 10.1038/ncomms9676, 2015.
- COIMBRA, A. M. 1983. *Estudo sedimentológico e geoquímico do Permo-Triássico da Bacia do Maranhão*. São Paulo. USP. Inst. Geoc. 2v. (Tese).
- COIMBRA, A. M.; MUSSA, D. 1984. Associação lignitoflorística na formação Pedra do Fogo (Arenito Cacunda), bacia do Maranhão, Piauí, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 2, p. 591-605.
- COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. L.; HASUI, Y.; BORGES, M. DA S.; FERREIRA JUNIOR, C. R. P.; BEZERRA, P. E. L.; COSTA, M. L. DA; FERNANDES, J. M. G. 1996. *Neotectônica da Amazônia: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais*. GEONOMOS, Revista de Geociências. 4: (23-44p).
- COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; IGREJA, H. L. S.; HASUI, Y. 1991. Aspectos da evolução tectônica da Bacia do Parnaíba e sua relação com o arcabouço Pré-cambriano. *Boletim. III Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*. Rio Claro – SP. Boletim de resumos expandidos. 96-98p
- COX, C.B.; HUTCHINSON, P. 1991. Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra de Fogo Formation of northern Brazil. *Paleontology*, v.34, n. 3, p.561-573.

- CREPANI, E. & DIAS, R.R. 2004. *Geologia da Folha SB.22 - X - B (Tocantinópolis) - Estado do Tocantins*. Projeto de gestão ambiental integrada da região do Bico do Papagaio - Zoneamento sócio econômico. SEPLAN/DZE. Palmas - TO. 46p.
- CUNHA, F. M. B. (1986). *Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e meio ambiente. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- DERNBACH, U. (ed.) 1996. Petrified Forests: the world's 31 most beautiful petrified forests. D'oroVerlag, Hephenheim. 188p.
- DIAS, REINALDO. **Turismo sustentável e meio ambiente**. São Paulo: Atlas, 2003.
- DINO, R.; ANTONIOLI, L.; BRAZ, S. M. N. 2002. Palynological data from the Trisidela Member of Upper Pedra de Fogo Formation ("Upper Permian") of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 3: 24-35.
- DOLIANITI, E. 1948. A Paleobotânica no Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, Rio de Janeiro, n.123, p. 1-87.
- DOVE, P. M.; RIMSTIDT, J. D. 1994 "Silica-water interactions", **Reviews in Mineralogy Series: The Silica Polymorphs.**, Eds. P. Heaney, C. Prewitt and G. Gibbs, Volume 29. Mineralogical Society of America. 259-308.
- EMBRAPA. Solos do Nordeste. Recife, 2007. Disponível em: . Acesso em: jun. 2018.
- EMBRAPA. CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA SOLOS, 2006.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção. Projeto RADAM, Folha SB. 23 - Teresina e Parte da Folha SB. 24 - Jaguaribe, Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro. 1973.
- ETCHEVARNE, C. Escrito na Pedra: cor, forma e movimento nos grafismos rupestres da Bahia. Rio de Janeiro: Versal. 2007. 312p. : il.
- EVREUX, IVES D'. Viagem ao norte do Brasil feita nos anos de 1613 a 1614. São Paulo: Siciliano. 2002.
- FARIA JUNIOR, L. E. do C. 1984. O permotriássico na bacia do Maranhão: um modelo de paleodeserto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro, Anais..., **Rio de Janeiro, SBG, v.2, p. 777-791**.
- FARIA JR., L. E. C. Estudo sedimentológico da Formação Pedra de Fogo - Permiano Bacia do Maranhão. Dissertação de Mestrado, Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológica, Universidade Federal do Pará, 57 p, 1979.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. 1989. **Karst geomorphology and hydrology**. London, Unwin Hyman. 320 p.
- FARIA Jr., L. E.; TRUCKENBRODT, W. 1980. Estratigrafia e Petrografia da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão. *An. XXXI Cong. Bras. Geol.*, v. 2, p. 740-754.
- HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; HARALYI, N.L.E. Estrutura em quilha Brasil Central, uma feição fundamental na Geologia de Goiás e Tocantins. São Paulo: Editora da UNESP. *Geociências*, 13 (2):463-497, 1991.
- HUGGETT, R. J. 1985. **Earth surface systems**. Berlin Heidelberg; Springer-Verlag. 270p.
- GARCIA-CORTES, A.; URQUI, L.C. **Documento Metodológico para la elaboracion del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Madrid: Instituto Geologico y Minero de Espana. Version 18.07.2013.
- GERSEN COPEL GERAÇÃO. Superintendência de Engenharia de Geração. **Relatório de Impacto Ambiental da P.C.H. da Cachoeira da Ilha.** Curitiba, 107 p, 2001.
- GÓES, A. M. & Coimbra, A. M. 1996. As bacias sedimentares da Província Sedimentar do Meio-Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, 1996. Boletim de Resumos Expandidos, Belém, UFPA, p. 186-187.
- GÓES, A. M. A Formação Poti (Carbonífero Superior) da Bacia do Parnaíba. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: São Paulo, 1995.
- GÓES, A. M. O., Feijó, F. J. 1994. Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro., PETROBRÁS, Boletim de Geociências. V. 8(1). P. 57-67.
- GÓES, A. M. O.; de Souza, J. M. P.; Teixeira, L. B. 1990. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas na Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, 4(1): 55-63.
- GOLONKA, J. & Ford, D. 2000. Pangean (Late Carboniferous-Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161:1-34.
- GUERRA, A. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

- HARDT, R. Da carstificação em arenitos: aproximação com o suporte de geotecnologias. Rio Claro: (s.n) 20011.
- HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; ASSIS, J. F. P.; PINHEIRO, R. V. L.; BARTORELLI, A.; PIRES NETO, A. G.; MIOTO, J. A. 1991. A borda sul da Bacia do Parnaíba no Mesozoico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro, 1991. *Boletim*.
- HERBST, R. 1999. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of *Psaronius* from Araguaina, State of Tocantins, Brazil. *FACENA*. v. 15. p. 9-18.
- IBGE, Diretora de Pesquisa, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da População residente com data de referencia 1º de julho de 2017.
- IBGE. **Cidades**. Carolina MA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.html>> Acesso em: 02 de outubro de 2018.
- IBGE. Mapa de Unidades do Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000, 2006. Disponível em: . Acesso em: 20 jun. 2014.
- IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo2010.html>> Acesso em: 02 de outubro de 2018.
- INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de Unidades do Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000, 2006. Disponível em: . Acesso em: 20 jun. 2014.
- IBGE. *Censo Populacional 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 29 de novembro de 2010. Consultado em 11 de dezembro de 2010.
- JENNINGS, J. N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: YPUNG, R. W.; NANSON, G. C. Aspects of Australian Sandstone Landscapes. Wollongong: Australian and New Zeland Geomorphology Group Special Publication nº 1.21-30.
- KELLER, G. (2005). Impacts, volcanism and mass extinction: random coincidence or cause and effect? *Australian Journal of Earth Sciences*, 52(1), 725-757.
- KIEHL, J.T. & Shields, C.A. 2005. Climate simulation of the latest Permian: Implications for mass extinction. *Geology*, 33(9):757-760.
- KERR, R. A. 1996. A shocking view of the Permian-Triassic. *Science*, 274(1), 1080.
- KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C. 2000. Types of karst and Evolution of Hydrogeologic Settings. In: KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. (editors). **Speleogenesis – Evolution of Karst Aquifers**. Huntsville (USA), National Speleological Society. P 45-53.
- KOEBERL, C., Farley, K.A., Peucker-Ehrenbrink, B., Sephton, M.A. 2004. Geochemistry of the end-Permian extinction event in Austria and Italy: No evidence for an extraterrestrial component. *Geology*, 32 (12):1053-1056.
- LEITE FILHO, D. C. 2010. Ocupações pré-coloniais no litoral e nas bacias lacustres no Maranhão. In: PEREIRA, E. S., GUAPINDAIA, V. L. C. (Orgs.), *Arqueologia Amazônica 2*. Belém: MPEG/IPHAN/SECULT, pp. 771-773.
- LIMA, E.A. M. & LEITE, J. F. 1978. *Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Integração Geológica-Metalogenética*. Recife, Convênio DNPM - CPRM. v. I, p. 124-132. Relatório Técnico.
- LISBOA, M. A. R. The Permian geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, New Haven, v. 37, n. 221, Série 4, p. 425-443, maio 1914.
- LOPES, R. 1970. Uma Região Tropical. Rio de Janeiro: Fone Seleta.
- MAGALHÃES, Claudia Freitas. **Diretrizes para o turismo sustentável em municípios**. São Paulo: Roca, 2002.
- MARANHÃO, Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. Projeto de Lei do Plano Plurianual 2012-2015 do Governo do Estado do Maranhão. São Luis, Maranhão, 2011. 288p.
- MARANHÃO. Plano de Desenvolvimento Integral do Turismo no Maranhão: Plano Maior– 2000 –2002. São Luís, 2000.
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; CARMO, F. F.; MAFRA M. A. As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.16, n.3, p. 387-398, 2015. DOI: 10.20502/rbg.v16i3.678
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. R. A. Chapadas do Brasil: abordagem científica e conceitual. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n.1, p. 163-175, 2016. DOI: 10.20502/ rbg.v17i1.806
- MARTINI, J. E. J. 1979. Karst in Black Reef quartzite near Kaapsehoop, Eastern Transvaal. *Annals of geological survey*. Pretoria. P. 115-125.
- MARZOLI, A. *et al*. Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, v. 284, p. 616-618, 1999.

- MARZOLI, A. *et al.* Synchrony of the Central Atlantic magmatic province and the Triassic-Jurassic boundary climatic and biotic crisis. **Geology**, v. 32, p. 973-976, 2004.
- MAZIVIERO, M. V. Caracterização geológica da estrutura de impacto de Riachão, MA / Mariana Velcic Maziviero. -- Campinas, SP: [s.n.], 2012.
- McHONE, J.F. 1986. Terrestrial impact structures: their detection and verification with two new examples from Brazil. PhD thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign. 210 p.
- MELO; M.S. Formas Rochosas do Parque Estadual de Vila Velha. UEPG: Ponta Grossa. 2006.
- MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, L. C. 1964. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous Coastal Basins, Northern Brazil. *Bulletin of the American Association Petroleum Geologists*, Tulsa, v. 48, n. 9.
- MEYER, K. M.; Kump, L. R.; Ridgwell, A. 2008. Biogeochemical controls on photic-zone euxinia during the end-Permian mass extinction. *Geology*, 36(9):747-750.
- MILANI, E. J. & ZÁLAN, P. V. 1998. *Brazilian Geology Part 1: the geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic interior rifts of Brazil*. Rio'98 AAPG International Conference & Exhibition. Short Course Notes, 1: 186 p. Rio de Janeiro – RJ.
- MMA/SNUC. Gestão participativa do SNUC / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas. Programa Áreas Protegidas da Amazônia. — Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- MORAES, R. C.; LIMA, L. P. Utilização de SIG como ferramenta na gestão do Parque Nacional Chapada das Mesas (Carolina/MA). In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, INPE. 2007. p.4057-4064.
- MUNIZ, F. H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste: diversidade e estrutura. In: Emanuel Gomes de Moura. (Org.). Agroambientes de transição entre o Trópico Úmido e o Semi-árido do Brasil: atributos, alterações e uso na produção familiar. 2 ed. São Luís: Programa de Pós-graduação em Agroecologia/UEMA, v. 1, p. 53-69. 2006a.
- MUNIZ, F. H. Efeito do manejo florestal sobre a composição florística e fitossociologia da floresta na Amazônia maranhense. In: Marlúcia Bonifácio Martins e Tadeu Gomes de Oliveira (Org.). *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação*. Belém: MPEG, p.118-140. 2011b.
- MUSSA, D.; COIMBRA, A. M. 1987. Novas perspectivas de comparação entre as taflooras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. In: CONGRESSO-BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, v. 2, p. 901-923.
- NIJUMUENDAJÚ, Kurt. **The Eastern Timbira**. University of Califórnia Press. Berkeley and Los Angeles, 1946.
- NORTHFLEET, A. A.; NEVES, S. B. **Semi-detulhe da região SW de Balsas**. Belém: Petrobras, 1967. 60 p. (Relatório Técnico, 260).
- OJEDA Y OJEDA, H.; BEMBOM, F.da C. Mapeamento geológico em semidetulhe do sudoeste de Riachão. PETROBRAS. Relatório Técnico, Belém, n. 260, p. 72, 1966.
- OLIVEIRA, D. C.; MOHRIAK, W. U. 2003. Jaibas through: an important element in the early tectonic evolution of the Parnaíba interior sag basin, Northern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 351-383 doi: 10.1016/S0264-8172(03)00044-8.
- OLIVEIRA, C. M. de. 1982. **O padrão de distribuição dos elementos traços na Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão e seu emprego como indicador de ambientes de sedimentação**. Belém. UFPA. Centro de Geociências. 94 p. (Dissertação).
- OLIVER, G.; PRAVE, A. 2013. Palaeogeography of Late Triassic red-beds in Singapore and the Indosinian Orogeny. *Journey of Asian Earth Sciences*.
- PARRISH, J. M., Parrish, J. T., Ziegler, A. M. 1986. Permian-Triassic Paleogeography and Paleoclimatology and Implications for the Rapsid Distributions. Editors. Washington: Smithsonian Press, p.109-132.
- PESSIS, A-M. Do estudo das graviras rupestres pré-históricas no nordeste do Brasil. *CLIO-Série Arqueológica*, nº 15. Recife, UFPE, p.29-44, 2002.
- PESSIS, A-M. **Identidade e Classificação dos registros gráficos pré-históricos do Nordeste do Brasil**. *Clio Arqueológica*, Recife. 1/8, p. 35-68, 1992.
- PLUMMER, F. B.; PRICE, L. I.; GOMES, F. A. 1948. Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL, Conselho Nacional do Petróleo, **Relatório** de 1946. Rio de Janeiro, p. 87-134.
- PRICE, L. I. 1948. Um anfíbio labirintodonte da Formação Pedra de Fogo, estado do Maranhão. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, Rio de Janeiro, n. 124, p. 1-32, est.1-3.

- PRICE, L. I. 1947. Sedimentos mesozoicos na baía de São Marcos, estado do Maranhão. Divisão de ecologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n. 40, p. 1-7, est. 1-3.
- PRICE, L. I. 1960. Dentes de Theropoda num testemunho de sondagem no estado do Amazonas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 32, n.1, p. 79-84, 1 pl.
- PROUS, A. & ALONSO, M. Estudo de conjuntos líticos Tupiguarani. In: XII Congresso Sociedade de Arqueologia Brasileira, resumos: 148. 2003.
- PROUS, A. Arqueologia Brasileira. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1992.
- RETALLACK, G. J., SEYEDOLALI, A., KRULL, E. S., HOLSER, W. T., AMBERS, C. P., KYTE, F. T. (1998). Search for evidence of impact at the Permian-Triassic boundary in Antarctica and Australia. *Geology*, 26(11), 979-982.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed). Cerrado: ambiente e flora. Brasília, embrapa Cerrados, 1998.
- ROBINSON, P. L., 1973. Paleoclimatology and Continental Drift: implications of continental Drift to the Earth Sciences. In: Tarling, D. H. and Runcorn., S. K. (Editors). New York: Academic 1: 449-476.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. 2004. Geoecologia das paisagens. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará. 222p.
- RÖSSLER, R.; GALTIER, J. 2002a. First *Grammatopteris tree ferns from the Southern Hemisphere* – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121: 205-230.
- RÖSSLER, R.; GALTIER, J. 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology*, 122: 239-263.
- RÖSSLER, R.; GALTIER, J. 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. *Review of Paleobotany and Palynology*, 127: 99-124.
- RÖSSLER, R. 2006. Two remarkable Permian petrified forests: correlation, comparison and significance. In: Lucas, S. G., Cassinis, G. & Schneider, J. W. (eds.). *Non-marine Permian biostratigraphy and biochronology*. Geological Society, London, Special Publications, 265: p. 39-63.
- RUSCHMANN, D. Van de M. Turismo e Planejamento Sustentável: a proteção do meio ambiente. 8ª Ed. Campinas, Papirus, 2001.
- SANTOS, M. E. C. M. & CARVALHO M. S. S. Programa de levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB; Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. In: CPRM, Serviço Geológico do Brasil/DIEDIG/DEPAT, Rio de Janeiro, 211 p, 2004
- SANTOS, M. E. de C. M. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís / Maria Eugênia de Carvalho Marchesini Santos [e] Marise Sardenberg Salgado de Carvalho – Rio de Janeiro : CPRM-Serviço Geológico do Brasil/DIEDIG/DEPAT, 2009.
- SCHOBHENHAUS C. & SILVA C.R. (Org.) 2012. *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro, CPRM. v.1.
- SEPHTON, M. A.; VISSCHER, H; LOOY, C. V.; VERCHOVSKY, A. B.; WATSON, J. S. 2009. “Chemical constitution of a Permian-Triassic disaster species”. *Geology* 37 (10): 875–878.
- SILVA, A. J. P.; LOPES, R. da C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. V. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, Luiz A.; SCHOBHENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta M.; GONÇALVES, João H. (Org.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e sig. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 692 p. p. 55-85.
- SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.
- SWEETING, M.M. Karst landforms. New York, Columbia University Press: 1973
- TALBOT, M. R.; ALLEN, P. A. 1996. Lakes. In: Reading H. G. (ed.) sedimentar Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. 3rd edition. Blackwell Science, Oxford.
- TEIXEIRA, M. A. L.; GAUCHER, C.; PAIM, P. S. G.; FONSECA, M. M.; PARENTE, C. V. P.; SILVA FILHO, W. F.; ALMEIDA, A. R. Bacias do Estágio de Transição da Plataforma Sul-Americana. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul-Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo: 487-536, 2004.
- VAZ, P. T., REZENDE, N. G. A. M., WANDERLEY FILHO, J. R., TRAVASSOS, W. A. S. (2007). Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, 15(2), 253-263.

WHITE, A. F. & BRANTLEY, S. L. 1995. Chemical weathering rates of silicate minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*; January v. 31 (1). P. 1-22.

WILSON, I. G. 1971. Desert sandflow basins and a model for the development of ergs. *Geographical Journal*, 137: 180-189.

ZALÁN, P. V. 1991. Influence of Pre-Andean Orogenies on the Paleozoic Intracratonic Basins of South America. In: SIMPSIO BOLIVARIANO, 4. Bogotá. Memórias, Tomo I, Trabajo 7.

ZHARKOV, M. A., Chumakov, N. M. (2001). Paleogeography and Sedimentation Settings during Permian-Triassic Reorganizations in Biosphere. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 9(4), 340-363.

## AGRADECIMENTOS

A equipe técnica agradece a todos que, direta ou indiretamente, tiveram participação na aquisição de dados, permissão no acesso às propriedades privadas e áreas federais; guias locais com os quais aprendemos muito diante do conhecimento das áreas; às autoridades locais, prefeitos e suas equipes de governo; comunidade local em cada ponto visitado por sua atenção e cortesia; ao ICMbio, em nome do chefe local, pela permissão e livre acesso à área do Parque Nacional Chapada das Mesas.

Um agradecimento especial ao Sr. Pedro Iran Pereira do Espírito Santo, proprietário do Complexo Turístico Pedra Caída e toda a sua equipe, pela permissão e livre acesso à área do complexo e ao guia neste complexo, Marcos Marinho Braga, possuidor de um conhecimento, curiosidade geológica e biológica e um verdadeiro “cuidador do meio ambiente”. Um mesmo agradecimento aos guias locais Edimar Parente Silva e Luis Alberto Arruda Pereira pelo conhecimento e ajuda de campo.

Agradecimento especial aos geólogos Carlos Scho-bbenhaus, Valter Marques e Antonio Carlos Bacelar Nunes, nosso DHT, por terem nos acompanhado numa visita de campo e pelo partilhar de conhecimento.

E um muito obrigado àqueles que nos levaram e trouxeram de volta pelas estradas e caminhos entre Teresina/PI e Carolina/MA ao longo desses meses de atividade de campo, José Alves de Sousa e Francisco Edval dos Santos.

## SOBRE OS AUTORES



**José Sidiney Barros** - Graduado em GEOLOGIA pela Universidade Federal de Pernambuco (1981); especialização e mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (2005); especialização em Geologia Aplicado e do Ambiente pela Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa, Portugal (1991). Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (2012). Geólogo/Pesquisador em Geociências do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, Divisão de Gestão Territorial e Riscos Geológicos - e Professor Adjunto I da Universidade Estadual do Piauí das disciplinas de Geologia, Engenharia do Meio Ambiente, Mecânica dos Solos I e Mecânica dos Solos II do Curso de Engenharia Civil. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Geologia e Estrutura de Ecossistemas, e Geotecnia, atuando principalmente nos seguintes temas: geoambientes, ecótonos, subambientes, geotecnia e riscos geológicos.



**José Milton de Oliveira Filho** - Formado em geologia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), aluno da Universidade Paulista (UNIP) no curso de Especialização em Engenharia Geotécnica. Atuou como gestor de contratos e responsável técnico em diversas obras de sondagem subaquática com plataforma e campânula de mergulho. Exerceu atividade no Grupo Rosseti de Geotecnia, como responsável técnico pela confecção de relatórios de produção de sondagem e tratamento de talude, a céu aberto ou subterrâneo, para a garantia da estabilidade. Possui experiência em mapeamentos e acompanhamento e análise de solos de Sondagens Rotativas, Roto-pneumáticas, SPT, Wire-line, Hollow e a Percussão, como também na amostragem e na elaboração de perfis e projetos de poços profundos. Atualmente é Pesquisador em Geociências no Serviço Geológico do Brasil/CPRM.



**Luís Carlos Bastos Freitas** - Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (2007) e mestrado em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (2009). E doutorando na área de geologia sedimentar e paleontologia na Universidade Federal do Ceará. Geólogo/Pesquisador em Geociências da CPRM/Serviço Geológico do Brasil - Divisão de Gestão Territorial – Onde desenvolveu projetos relacionados aos mapas de geodiversidade estaduais do Ceará, Bahia e Piauí. Desenvolve trabalhos relacionados a setorização de riscos em diversos estados. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geodiversidade, Riscos Geológicos e Geologia de Engenharia Sedimentologia, Paleontologia e Hidrogeologia.

## COLABORADORES

### APOIO TÉCNICO

Daniilo de Sousa Miranda  
Gabriel Araujo Santos







**SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL