



## ► PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA EM TRECHOS DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS



► Janeiro de 2014

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta os resultados do estudo de potencial espeleológico e das campanhas de prospecção espeleológica realizadas em cinco trechos da Estrada de Ferro Carajás – EFC. Os trechos estão localizados no estado do Pará, nos municípios de Parauapebas (área 1) e Marabá (áreas 2 e 3), e no estado do Maranhão, nos municípios de Vila Nova dos Martírios (área 4) e Açailândia (área 5) (Figura 1).

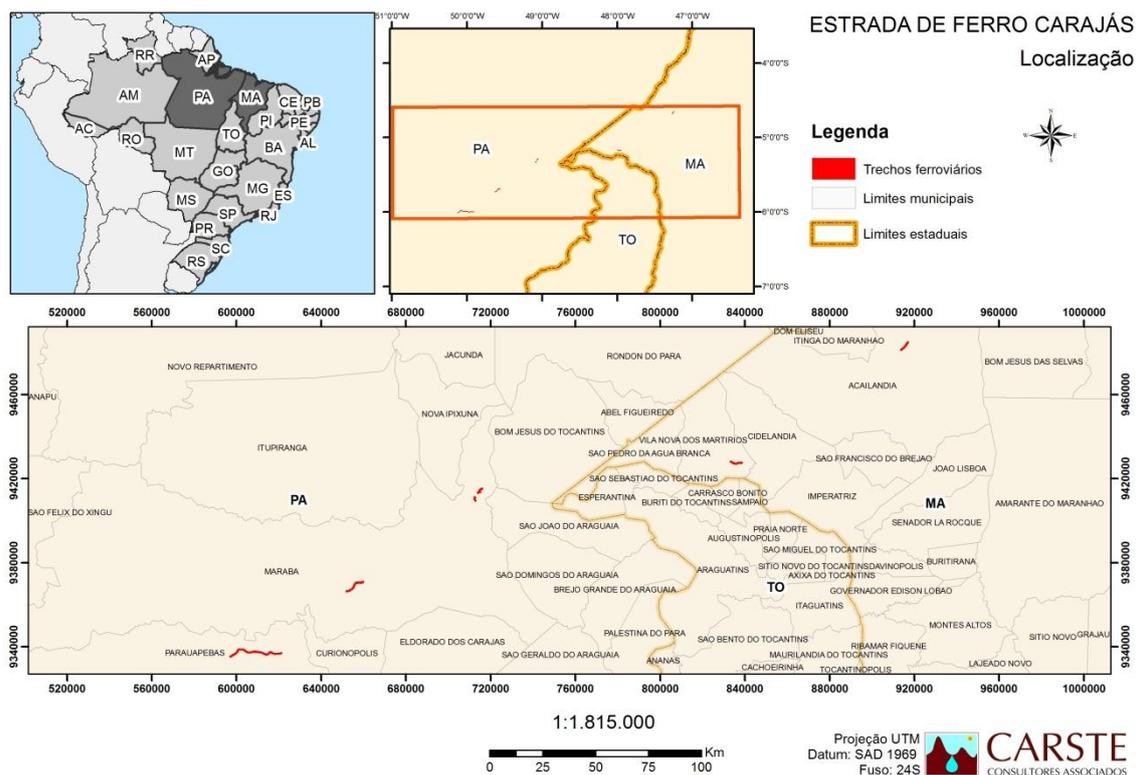


Figura 1 - LOCALIZAÇÃO DOS TRECHOS FERROVIÁRIOS

Trabalhos da mesma natureza foram realizados anteriormente ao longo do traçado da ferrovia, sendo estes os cinco trechos restantes. Nenhuma cavidade foi encontrada na área diretamente afetada por este ramal ferroviário.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização dos trabalhos foram seguidas as seguintes etapas:

- **Levantamento bibliográfico** das pesquisas geológicas, geomorfológicas e espeleológicas realizadas na área, incluindo buscas em bancos de dados oficiais (CANIE/CECAV) e relatórios técnicos;

- **Análise documental e cartográfica da área de estudo**, buscando reconhecer indicadores geológicos (litologias e estruturas) e geomorfológicos (afloramentos, escarpas, vales, sumidouros e ressurgências, dolinas, uvalas, etc.) favoráveis à existência de cavidades naturais subterrâneas (cavernas). Corpos lateríticos, escarpas, afloramentos rochosos e talvegues foram identificados e definidos como áreas prioritárias para prospecção;
- **Plano de Trabalho**, elaborado através da definição de uma produtividade estimada a partir dos geoindicadores identificados na etapa de análise documental e cartográfica. Nesta etapa, realizou-se uma avaliação preliminar da potencialidade da área de estudo para ocorrência de cavernas de forma a embasar tecnicamente a adoção de malhas de caminhamento mais refinadas em determinadas áreas-alvo;
- **Vistoria de campo**, realizada por equipes na área de estudo, através de caminhamento sistemático balizado pela análise documental e cartográfica, registrado por meio de equipamento específico (GPSMap Garmin 62S - sistema de coordenadas geográficas e datum SAD-69). Duas equipes eram compostas por dois integrantes cada, sendo um coordenador e um auxiliar de campo. Ao coordenador coube a orientação acerca dos procedimentos e direção a ser seguida, além do manejo do GPS, descrição e registro geral das atividades. Ao auxiliar de campo coube a liderança na abertura de picadas.
- **Elaboração de relatório** contendo os resultados sintéticos dos dados gerados durante as campanhas de campo. Apresentam-se mapas de potencial e de caminhamento espeleológicos.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

#### 3.1. GEOLOGIA REGIONAL

A região de estudo está inserida na porção leste do Escudo Brasil Central, situada próximo aos rios Araguaia-Tocantins, a leste do rio Xingu. As três áreas da EFC que pertencem ao estado do Pará estão inseridas em bacia neoarqueana constituída de rochas metavulcano-sedimentares, que se sobrepõe ao embasamento meso a neoarqueano constituído por rochas de complexos ígneos e metamórficos (TASSINARI *et al.*, 2000). O Complexo Xingu, segundo Silva *et al.* (1974), constitui-se por terrenos granito-gnáissicos do tipo tonalito-trondhjemito-granodiorito (TTG).

Os dois trechos do ramal ferroviário inseridos no estado do Maranhão localizam-se a sudoeste da Bacia do Parnaíba, datadas do Paleozóico e Mesozóico. Segundo dados estratigráficos (CPRM, 2004), estas estão localizadas sob a Formação Itapecuru, de idade Cretácea, além de depósitos detríticos e lateríticos. A Formação Itapecuru se constitui de arenitos, arenitos arcoseanos, argilitos, folhelhos e siltitos. A área ao norte Rio Araguaia, bem próximo à divisa do Maranhão com Tocantins, localiza-se próxima ou sobre a unidade neoproterozóica Formação Couto Magalhães, que pertence ao Grupo Baixo Araguaia. Nesta formação estão contidas rochas como ardósia, filito, metargilito, calcário com metarenito e quartzito subordinado.

O trecho que compreende a passagem da ferrovia, saindo de Carajás até a região oeste do Estado do Maranhão, cruza importantes entidades tectono-estruturais (FIGURA 2).

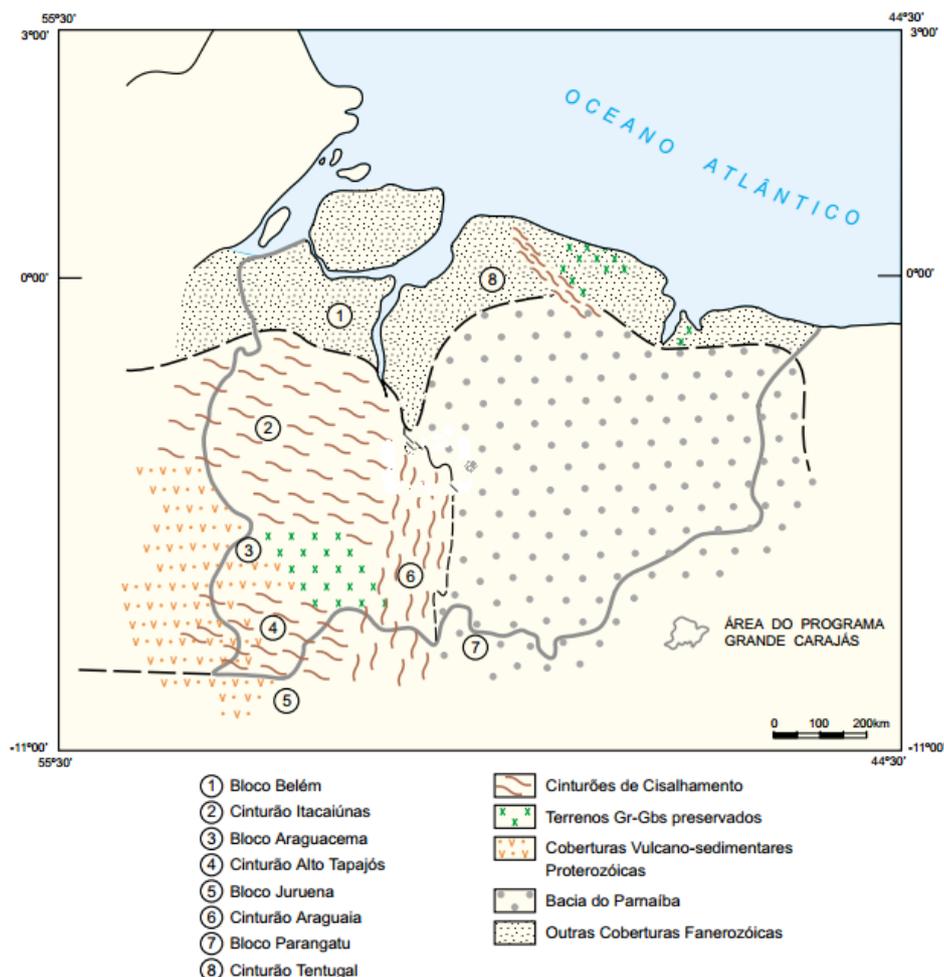


FIGURA 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO/GEOTECTÔNICO REGIONAL DE PARTE DA AMAZÔNIA ORIENTAL. RETIRADO DE HASUI & HARALYI, 1985.

A linha de ferro, que parte da Mina de Carajás, no Município de Parauapebas, insere-se, em sua porção inicial, em uma área de ocorrência de granitóides e sequências vulcano-sedimentares do tipo greenstone belt. Ao redor desse corpo rochoso estão presentes cinturões de cisalhamento, como o Cinturão Itacaiúnas, a Norte; a leste, o Cinturão Araguaia; e ao sul, o Cinturão Alto Tapajós. A oeste, o Bloco Araguacema constitui coberturas vulcano-sedimentares de idade Proterozóica.

O Cinturão Itacaiúnas é caracterizado pelo regime compressivo oblíquo datado do final do Arqueano e Proterozóico Inferior, onde houve movimentação de massas rochosas de SW para NE (CPRM, 2004). Este é dividido em quatro importantes unidades stratigráficas, listadas em ordem decrescente de idade: o Complexo Xingu, o Grupo Rio Novo, Grupo Tapirapé e Grupo Paredão. O Complexo Xingu abarca gnaisses tonalíticos e granodioríticos Mesoarqueano e que possui uma relação de contato concordante estruturalmente com a próxima unidade na sequência. O Grupo Rio Novo, datado do Neoarqueano, compreende rochas do tipo anfibolito, serpentinito, actinolita xisto, quartzito, formação ferrífera bandada, metapelito grafitoso, manganésífero e ferruginoso. O contato entre este grupo e

os Grupos Tapirapé e Paredão, Neoarqueano e Paleoproterozóico, parece dar-se segundo faixas de cisalhamento (OLIVEIRA *et al.*, 1994). O Grupo Tapirapé é constituído principalmente de anfibolitos, actinolita xisto e talco-clorita xisto, enquanto o Grupo Paredão é representado por arenitos ortoquartzíticos e, subordinadamente, arenitos arcósianos e conglomeráticos, grauvacas e conglomerados (CPRM, 2004).

O Cinturão Araguaia aborda litologias de idade Paleoproterozóica, rochas ultramáficas (serpentinito e talco-xisto) a Neoproterozóica. Estas são também caracterizadas por um regime compressivo oblíquo. A unidade neoproterozóica mais antiga do cinturão é a Formação Ximboá, composta por biotita-muscovita-quartzo xisto, biotita-quartzo xisto localmente granatíferos e grafitosos e quartzito, e passa gradacionalmente para as rochas da Formação Pequizeiro através de uma faixa de concentração de deformação. Esta última abrange clorita xisto, clorita-quartzo xisto e clorita-muscovita xisto. O contato da Formação Pequizeiro com a formação sobrejacente é gradacional, verificando-se nas zonas de cisalhamento dúcteis uma gradual e progressiva mudança de isógradas metamórficas. A Formação Couto Magalhães caracteriza-se pela presença de ardósia, filito, metargilito e calcário com metarenito e quartzito subordinado.

A Bacia Sedimentar do Parnaíba, que compreende a fronteira leste do estado do Pará, Maranhão, Piauí e Tocantins, representa uma importante parte da área sedimentar brasileira ligada ao desenvolvimento do Supercontinente Gondwana, durante o Paleozóico. A Bacia engloba sedimentos de idades paleozoicas a cenozoicas. A CPRM, no Projeto Marabá (1995), elaborou uma coluna estratigráfica baseada em revisões sobre a Bacia Sedimentares realizadas por Aguiar (1969), tabela abaixo.

As unidades estratigráficas que se mostram aflorantes ao longo das áreas do projeto, e que pertencem a Bacia do Parnaíba, são: (i) a Formação Codó e a Formação Itapecuru, datadas do Cretáceo (135 – 65 Ma), (ii) além de trechos que cruzam depósitos detríticos lateríticos do Neógeno (23,5 – 7,75 Ma).

A Formação Codó, Cretáceo Inferior, foi denominado por Campbell *et. al.* (1949) como um conjunto de folhelhos calcíferos e betuminosos com lentes de calcário, concreções de gipsita e peixes fósseis, que ocorrem nas proximidades da cidade de Codó, estado do Maranhão. O sistema deposicional da unidade foi interpretado como uma planície de maré carbonática rasa. A idade desta unidade é definida por registros fósseis encontrados por Mesner & Wooldridge (1964), sendo esses a presença de seres bivalves e evidências palinológicas. Mantendo um contato superior concordante com esta última Formação tem-se a Formação Itapecuru, formada por uma sequência de arenitos variegados, com intercalações de siltitos e argilitos avermelhados, pouco fossilíferos (CAMPBELL, 1949.). Os trabalhos de mapeamento realizados pela CPRM, na Folha Marabá, descreveram dez litofácies na Formação Itapecuru, interpretando diversos ambientes deposicionais que vão de barras de rios entrelaçados, lagos em planícies de inundação, dunas subaquáticas, depósitos eólicos, entre outros.

TABELA 1 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARNAÍBA. RETIRADO DE AGUIAR, 1969.

CRONOESTRATIGRAFIA				UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	DESCRIÇÃO	AMBIENTE	POTENCIAL MINERAL
FON	ERA	SIST.	SÉRIE				
COBERTURAS SEDIMENTARES							
CENOZÓICO	QUAT.			COBERTURAS SEDIMENTARES (Qal)	Areia, argila e níveis de cascalho.	CONTINENTAL	Argilas, areias e cascalhos
	TERC.			COBERTURAS DETRÍTICAS E/OU LATERÍTICAS (TQc)	Coberturas semiconsolidadas de arenito e argilito com capeamento de laterito.	CONTINENTAL	Cascalho e fragmentos lateríticos
BACIA DO PARNAÍBA							
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	CRETÁCEO	SUP.	FORMAÇÃO ITAPECURU (Ki)	Arenitos cinza e amarelados, grã fina a média, arcossianos, bem selecionados, localmente com lentes de conglomerados. Pelitos avermelhados com acamadamento regular, intercalados aos arenitos.	Fluvial de rios entrelaçados associados a lagos em planície de inundação e dunas eólicas originados do retrabalhamento de barras e dunas subaquáticas.	Areias e Argilas
			INF.	FORMAÇÃO CODÓ (Kc)	Arenitos rosa, grã média, com lentes de calcarenito e calcilito intercalados a pelitos cinza-esverdeados.	Planície de maré carbonática rasa, com lagos subordinados, associados a ambiente marinho.	Calcário para corretivo de solo e argila
		JURÁSSICO		FORMAÇÃO SARDINHA (Ks)	Basalto preto e diabásio.	Intrusão fissural continental.	Brita
			SUP.	FORMAÇÃO CORDA (Jc)	Arenitos cinza, grã fina a média.	Fluvial de rios entrelaçados com contribuição eólica.	Areia e arenito para brita
		MÉD.	FORMAÇÃO PASTOS BONS (Jpb)	Arenitos cinza, grã fina com intercalações de folhelhos (ritmito) de cor preta e lentes de calcarenito.	Depósito lagunar e planície carbonática de sub a supra-maré com dunas subaquáticas.	Argila	
		TRIÁSSICO	INF.	FORMAÇÃO MOSQUITO (TJm)	Basaltos maciços e amigdaloidais, textura ofítica e alteração esférica.	Extrusão fissural de lavas.	Brita
	SUP. MÉD.		FORMAÇÃO SAMBAÍBA (Tfs)	Arenitos cinza, grã fina a média e bimodal.	Continental de dunas eólicas, associado a interduna.	Areia	
	INF.		FORMAÇÃO MOTUCA (TFm)	Arenitos avermelhados, grã fina a média, às vezes arcossianos classificados, apresentando <i>herringbone</i> .	Fluvial, de rios entrelaçados com depósitos lagunares, retrabalhada por maré.	Areia	
	PALEOZÓICO	PERMIANO	SUP.	FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (Ppf)	Arenitos cinza, grã fina a média, com lentes de calcarenitos, calcissititos e calcilitos, localmente com lentes de conglomerado.	Marinho em zona de supra-intermaré em planície de maré mista carbonática-siliciclástica rasa e depósitos lagunares de rios entrelaçados.	Calcário para corretivo de solos e brita
			INF.				
		CARBONIFERO	SUP.	FORMAÇÃO PIAUÍ (Cpi)	Arenitos cinza-avermelhados, grã fina a média, às vezes arcossianos com cimento calcífero. Pelitos e folhelhos avermelhados, localmente com níveis de calcarenito.	Fluvial, de rios entrelaçados com depósitos lagunares, raso com influência de maré e dunas eólicas, associadas com barras de <i>Wady</i> .	
			INF.	FORMAÇÃO POTI (Cpo)	Arenitos cinza e arroxeados, grã fina, e pelitos cinza-esverdeados.	Lagunar raso, planície de maré e dunas eólicas.	
		DEV.	MÉD.	FORMAÇÃO PIMENTEIRAS (Dp)	Arenitos de cor cinza, e grã fina a média, com intercalações de pelitos cinza-esverdeados, com acamadamento regular ondulado.	Planície de maré rasa, com lagos, depósitos de frente deltaica e canais de maré.	

### 3.2. GEOMORFOLOGIA: HIDROGRAFIA E RELEVO

A rede hidrográfica é representada, principalmente, pelas bacias dos rios Tocantins, Araguaia, Itacaiúnas e Parnaíba. As margens dos rios Tocantins e Araguaia localizam-se os principais núcleos populacionais, onde também passa a linha férrea. Saindo de Carajás, a ferrovia cruza o Rio Parauapebas, subafluente do Rio Itacaiúnas, que se trata de um importante afluente do Rio Tocantins. O curso do Rio Tocantins tem, aproximadamente, direção E-W entre as cidades de Imperatriz e Marabá, sofrendo brusca mudança para N-S, a jusante de Marabá até sua foz. Já o rio Araguaia possui, na área trabalhada, um curso orientado aproximadamente segundo a direção ESE-WNW, até a sua confluência com o rio Tocantins, na região conhecida como Bico de Papagaio. Quando a Ferrovia atinge os limites

do estado do Maranhão, esta encontra a Bacia do Parnaíba, representada pelos rios Itinga, Aruandêua e Pindaré localizados a sul do estado.

As unidades de relevo registradas na área são: (i) Relevo de Platôs; (ii) Relevo de Morros; (iii) Relevo de Colinas e (iv) Planície Aluvionar (CPRM, 2001).

O Relevo de Platôs está relacionado às áreas de ocorrência das rochas sedimentares de idade terciária e da Formação Itapecuru (Cretáceo). Corresponde a superfícies topograficamente aplainadas, com cotas em torno de 150 m. Este sistema de relevo está inserido no domínio do Planalto Setentrional Pará-Maranhão (BRASIL, 1974b). A drenagem é rarefeita, com padrão dendrítico e intenso ravinamento ocorrendo nas bordas dos platôs.

O Relevo de Morros é percebido nas rochas paleozoicas da Bacia do Parnaíba. Nessa região a topografia é caracterizada por uma sucessão de amplos patamares em forma de cuestas com suaves inclinações e topos aplainados, eventualmente horizontalizados formando mesetas. A rede de drenagem apresenta densidade média, disposta em padrão dendrítico, com os elementos de segunda e terceira ordem localmente paralelizados em consequência do controle estrutural, tendo direções gerais norte-sul nas áreas da Bacia do Parnaíba e Cinturão Araguaia, e WNW-ESE no Cinturão Itacaiúnas.

O Relevo de Colinas equivale parcialmente à Depressão Periférica do Sul do Pará definida por Boaventura *et al.* (1974). A declividade das encostas é predominantemente baixa, caracterizando uma paisagem monótona composta por uma sucessão de colinas e vales com amplitudes em torno de 50 m, formando um perfil suavemente ondulado. As cotas topográficas situam-se em torno de 150-200 m. A densidade de drenagem é média a alta com padrão geral essencialmente dendrítico, localmente apresentando nítido controle estrutural.

As planícies fluviais aluvionares mais expressivas cortadas pela Ferrovia no Estado do Maranhão destacam-se em algumas áreas da margem direita dos rios Tocantins e Manuel Alves Grande, e nos baixos cursos dos vales dos rios Itapecuru, Itinga e Pindaré. Essas planícies são caracterizadas por superfícies extremamente horizontalizadas, às quais estão associados os sedimentos inconsolidados de idade quaternária. Essas ocorrências aluvionares estão ligadas a falhas normais submeridianas e transferentes NE-SW segundo Costa *et al.* (1991).

### 3.3. COBERTURA VEGETAL E ASPECTOS PEDOLÓGICOS

A vegetação, descrita segundo o Projeto Radambrasil (1974), pode ser classificada em duas regiões fitoecológicas: (i) áreas de florestas abertas com encaves de floresta/cerrado e (ii) áreas com floresta densa. O primeiro tipo constitui-se, principalmente por palmeiras, tipo babaçu, breu-preto e carnaúba, que se alternam com vegetação do tipo cerrado. Essa área mais ao sul do estado do Maranhão representa a região de mata de cocais, trecho de transição entre a floresta equatorial e o cerrado.

A floresta densa, representada pela própria floresta equatorial, é marcada por regiões tidas como planas, baixas e arrasadas, onde predominam árvores de porte médio-alto, bastante uniformes. Nas últimas décadas, essa cobertura tem sido ameaçada pelo trabalho extrativista dos garimpeiros, madeireiros, agricultores e principalmente por criadores de gado.

Brasil (1974a) apresenta os solos ocorrentes na região, relacionando os tipos pedológicos com as principais unidades geológicas. Em seus estudos, listam-se vários tipos pedológicos aos quais três estão associados à geologia local: (i) latossolos amarelos, associados aos domínios da Formação Itapecuru e das coberturas terció-quadernárias, caracterizam-se por sua grande profundidade, resultante de longo processo evolutivo e pela baixa fertilidade natural, são normalmente solos ácidos, de boa drenagem, permeáveis exceto quando apresentam textura muito argilosa; (ii) os podzólicos vermelho-amarelo, atualmente chamados de argissolos, possuem origem associada às alterações de rochas presentes nas unidades que correspondem ao cinturão Itacaiúnas, com algumas porções pertencentes a Bacia do Parnaíba, são solos com elevado teor de argila nos horizontes mais profundos, são bem estruturados, com profundidades variáveis e texturas que variam de arenosa a argilosa, com presença de caulinita; e os (ii) litossolos, podzólico vermelho-amarelo, arenias quartzosas são solos mais jovens, pouco evoluídos, de textura indiscriminada, argilosos e arenosos, rasos, fortemente drenados e fertilidade natural variando de média a alta.

### 3.4. ASPECTOS CLIMÁTICOS

A área estudada, concentrada na porção sudeste do estado do Pará e sul do Maranhão, apresenta clima dos tipos Am (tropical úmido e monção) e Aw (tropical úmido), segundo a classificação de Köppen, que tem como base as precipitações pluviométricas e as temperaturas. Há um predomínio do Clima Tropical com invernos secos (Aw), uma vez que o período com chuvas vai de janeiro a maio, com as mais elevadas precipitações em março e abril; o período mais seco estende-se de junho a dezembro. Essas fases constituem os dois períodos marcantes da região. A classificação climática de Thorntwaite classifica a região como um clima úmido a subúmido, com pouca ou nenhuma deficiência em água ao longo do ano.

## 4. POTENCIAL ESPELEOLÓGICO

A análise do potencial espeleológico consiste em um procedimento de grande importância nos trabalhos de prospecção, uma vez que permite a identificação de áreas mais propensas à ocorrência de cavidades naturais subterrâneas. Tal informação subsidia os trabalhos em campo, orientando as equipes quanto às regiões que devem ser percorridas com maior acurácia, de modo a garantir um levantamento mais seguro. A análise do potencial espeleológico em cinco trechos do Projeto EFC foi realizada antes do início dos trabalhos de campo e se baseou no reconhecimento de indicadores geológicos e geomorfológicos favoráveis à existência de cavernas, tais como estruturas geológicas, feições cársticas, afloramentos rochosos e talwegues. A identificação desses elementos associada às características litológicas permitiu a elaboração do mapa de potencial espeleológico para a área.

A classificação do potencial espeleológico da área foi realizada por meio de técnicas de geoprocessamento, a partir de uma análise de multicritérios que considerou as seguintes variáveis:

- Geologia: identificação de litologias mais favoráveis à dissolução, com base nos estudos de CPRM (2004), além de reconhecimento de estruturas geológicas em escala regional, tais como fraturas e falhas;

- Geomorfologia: identificação das feições geomorfológicas locais, que possam favorecer a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, tais como afloramentos rochosos, morfologia das vertentes e sistemas fluviais;
- Declividade: delimitação das áreas com vertentes mais inclinadas.

A definição das classes de potencial espeleológico tomou-se como base o trabalho desenvolvido por Jansen *et al.* (2012) intitulado: “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000”. Neste trabalho, os autores estabeleceram graus de potencialidade de ocorrência de cavernas a partir da classificação litológica. Para cada classe de potencial espeleológico foram agrupados os tipos de rocha, considerando seus aspectos e frequência de ocorrência de cavidades (QUADRO 1). Entretanto, por discordarmos do potencial estabelecido para rochas siliciclásticas e, sabendo da existência de afloramentos de arenitos na área de estudo, optou-se por elevar o grau de potencial espeleológico desta rocha, de modo que o caminhamento fosse mais acurado nas porções onde a litologia aflora.

QUADRO 1 - POTENCIALIDADE DE OCORRÊNCIA DE CAVERNAS BASEADA NA LITOLOGIA. FONTE: JANSEN ET AL. (2012).

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, dolomito, evaporito, formação ferrífera bandada, itabirito e jaspilito.	<b>Muito Alto</b>
Calcrete, carbonatito, mármore, metacalcário e margas.	<b>Alto</b>
Arenito, conglomerado, filito, folhelho, fosforito, grauvaca, metaconglomerado, metapelito, metassiltito, micaxisto, milonito, quartzito, pelito, riolito, ritmito, rocha calci-silicática, siltito e xisto.	<b>Médio</b>
Anortosito, arcóseo, augengnaisse, basalto, charnockito, diabásio, diamictito, enderbita, gabro, gnaiss, granito, granitoide, granodiorito, hornfels, kinzigito, komatito, laterita, metachert, migmatito, monzogranito, oliva gabro, ortoanfibolito, sienito, sienogranito, tonalito, trondhjemito, entre outros.	<b>Baixo</b>
Aluvião, areia, argila, cascalho, lamito, linhito, sedimentos, turfa e tufo.	<b>Ocorrência Improvável</b>

Operacionalmente, foi utilizada a análise de multicritérios em que se estabelecem pesos para cada um dos atributos físicos. A atribuição do peso obedeceu a critérios de magnitude da influência dos fatores na espeleogênese. Desta forma, a litologia recebeu peso 6, a ocorrência de cursos fluviais recebeu peso 2 e, a declividade e a ocorrência de estruturas litológicas receberam, cada uma, peso 1,5. O resultado da análise de multicritérios para a área do projeto pode ser observado na

FIGURA 3, onde foram identificadas áreas de baixo a muito alto potencial espeleológico.

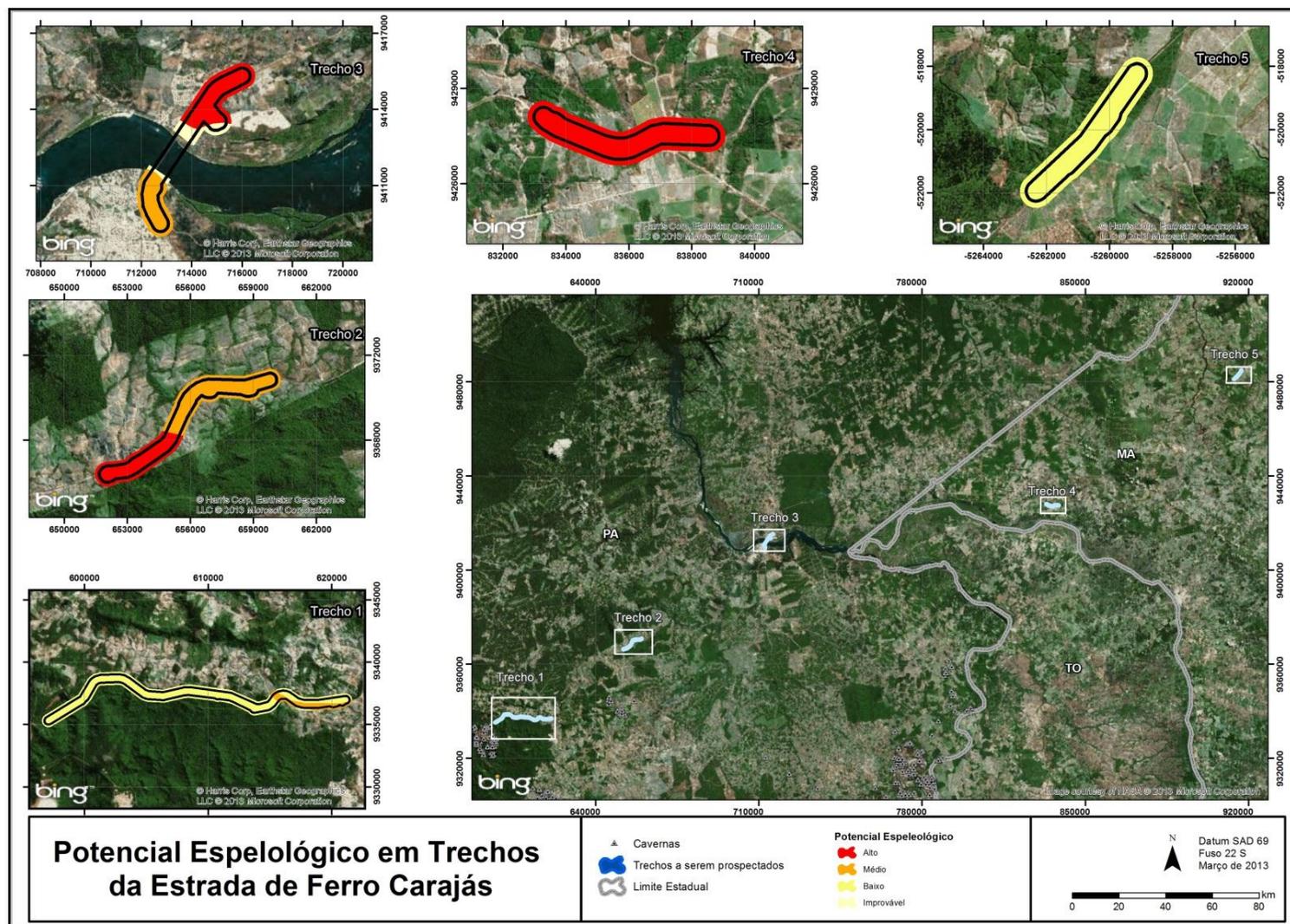


FIGURA 3 - POTENCIAL ESPELEOLÓGICO NOS TRECHOS DA EFC.

A análise do mapa de potencial espeleológico indica três porções de alta probabilidade de ocorrência de cavernas, localizadas na porção oeste do trecho 2, na porção nordeste do trecho 3 e em todo o trecho 4, áreas de ocorrência de arenitos e mármore associados ou não a estruturas geológicas ou cursos de drenagem. Somadas, estas áreas atingem 1.494 hectares, que correspondem a 24,78% da área total (TABELA 2).

As porções do terreno que apresentam médio potencial espeleológico correspondem a 1.282 ha (21,26% da área total), estando presente no setor leste dos trechos 1 e 2 e sudoeste do trecho 3, em que afloram filitos associados a conglomerados ou granulitos ou xisto pelítico associados à formação ferrífera bandada em porções de relevo suave ondulado e/ou associadas a estruturas geológicas ou cursos de drenagem (TABELA 2).

As áreas de baixo potencial, identificadas como porções de relevo suave cujo embasamento é composto por sedimentos detrito-lateríticos ou charnockito, dioritos e granitoides, monzogranitos ou metabasaltos, metadacito e metarriolito, que ocupam a maior parte da área de estudo da área 1 e todo o trecho 5 (52,02%), totalizando 3.136 ha (TABELA 2).

Notam-se ainda áreas de ocorrência improvável de cavernas, onde predominam sedimentos majoritariamente arenosos, mas também de granulometria maior e menor, de cascalho a argila. Estas áreas ocorrem principalmente nas margens dos cursos fluviais, bastante evidente no trecho 3, somando 116 hectares ou 1,92% da área (TABELA 2).

TABELA 2- PERCENTUAL DE ÁREA SEGUNDO GRAU DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO.

POTENCIAL	ÁREA (HA)	ÁREA TOTAL (%)
alto	1.494	24,79
médio	1.282	21,27
baixo	3.136	52,02
improvável	116	1,92
<b>total</b>	<b>6.028</b>	<b>100</b>

Apesar de haver ampla porcentagem de área com alto e médio potenciais espeleogenéticos, há que se considerar que o peso estabelecido para o embasamento litológico é elevado quando leva-se em conta a cobertura pedológica espessa que elabora uma paisagem quase ausente de afloramentos rochosos. Notam-se apenas afloramentos de pequenas dimensões: pouco contínuos e, em grande parte, de pequena altura (Figura 4). Estes afloramentos



Figura 4 - AFLORAMENTOS ROCHOSOS: (A) ARENITO; (B) COBERTURA LATERÍTICA; (C) ROCHA BASTANTE INTEMPERIZADA; (D) GRANDE PAREDÃO PRÓXIMO À ÁREA DE PROSPECÇÃO, PORÉM ALÉM DE SEUS LIMITES.

## 5. CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO

Na primeira campanha de campo de prospecção dos cinco trechos da Estrada de Ferro Carajás, ocorrida entre os dias 01 e 19 de abril de 2013, a equipe percorreu 139,26 km de trilhas em uma área de 1.131,26 ha, gerando uma densidade média de caminhamento de 123,10 m/ha para os três trechos (áreas 3, 4 e 5). A equidistância entre as linhas de caminhamento foi de 80 metros em média. O inventário fotográfico que abriga imagens da paisagem nos trechos prospectados está disposto em anexo.

No trecho 3, em Marabá, foram caminhados 49,60 Km em trabalhos que envolveram reconhecimento de área, visitas e prospecção varrendo uma área de 432,80 ha (FIGURA 5). Gerou-se uma densidade de caminhamento de 114,60 m/ha. Houve nesse local alguns problemas com superficiários, proprietários de terras que impediram a entrada da equipe de prospecção. Trata-se de uma região muito próxima a zona urbana, estando parcialmente inserida nesta área.

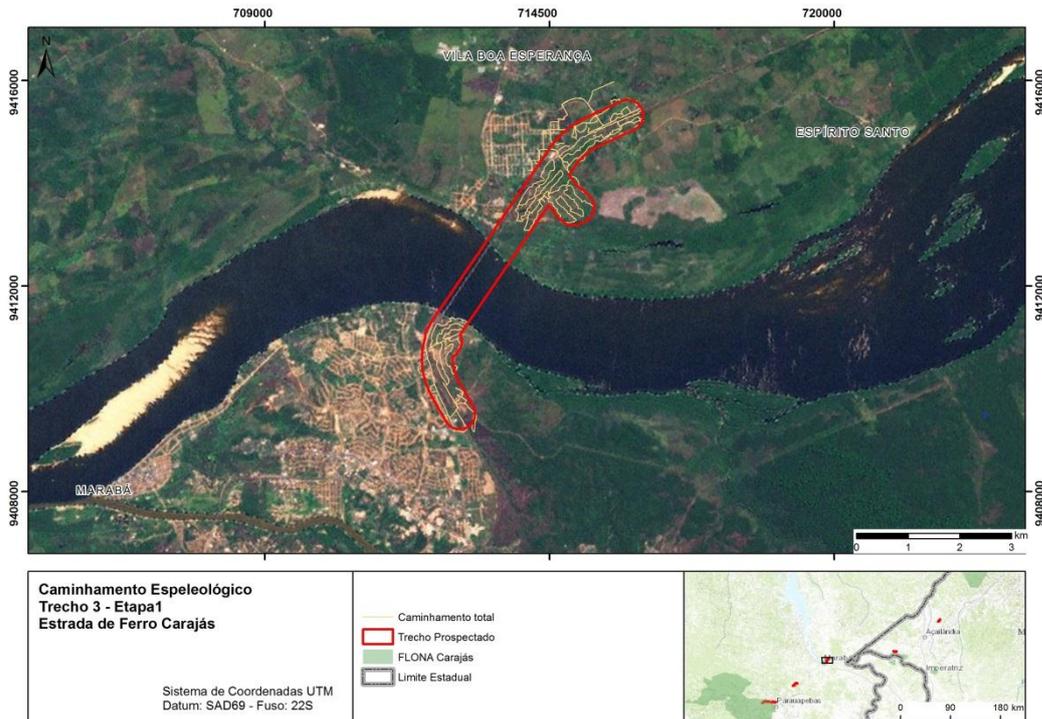


FIGURA 5 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 3 DA EFC

No trecho 4, próximo ao município de Vila Nova dos Martírios, foram caminhados 57,58 Km em trabalhos de prospecção espeleológica numa área de 370,72 ha, gerando uma densidade de caminhada de 155,32 m/ha (FIGURA 6).

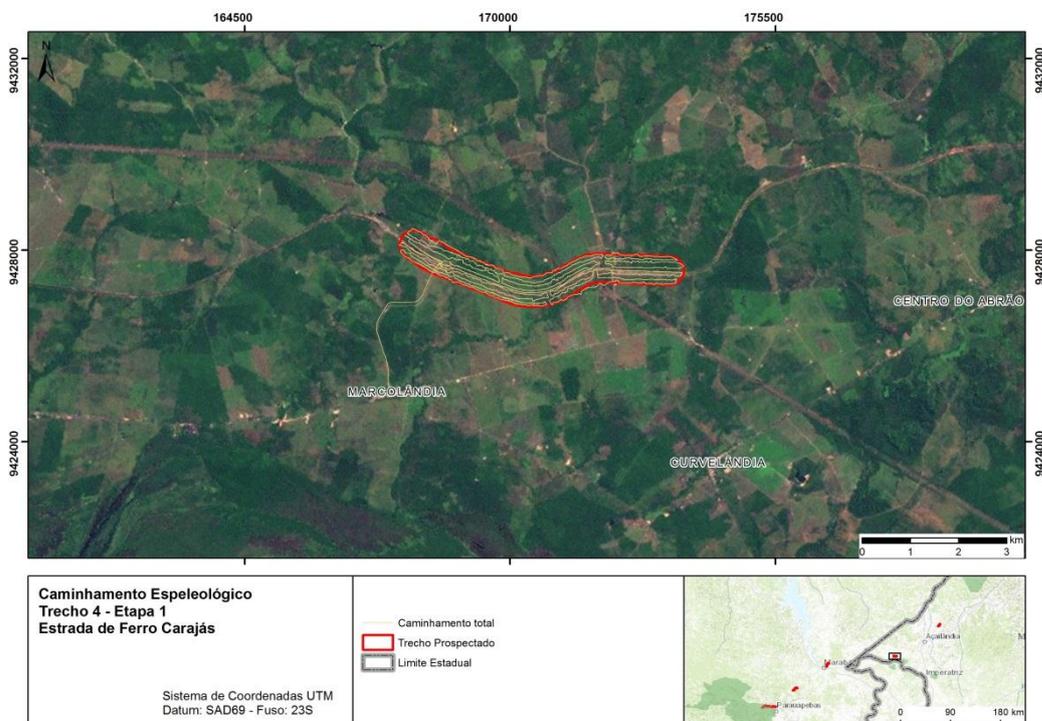


FIGURA 6 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 4 DA EFC

No trecho 5, próximo ao município de Açailândia, foram caminhados 32,08 Km em trabalhos que envolveram somente prospecção espeleológica, varrendo uma área de 327,74 ha, que gerou uma densidade de caminhamento de 97,89 m/ha (FIGURA 7).

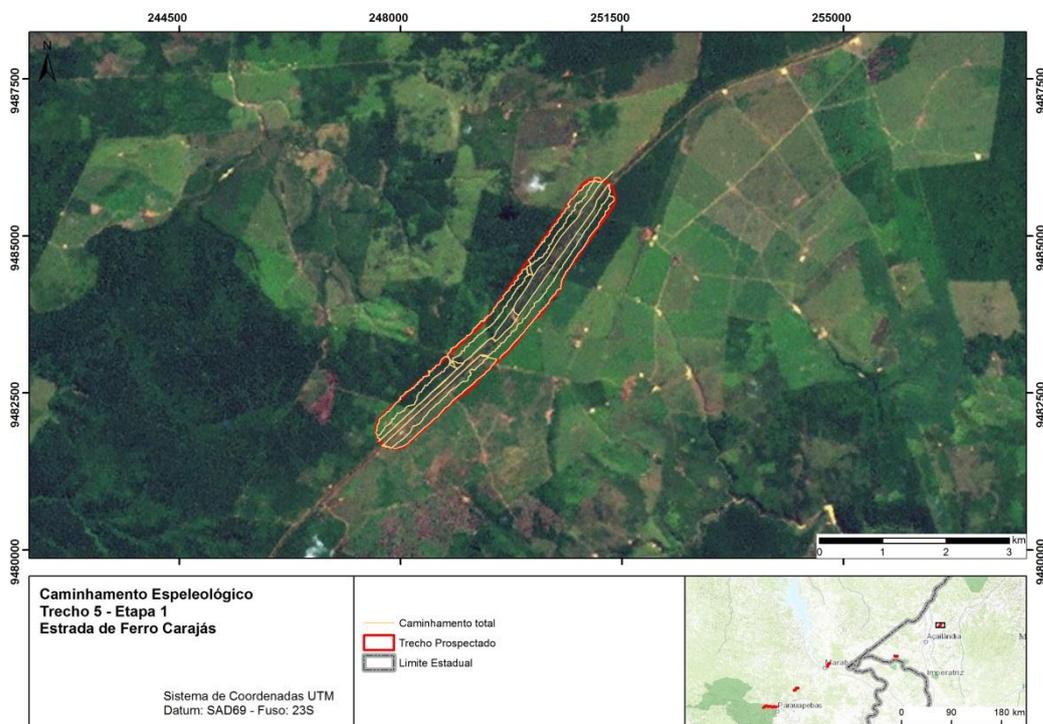


FIGURA 7 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 5 DA EFC

A segunda etapa de campo, realizada entre os dias 02 e 21 de maio de 2013, apresentou diminuição no número de participantes. Assim, durante a maior parte da campanha, em função da demanda do contratante, apenas uma equipe esteve em campo. Inventário fotográfico desta área também foi produzido.

A quilometragem total percorrida no trecho 1 foi de 108,84 Km, em uma área de 559,60 hectares, cerca de 33% da área total do trecho 1, que é de 1.650 hectares, o que permitiu gerar densidade de caminhamento de 194,50 m/ha. A FIGURA 8 apresenta as linhas de caminhamento, cuja equidistância média é de cerca de 70 metros.

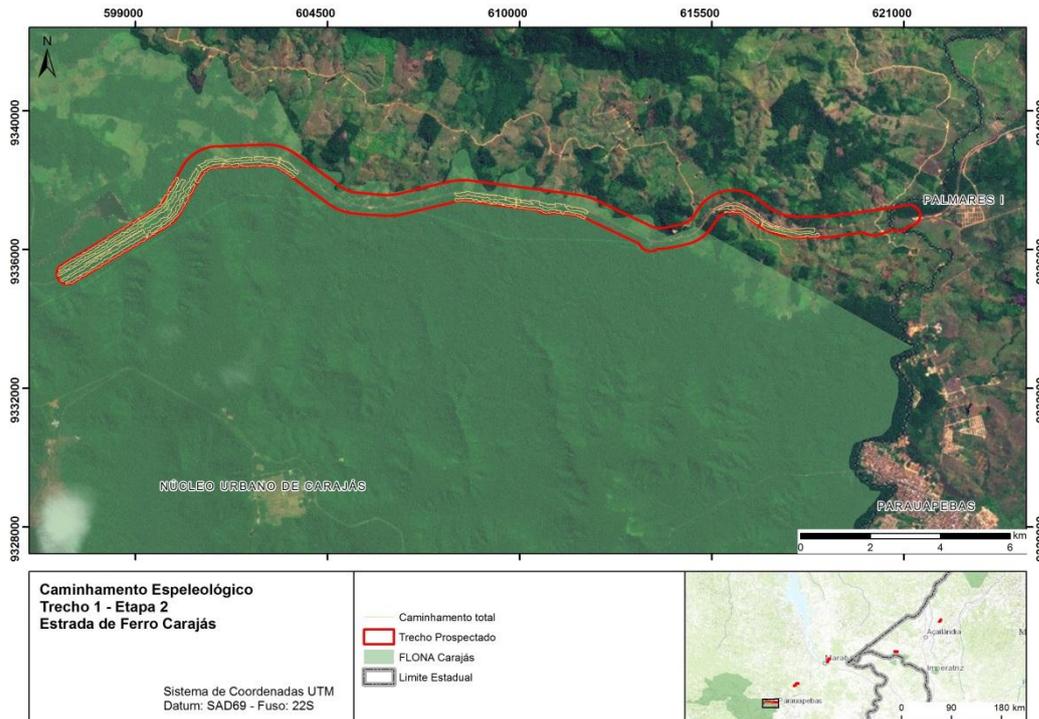


FIGURA 8 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 1 DA EFC

Na terceira campanha de campo, atacou-se a área 2, localizada no município de Marabá (PA) e finalizou-se a prospecção espeleológica na área 1, no município de Parauapebas (PA). Nesta campanha, ocorrida entre os dias 03 e 14 de dezembro de 2013, percorreu-se cerca de 97,85 Km no trecho 2, cobrindo toda a área de 658 ha, gerando uma densidade de caminhamento de 148,70 m/ha (FIGURA 9). As fotografias tiradas em campo durante esta campanha seguem no anexo “Inventário Fotográfico”.

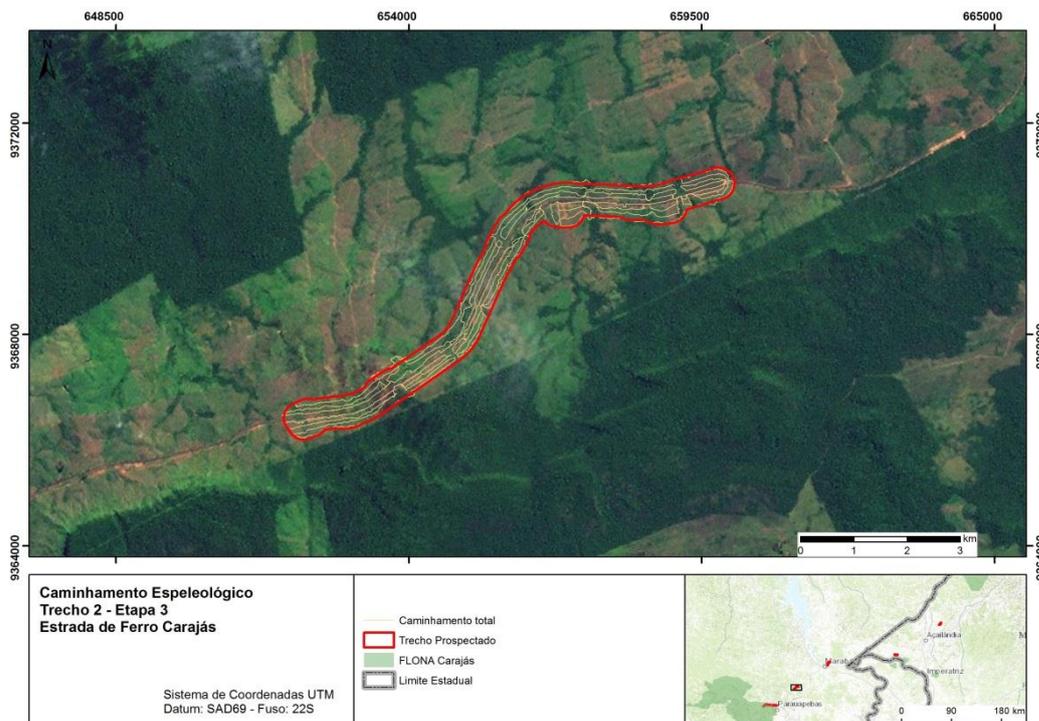


FIGURA 9 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 2 DA EFC

No trecho 1, que cobre área de 1.650 hectares, andou-se cerca de 153,29 Km o que permitiu gerar densidade de caminhamento de 92,90 m/ha. A FIGURA 10 apresenta as linhas de caminhamento, cuja equidistância média varia de 60 a 70 metros.

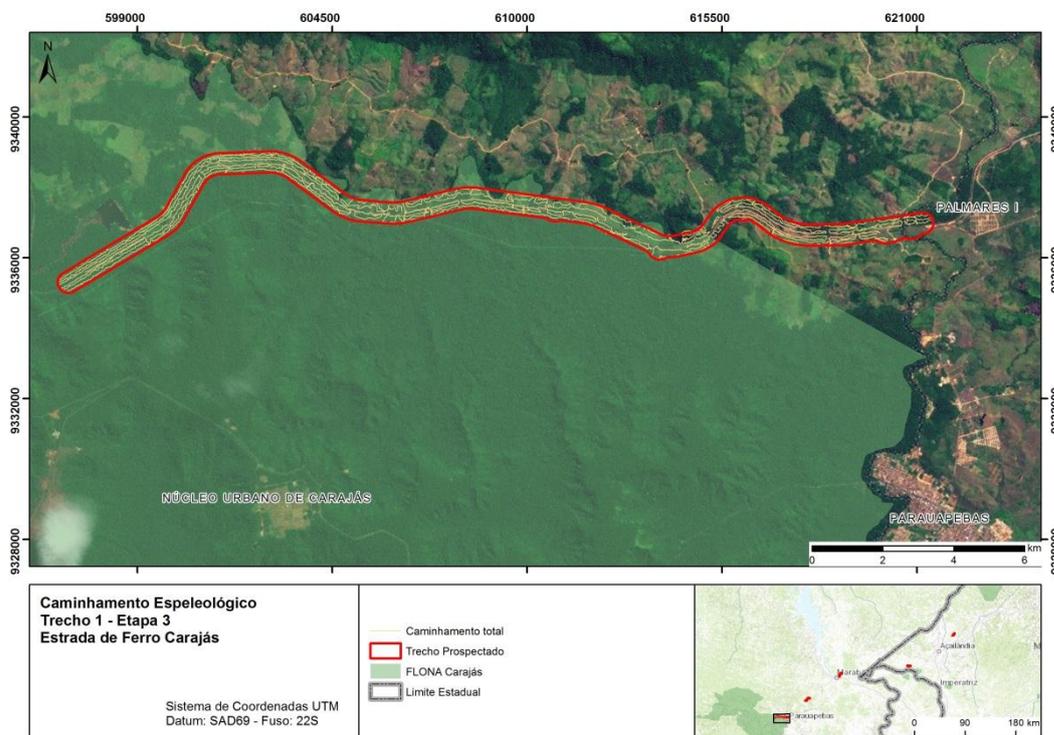


FIGURA 10 - LINHAS DE CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO NA ÁREA 1 DA EFC

Quatro motivos principais justificam a existência de lacunas no caminhamento: (i) a existência de largos cursos de água e de áreas alagadas e/ou pantanosas de complicado acesso e improvável ocorrência de cavernas; (ii) a existência de áreas previamente prospectadas em outros trabalhos; (iii) a presença de áreas urbanizadas, que foram percorridas com menor intensidade; (iv) a existência de conflitos sociais locais, em que os proprietários de terras da região impedem a entrada das equipes, restringindo o acesso e inviabilizando o levantamento espeleológico.



FIGURA 11 - ÁREAS COM SOMBRAS DE CAMINHAMENTO: (A) E (B) MOSTRAM CURSOS DE ÁGUA E PORÇÕES ALAGADAS E, (C) E (D) INDICAM AS ÁREAS URBANIZADAS.

As equipes não identificaram nenhuma cavidade natural.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levantamentos espeleológicos foram realizados em áreas da EFC sobrepostas a outros projetos em momentos anteriores, não tendo sido registradas cavernas na área do projeto ferroviário. O objetivo principal desta prospecção complementar foi identificar cavidades, além de produzir uma malha de caminhamento espeleológico em cinco trechos da Estrada de Ferro Carajás.

O trabalho de prospecção ocorreu em três campanhas, realizadas entre abril e dezembro de 2013, somando cerca de 60 dias de caminhamento em área de 6028 hectares, com caminhamento sistemático que percorreu cerca de 499,24 km.

O trabalho de prospecção espeleológica não identificou cavernas na área do projeto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H.G.; GEORGES, P.A.C.M.; MARTINS, R.C. Marabá – Folha SB.22-X-D, Estado do Pará, Maranhão e Tocantins. CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.

AGUIAR, G.A. Bacia do Maranhão: geologia e possibilidades de petróleo. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1969. 55 p. (Relatório Técnico, 371).

BRASIL. 1974a. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de recursos naturais, v. 04).

BRASIL. 1974b. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Geomorfologia da Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins. Rio de Janeiro: 1974 (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

CAMPBELL, D.F. 1949. Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão Basin. Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo, 117p. (Relatório Interno).

COSTA, J.B.S.; BORGES, M. da S.; IGREJA, H.N.S. D. Aspectos da evolução tectônica da Bacia do Parnaíba e sua relação com o Arcabouço Pré-Cambriano. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro-SP, 1991. Resumos... Rio Claro SP: Sociedade Brasileira de Geologia, Nucleo-SP: UNESP, 1991, p. 96-97.

COSTA, J.B.S., BEMERGUY, R.L., HASUI, Y., BORGES, M.S., FERREIRA JÚNIOR, C.R.P., BEZERRA, P.E.L., COSTA, M.L. & FERNANDES, J.M.G.

CPRM. 2004. SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M., VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A. (eds.). Carta geológica do Brasil ao milionésimo sistema de informações geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.

HASUI, Y. & HARALYI, N. L. E. 1985. A megaestruturação de Goiás. Simp. Geol. Centro-oeste, 2, 120-144.

JACOMINE, P.K.T; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P.; SILVEIRA, C.O. 1986. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS/SUDENE-DRN.

MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C.P. 1964. Maranhão paleozoic basin and cretaceous coastal basins, north Brazil. Bulletin American Association Petroleum Geologists Tulsa, 48:1475–1512.

OLIVEIRA, J. R.; SILVA NETO, C. S.; COSTA, E. J. S. 1994. Serra Pelada, Folha SB.22-X-C: estado do Pará. Brasília: CPRM, 248 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

SILVA, G.G. LIMA M.J.C., ANDRADE A.R.F., ISSLER R.S. & GUIMARÃES G. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SB. 22 - Araguaia e parte da folha SC. 2 2 - Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. il. p. 1/3-1/143.

TASSINARI, C.C.G.; BETTENCOURT, J.S.; GERALDES, M.C.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. 2000. The Amazonian Craton. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro. p.41-95.