

## **Processos estruturais condicionantes de um exemplar de Patrimônio Espeleológico da Serra do Lenheiro em São João del-Rei - MG**

**Conditioning structural processes of a example of Lenheiro Ridge Speleological Heritage in São João del-Rei, State of Minas Gerais, Brazil**

*Helton Santos Lopes Barbosa*

Geógrafo, Mestrando em Geografia, UFSJ

[heltonbarbosa.geo@gmail.com](mailto:heltonbarbosa.geo@gmail.com)

*Leonardo Cristian Rocha*

Geógrafo, Professor Doutor, UFSJ

[rochageo@ufs.br](mailto:rochageo@ufs.br)

*Múcio do Amaral Figueiredo*

Geógrafo, Professor Doutor, UFSJ

[muciofigueiredo@ufs.br](mailto:muciofigueiredo@ufs.br)

*Pedro Henrique Silva Teixeira*

Geógrafo, Mestrando em Geografia, UFSJ

[pedrohsilva94@gmail.com](mailto:pedrohsilva94@gmail.com)

*Arlon Cândido Ferreira*

Geógrafo, Doutorando em Geografia, UFF

[arloncf@gmail.com](mailto:arloncf@gmail.com)

### **Resumo**

Este artigo tem por objetivo apresentar os processos estruturais condicionantes na formação, da Gruta do Caititu, desenvolvida em quartzito de matriz psamítico-psefítica, na Serra do Lenheiro em São João del-Rei, Minas Gerais. Os procedimentos metodológicos foram: a) revisão bibliográfica; b) elaboração da espeleotopografia; c) medição de sentido e mergulho de planos de acamamento e de fratura, dentro e fora da gruta utilizando bússolas Brunton. De acordo com os resultados obtidos a Gruta do Caititu possui desenvolvimento linear de 159,7 metros, desenvolvida predominantemente entre blocos quartzíticos. Com as medidas de sentido e mergulho, concluiu-se que há uma relação entre o desenvolvimento da gruta e os planos de acamamento e de fratura, visto que possuem sentido predominante NW-SE e NE-SW, respectivamente. Além da relação entre os planos e o desenvolvimento da gruta, observou-se que a drenagem é condicionada pelos planos de fratura, que se desenvolveram a partir da história geotectônica local e regional, evidenciada a partir dos mergulhos dos planos de acamamento, falhas, veios de quartzo deformados, e por reorganização dos seixos que compõem a matriz litológica local.

**Palavras-chave:** Serra do Lenheiro, Gruta do Caititu, Caverna em Quartzito.

### **Abstract**

This article aims to present the conditioning processes in the formation of the Caititu Cave, developed in quartzite of the psamitic-psephitic matrix, in Ridge of the Lenheiro in São João del-Rei, in Minas Gerais. The methodological procedures were a) bibliographic review; b) elaboration of speleotopography; c) measurements of direction and dip of the layer and fracture planes, inside

and outside the cave with Brunton compass. According to the results obtained, Caititu Cave has a linear development of 159.7 meters, developed predominantly between quartzitic blocks. With the direction and dip measurements, it was concluded that there is a relationship between the development of the cave and the planes of layer and fracture, because they have a predominant direction NW-SE and NE-SW, respectively. Besides verification of the relation between the plans and the development of the cave, we observed the drainage is conditioned by the fracture planes, which have developed from the local and regional geotectonic history, evidenced from the dip of layer plans, faults, veins deformed, and by reorganization of the gravel that constitute a local lithologic matrix.

**Keywords:** Serra do Lenheiro, Cave of Caititu, Cave in Quartzite.

## 1. INTRODUÇÃO

As cavernas serviram como de abrigo nos primórdios da humanidade, e são responsáveis por guardar a história de evolução do planeta Terra (CRUZ, 2008). O patrimônio espeleológico pode apresentar diversos vestígios do seu uso ancestral, tais como “na forma de deposições minerais, ossos, acampamentos, sambaquis, pinturas rupestres e outras formas e manifestações” (LOBO, 2014 p.53).

A maior parte do patrimônio espeleológico conhecido, encontra-se em rochas carbonáticas. Este fato está diretamente relacionado com alto grau de solubilidade deste tipo de litologia (AULER e PILÓ, 2011). E consequentemente, a maior parte dos trabalhos científicos desenvolvidos sobre espeleologia, trata sobre cavidades inseridas nesse contexto. Contudo observa-se no cenário científico atual uma tendência, em se realizar pesquisas espeleológicas mais aprofundadas, em rochas não carbonáticas, com o propósito de incluí-las no grupo de rochas carstificáveis (AULER e PILÓ, 2011; HARDT et al., 2010).

De acordo com Souza (2014), ainda que estudos pioneiros sobre cavidades naturais desenvolvidas em rochas siliclásticas existam desde a década de 1970, a caracterização e mapeamento deste tipo de cavidade, é inferior, quando comparado com a quantidade de estudos realizados sobre cavidades desenvolvidas em rochas carbonáticas.

Logo, o presente trabalho, almeja contribuir com a temática em questão ao apresentar as condições estruturais identificadas na Gruta do Caititu, desenvolvida em quartzito, na Serra do Lenheiro em São João del-Rei. A análise estrutural foi realizada mediante, a tomada de medidas de sentido e mergulho, dos planos de acamamento e fratura, tanto no interior da Gruta do Caititu como no seu entorno.

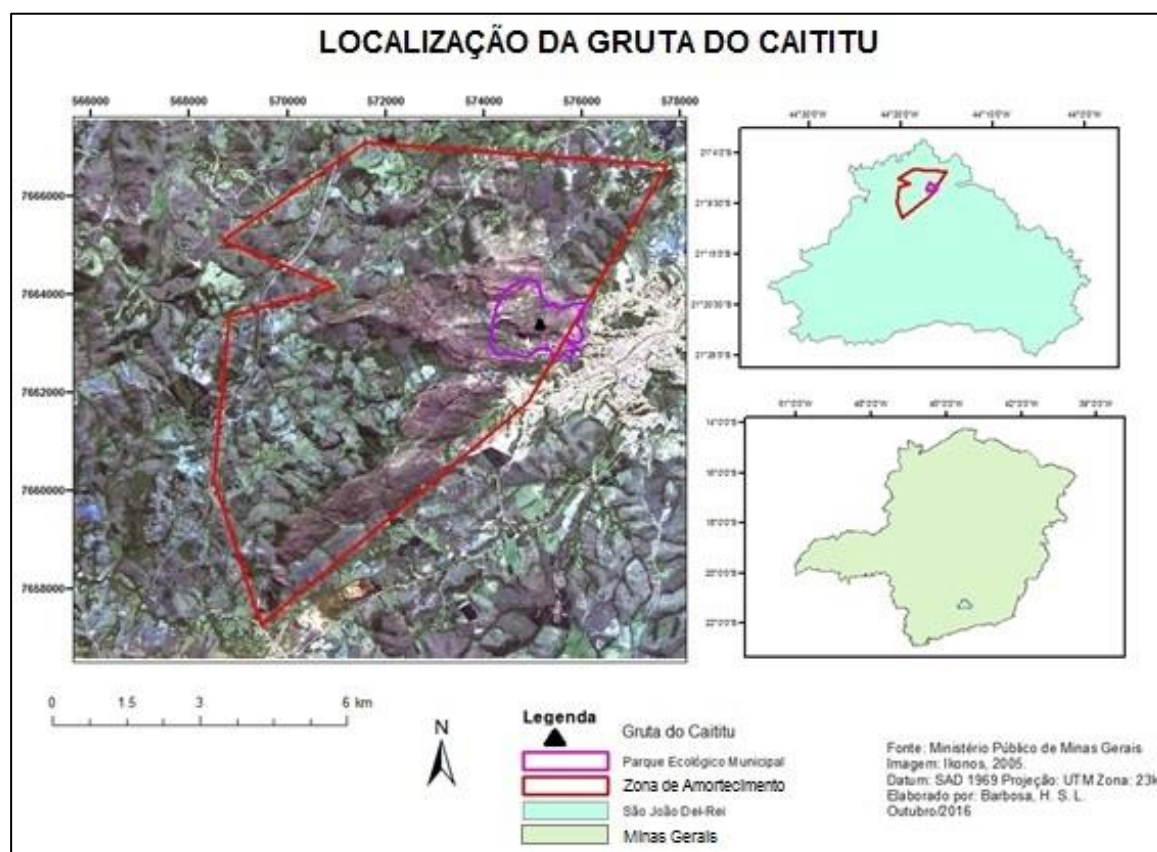
## 2. ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Localização

A Gruta do Caititu está localizada no Parque Ecológico Municipal da Serra do Lenheiro - PEMSL, no município de São João del-Rei em Minas Gerais (Figura 1). A Serra do Lenheiro possui

características e elementos de grande importância, tais como: sítio arqueológico, com pinturas rupestres de idade aproximada entre 8.000 a 2.000 anos (RESENDE et.al, 2010); patrimônio mineiro referente ao Ciclo do Ouro, tais como bêtas (minas de ouro), canais entalhados ao longo das curvas de nível, para canalização da água utilizada na extração de ouro; e patrimônio espeleológico desenvolvido em rochas siliclásticas.

De acordo com a classificação de Köppen, a região enquadra-se no tipo Cwb, sendo, subtropical moderado úmido chamado também de tropical de altitude (Silva et al, 2004), possui temperatura média dos meses mais quente e mais frio, respectivamente, de 22 e 15 °C, apresentando duas estações bem definidas (verão quente e úmido e inverno frio e seco), com precipitação média anual de 1.500mm.



**Figura 1** - Localização da Gruta do Caititu.

## 2.2 Aspectos Geológicos

Geologicamente a região da Serra do Lenheiro é complexa, e no Parque Ecológico Municipal da Serra do Lenheiro, encontram-se 5 diferentes litotipos. A Sequência Lenheiro, interpretada como um delta de um rio entrelaçado (RIBEIRO et al, 2003), compõe a maior parte da área. Esta sequência é composta por três associações de litofácies, sendo os metapelitos (Psjr<sub>4</sub>), os quartzitos finos (Psjr<sub>5</sub>), e os quartzitos seixosos e metaconglomerado quartzolíticos (Psjr<sub>6</sub>). Também se encontra dentro dos

limites do Parque Ecológico Municipal da Serra do Lenheiro, os quartzitos, pelitos e calcários (Psjr<sub>3</sub>), da Sequência Tejuco, e os diques metabasicos (Mβmb).

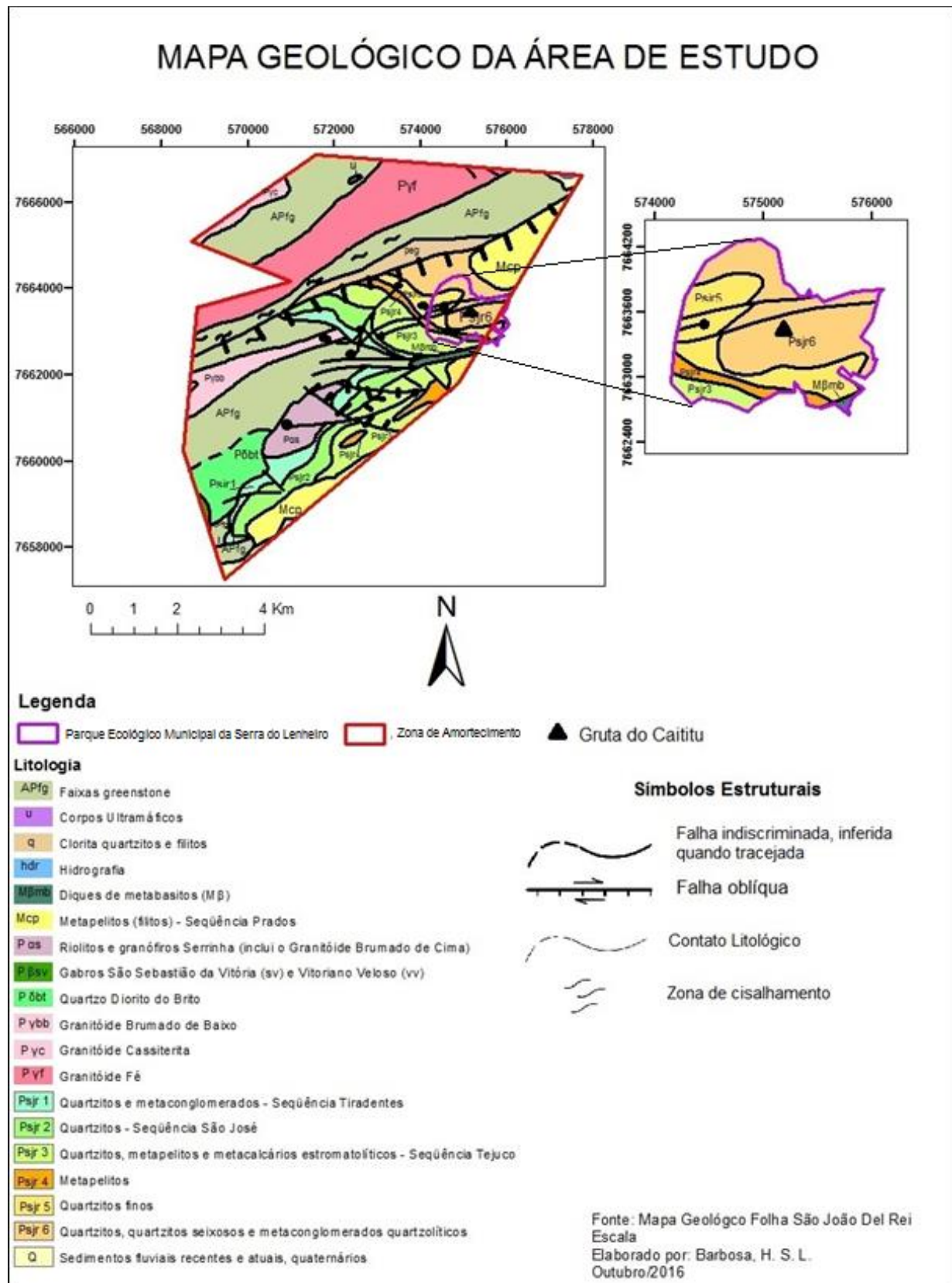


Figura 2 - Mapa geológico da área de estudo.

### 3. METODOLOGIA

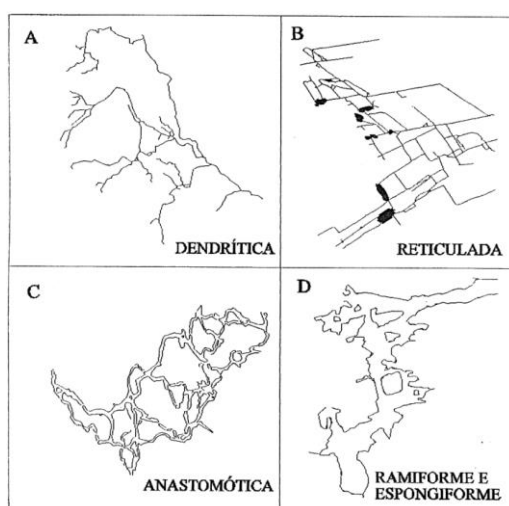
Os procedimentos metodológicos envolveram levantamento bibliográfico, pesquisa e aquisição de dados cartográficos, e trabalhos de campo para a realização da topografia da caverna e para a tomada de medidas dos planos de fratura e acamamento da área.

O mapeamento da Gruta do Caititu foi realizado entre os meses de abril e maio de 2016, pelos integrantes do Vertentes EspeleoGrupo – VEG, com grau de precisão 4C com base no sistema *British Cave Research Association* – BCRA<sup>1</sup>. Foram utilizados seguintes equipamentos: bússola Suunto com Clinômetro, duas trenas a laser, transferidor e escalímetro.

A análise estrutural consistiu na tomada medidas dos planos de acamamento e de fraturas, no qual se utilizou duas bússolas Brunton, orientadas e ajustadas de acordo com o norte magnético, sendo esse 23° de declinação magnética. Posteriormente as medidas foram plotadas no software *Stereo 32* para obtenção dos diagramas de roseta, indicativos das direções preferenciais do acamamento e do fraturamento.

### 4. RESULTADOS

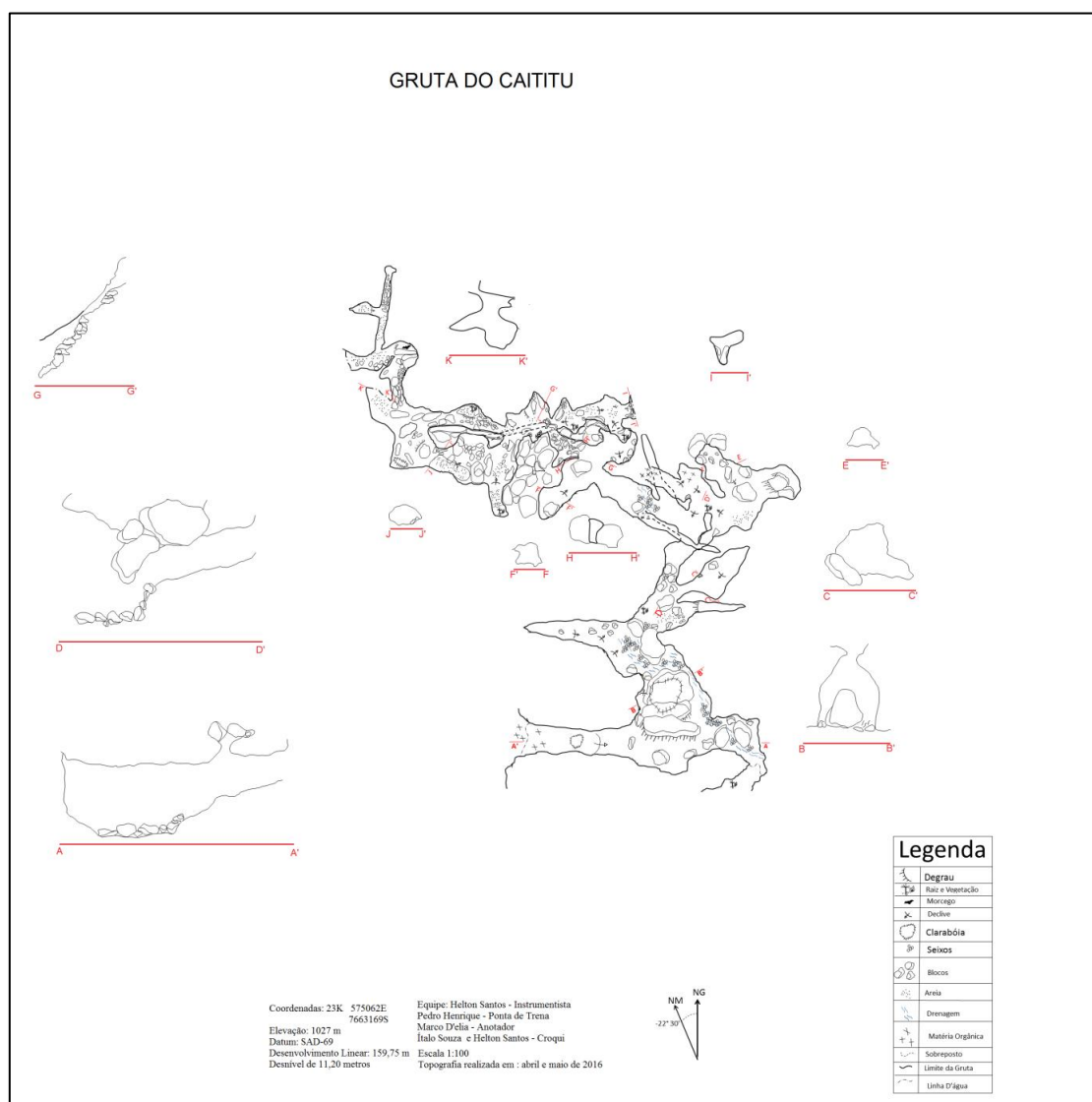
A Gruta do Caititu possui perfil planimétrico ramiforme e espongiforme de acordo com a classificação de Palmer (1991) (Figura 3). Seu sistema de drenagem é intermitente e desenvolve-se em predominantemente entre blocos abatidos, no qual também se encontram sedimentos na fração areia e seixos. A entrada principal da Gruta do Caititu encontra-se nas coordenadas 575062E 7663169S, zona 23k, a 1027 metros de altitude, e possui desenvolvimento linear de 159,7 metros, com desnível de 11,2 metros (Figura 4).



**Figura 3** - Padrões morfológicos de cavernas segundo Palmer (1991).

**Fonte:** Auler e Piló (2011).

<sup>1</sup> De acordo com o sistema BRCA, o grau de precisão 4 equivale ao levantamento em que os ângulos horizontal e vertical são medidos com precisão entre 2,5 e 1°, as distâncias são medidas com precisão entre 50 e 10cm e o erro de posição da base oscila entre 50 e 10cm. A classe C corresponde ao levantamento em que as medidas de detalhe são realizadas apenas nas bases topográficas.



**Figura 4 - Mapa da Gruta do Caititu.**

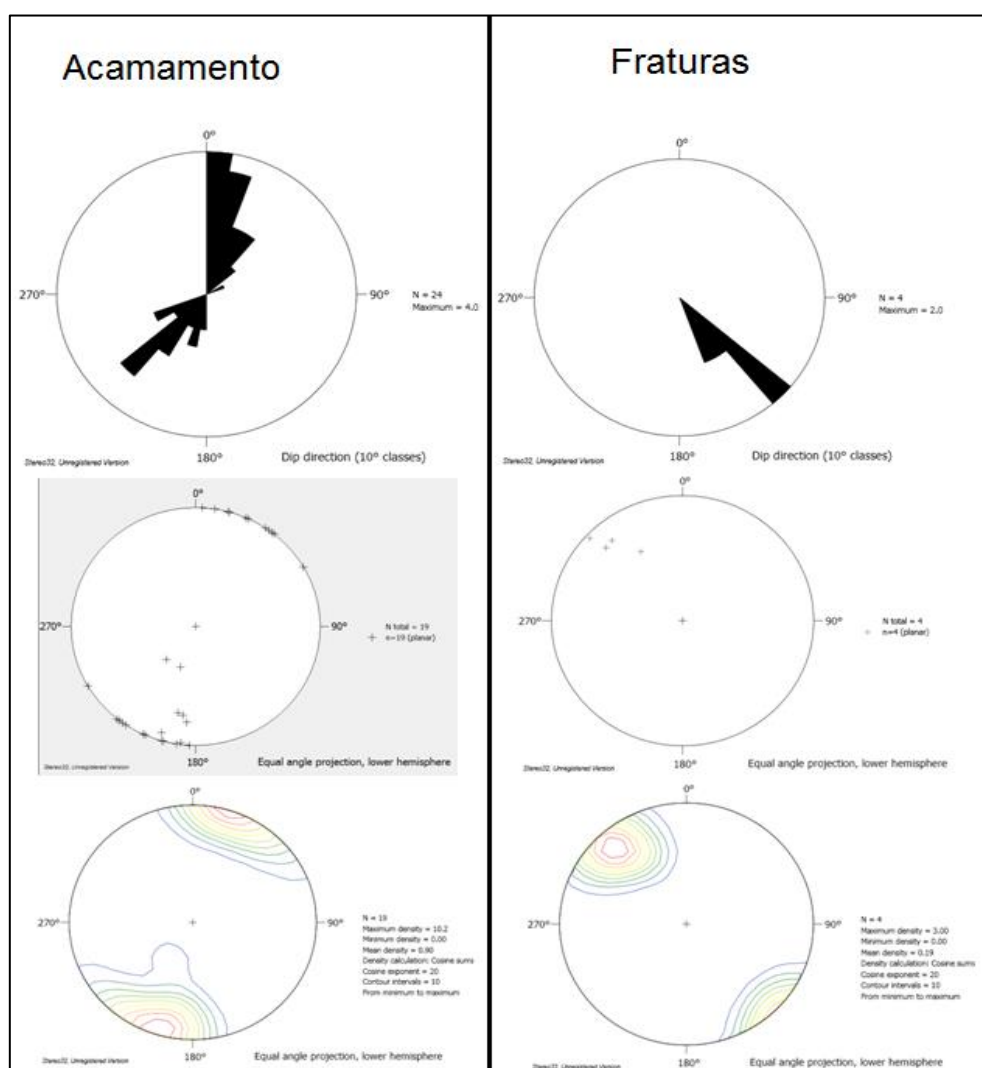
#### 4.1 Análise estrutural da área de estudo

Os planos de acamamento e de fratura são considerados, elementos de grande importância, quando a discussão se dá no âmbito da carstificação, esses são relacionados como porosidade secundária, sendo a porosidade intergranular, a porosidade primária Piló (1998) apud Fabri (2011). A investigação consiste em duas análises, a fim de comparar as semelhanças, que ocorrem dentro e fora da cavidade. Nos tópicos a seguir, serão apresentados os dados referentes as medidas tomadas dentro e fora da cavidade respectivamente.

#### 4.2 Planos de Acamamento e Fratura no interior da gruta

Os diagramas de roseta gerados com os dados obtidos no interior da caverna demonstram planos de acamamento com sentido NW-SE, mergulhando predominantemente para NE. Os planos de fratura possuem sentido NE-SW, mergulhando para SE (Figura 5). Esses dados corroboram com o sentido NW-SE, apresentado no mapa da gruta do Caititu.



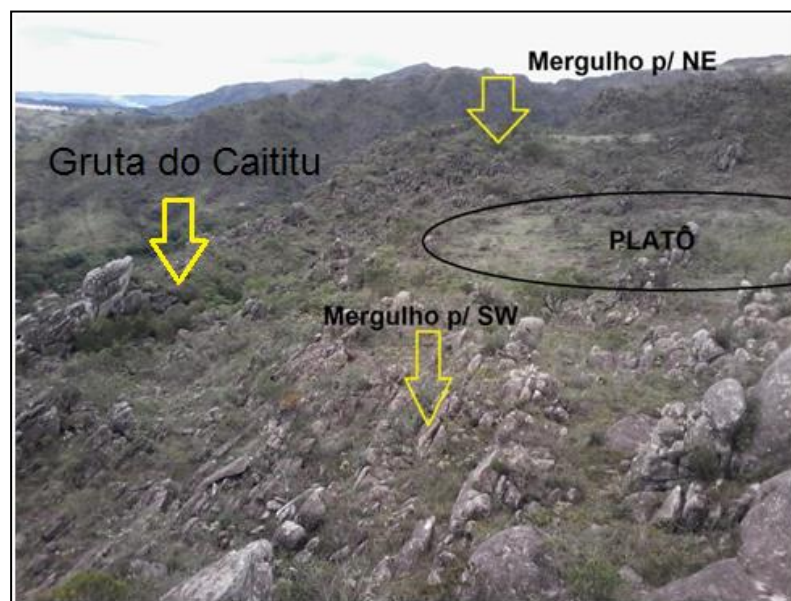


**Figura 5** - Diagramas dos planos de acamamento e de fraturas no interior da gruta do Caititu.

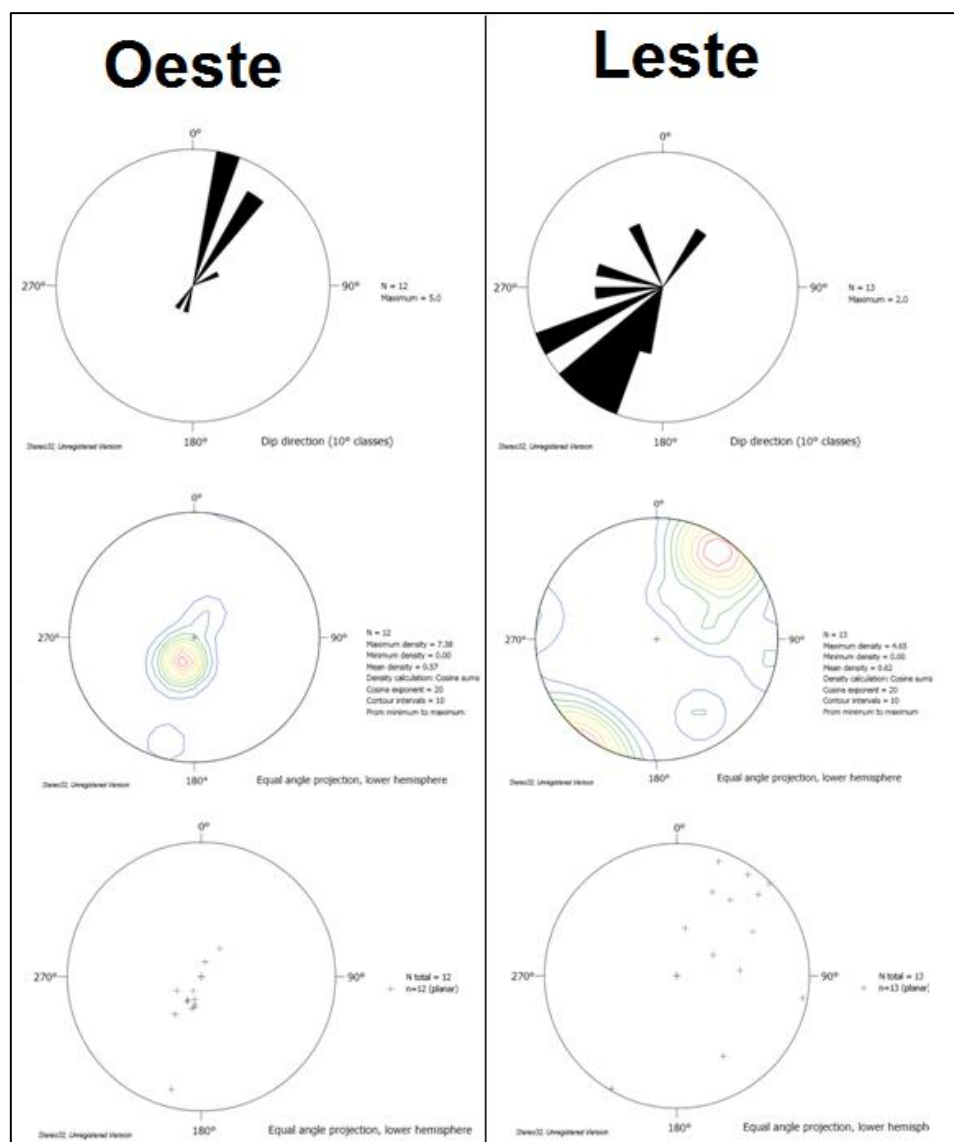
### 4.3 Planos de Acamamento e Fratura no exterior na gruta

Como apresentado no mapa geológico a Gruta do Caititu desenvolve-se nos quartzitos seixosos e metaconglomerado, da unidade Psjr<sub>6</sub>. Com os resultados obtidos, foi possível compreender que a cavidade tem uma relação com a morfoestrutura local, visto que as condições são favoráveis ao seu desenvolvimento. Os mergulhos dos planos de acamamento explicam que a região em que se situa a Gruta do Caititu, sofreu processos tectônicos que condicionaram o seu desenvolvimento.

Os diagramas gerados, com os planos de acamamento, no alto da vertente (Figura 6), demonstram predominância dos mergulhos nos sentidos NE e SW, o que sugere um anticlinal, com sentido predominantemente NW-SE, demonstrando uma compressão tectônica de E-W. As medidas, a montante da gruta, foram tomadas em duas extremidades delimitadas por um platô, sendo que a extremidade da porção oeste tem mergulho predominante para NE e a extremidade da porção leste tem mergulho predominante para SW (Figura 7).



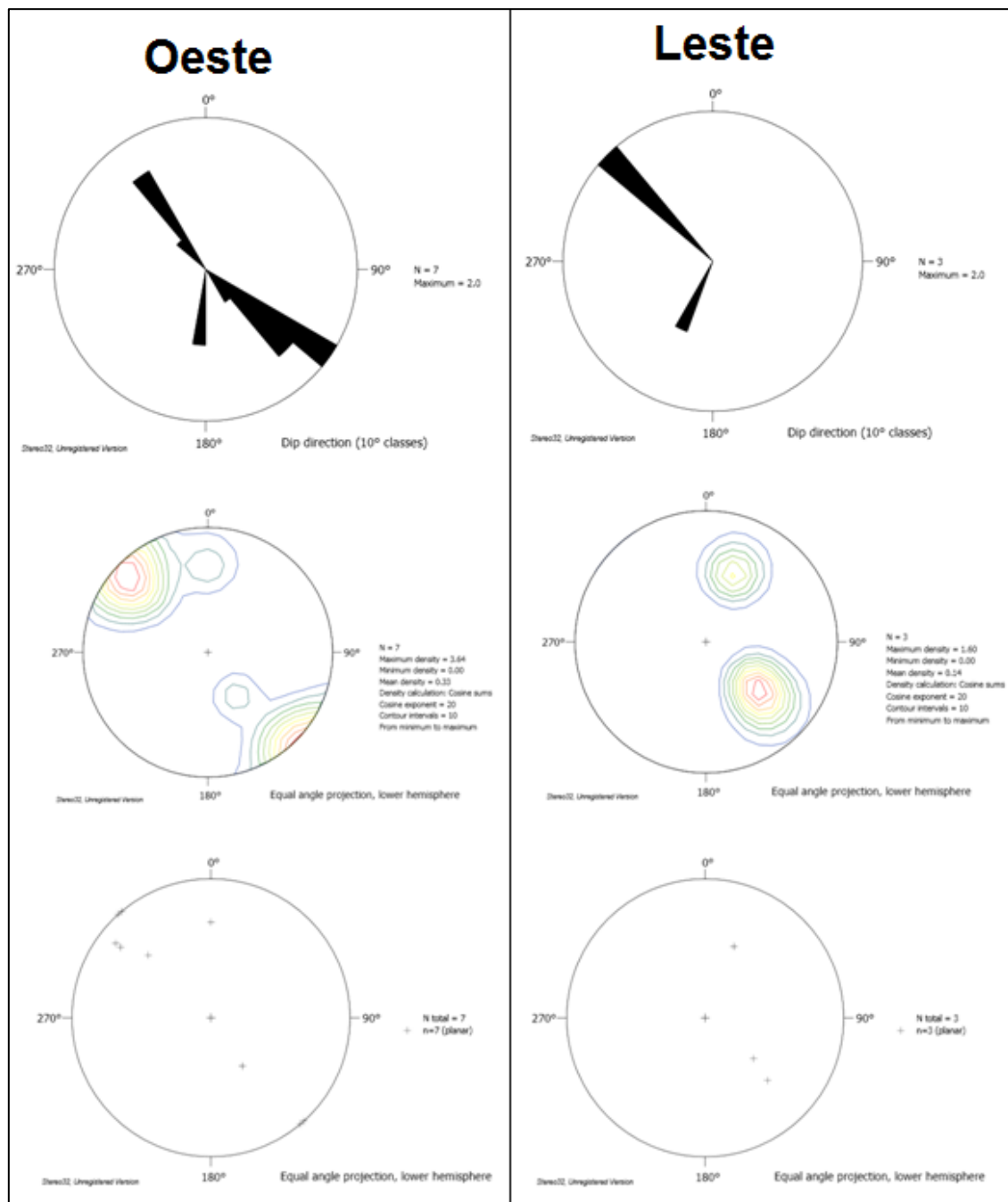
**Figura 6** - Área de tomada de medidas no alto da vertente, indicações: platô, sentido dos mergulhos e localização da Gruta do Caititu.



**Figura 7** - Diagramas dos planos de acamamento do alto da vertente.

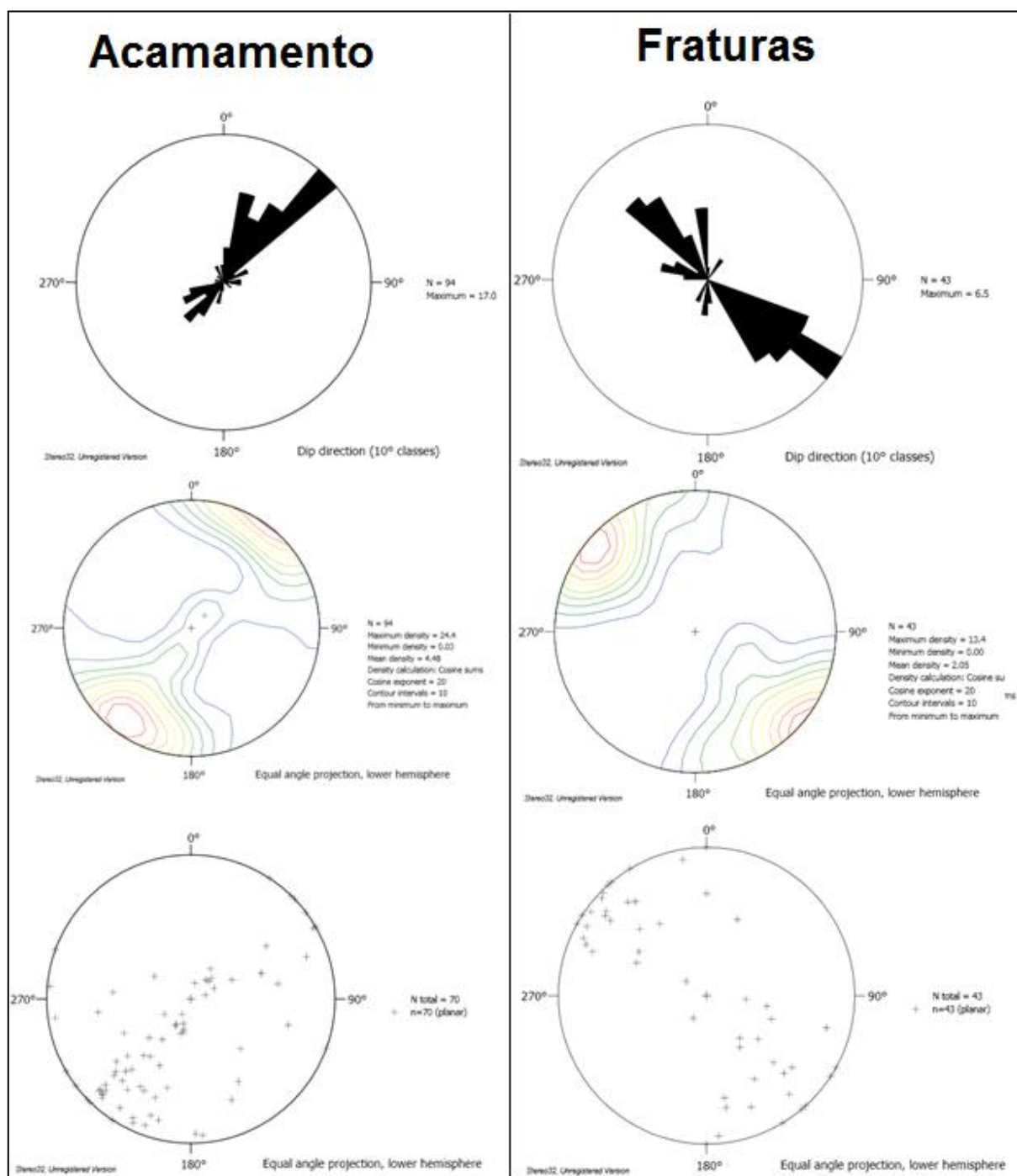


Os diagramas gerados, com os planos de fratura, no alto da vertente, demonstram uma predominância do sentido para NW–SE, e mergulho para NE–SW (Figura 8). As medidas foram tomadas na mesma área em que os planos de acamamento foram medidos.



**Figura 8** - Diagrama dos planos de fraturas do alto da vertente.

O cenário dos planos de acamamento e de fratura no exterior da gruta, demonstra que é exatamente, como registrado no topo da vertente, os planos de acamamento possuem sentido NW-SE com mergulho predominante para NE, e os planos de fratura, possuem sentido NE-SW com mergulho predominante para SE (Figura 9).

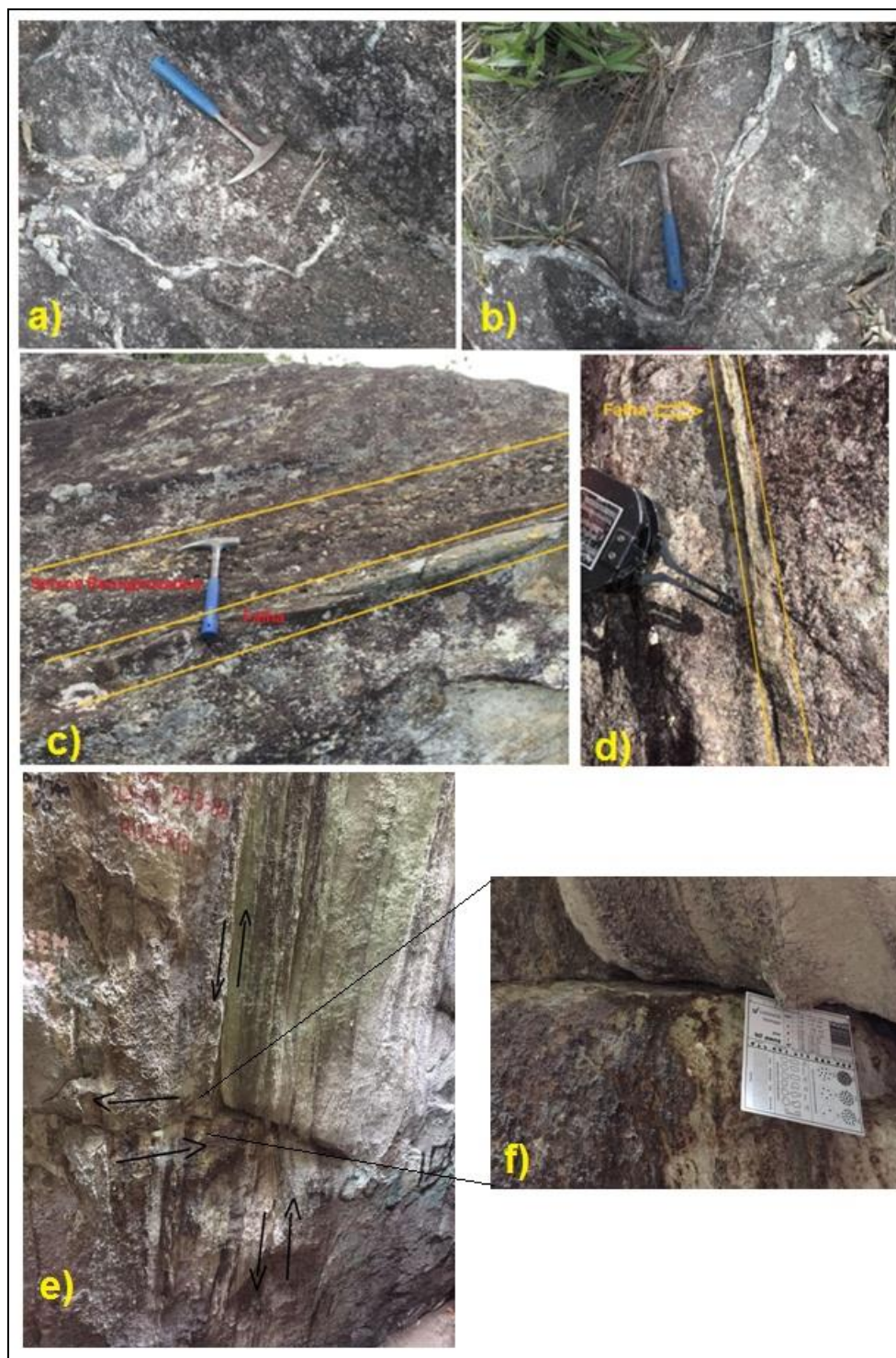


**Figura 9** - Diagramas dos planos de acamamento e fraturas em toda a área ao redor da gruta.

## 6. DISCUSSÕES

Assim como as medidas referentes aos planos de acamamento e de fraturas, a área de estudo também apresenta evidências de atividades tectônicas. Na porção leste do platô foram encontradas algumas falhas com mergulho predominantemente para NE, com sentido para NW-SE, semelhante ao sentido dos planos de acamamento e fraturas, possibilitando que alguns planos de fraturas encontrados, possam ser oriundos de zona de falha. Com a lixiviação do material resultante destas zonas, os planos podem ser consideradas apenas como fraturas, indicando uma relação entre as falhas e o desenvolvimento da Gruta do Caititu.

A morfoestrututra local e o processo de tectonismo, é evidenciado com a presença de seixos reorganizados em razão da zona de falha, veios de quartzo deformados, e uma zona de cisalhamento no interior da gruta (Figura 10).



**Figura 10** - Evidências de atividade tectônica. a e b) Veio de quartzo deformados; c) Seixos reorganizados em razão da zona de falha; d) Falha; e e f) Zona de cisalhamento no interior da Gruta do Caititu.

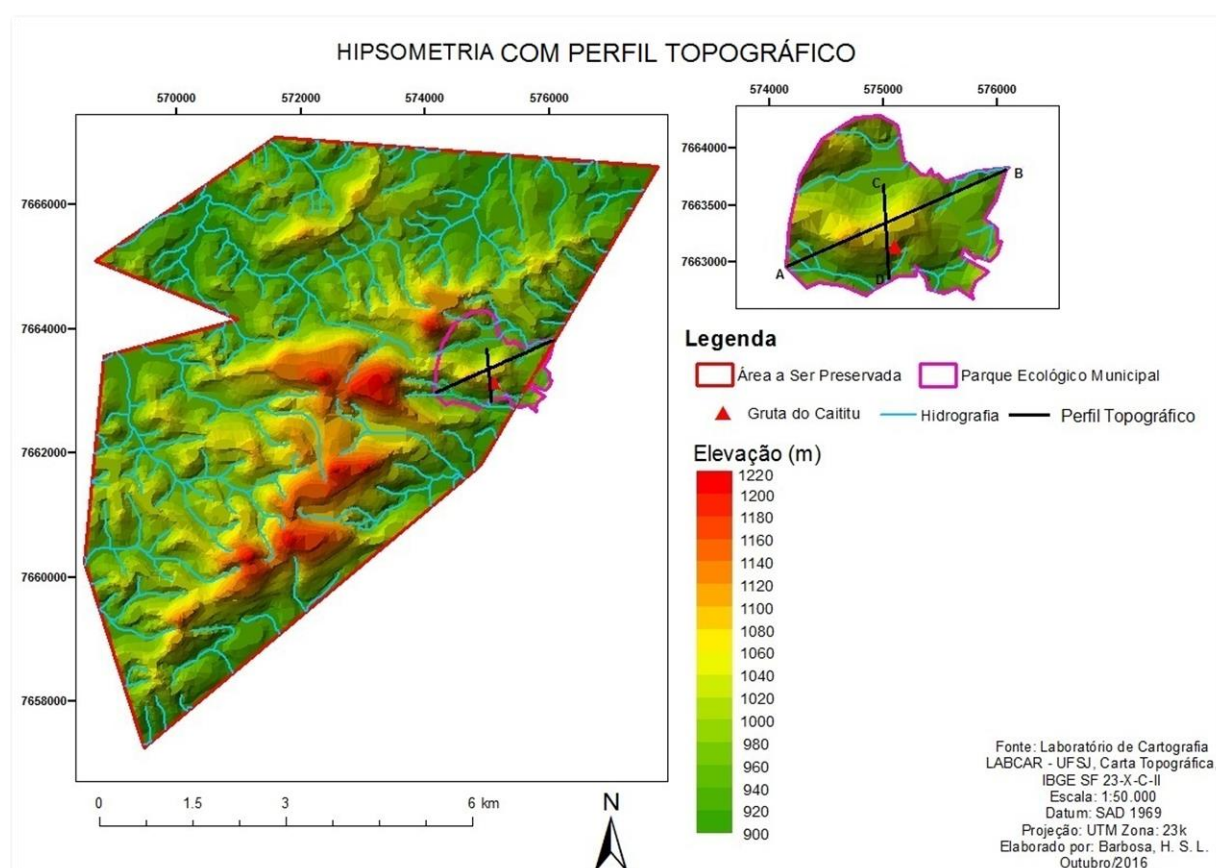
O sentido dos planos, de acamamento e de fraturas, apresenta um cenário comum entre o desenvolvimento da gruta e as condições estruturais externas. De acordo com o resultado dos



diagramas, observa-se um eixo entre NW-SE, que corta o eixo do anticlinal sugerido de acordo com os diagramas de roseta dos planos de acamamento. A gruta por sua vez, desenvolve-se no mesmo alinhamento e também na mesma direção dos planos de acamamento e fraturas externas, visto que o seu desenvolvimento tem direção preferencial NNW-SSE.

Nesse caso, o processo de fraturamento, é um condicionante direto para o encaixamento da drenagem nas porções mais elevadas da vertente, em que o sentido da drenagem passa a ser o mesmo dos planos de fraturas. A Gruta do Caititu ocorre na mesma área onde processo de erosão e dissolução é mais atuante, no qual conclui-se que os planos de acamamento e de fratura estão diretamente relacionados com o seu desenvolvimento. Com os perfis topográficos, extraídos com base na hipsometria da área, é possível compreender o contexto morfológico em que a gruta está inserida.

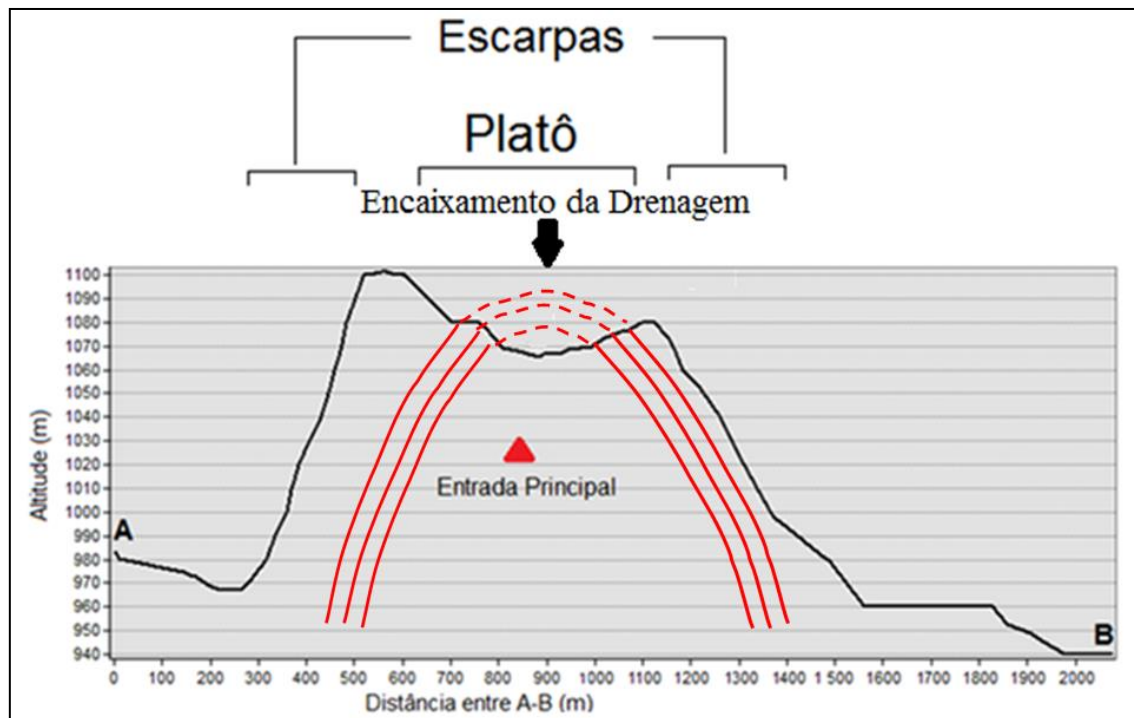
Foram traçados, dois perfis topográficos, partindo dos pontos A-B e C-D, no sentido SW-NE e no N-S respectivamente, com o objetivo de cruzar essas informações e compreender a morfologia local (Figura 11).



**Figura 11** - Hipsometria com perfil topográfico.

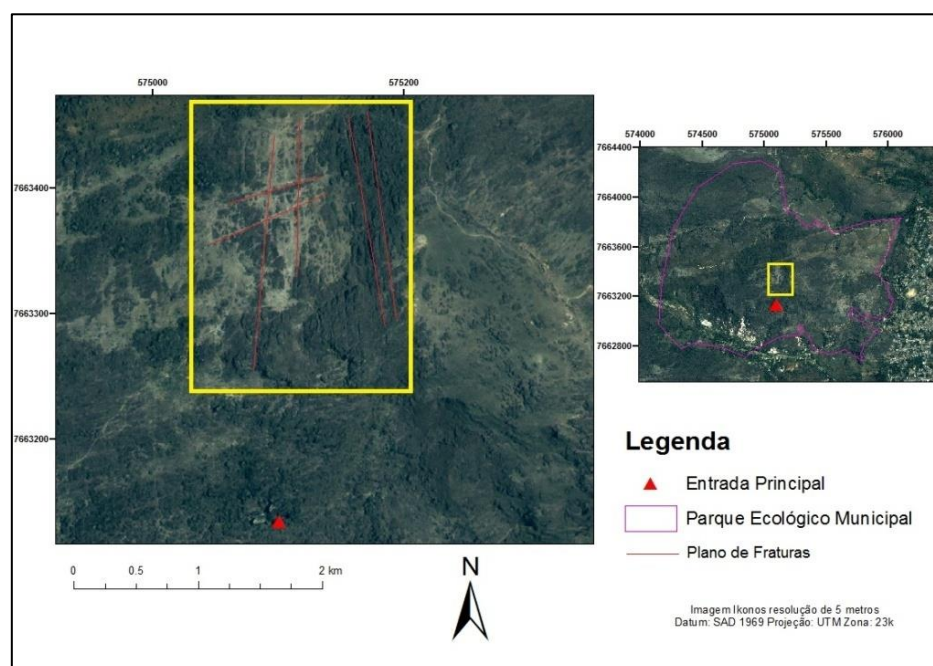
Através do perfil A-B, é possível compreender que as fácies E e W são escarpadas, e que há um platô na região central (Figura 12). A drenagem se encaixa através dos planos de fraturas localizados entre as escarpas compostas pelos planos de acamamento. Esse ângulo de análise

complementa os resultados obtidos através do diagrama de roseta, que confirma a presença da gruta no mesmo eixo de encaixamento da drenagem.



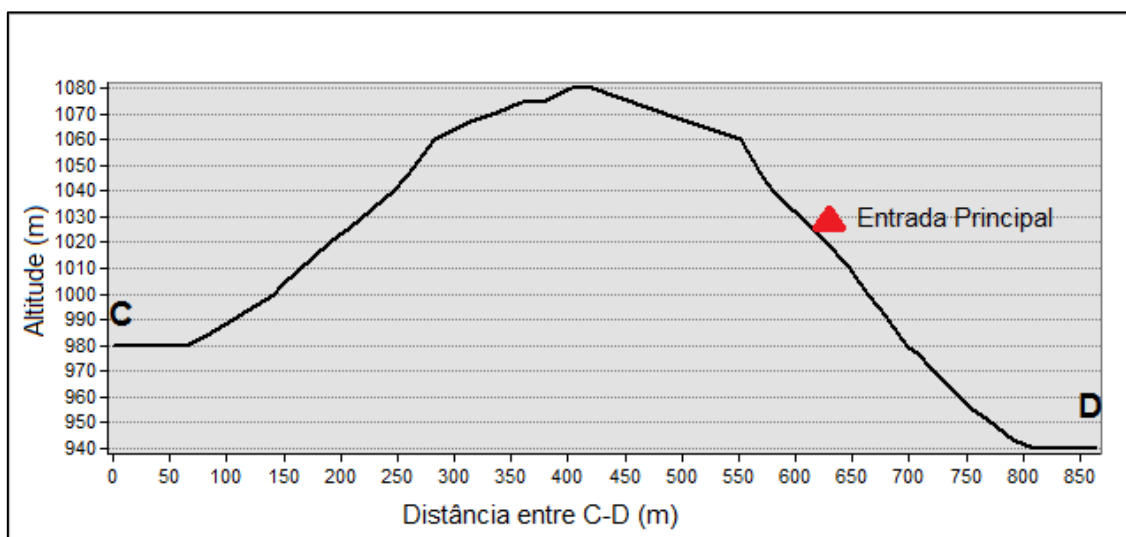
**Figura 12** - Perfil Topográfico A-B, demonstrando o encaixamento da drenagem entre as escarpas e o mergulho do plano de acamamento.

Na imagem, *Ikonos* com resolução de 5 metros, é possível analisar a área do platô, apresentado pelo perfil A-B, em que as fraturas estão no mesmo sentido em que a gruta se desenvolve. As linhas vermelhas, na Figura 13, mostram as fraturas onde há o encaixamento da drenagem.



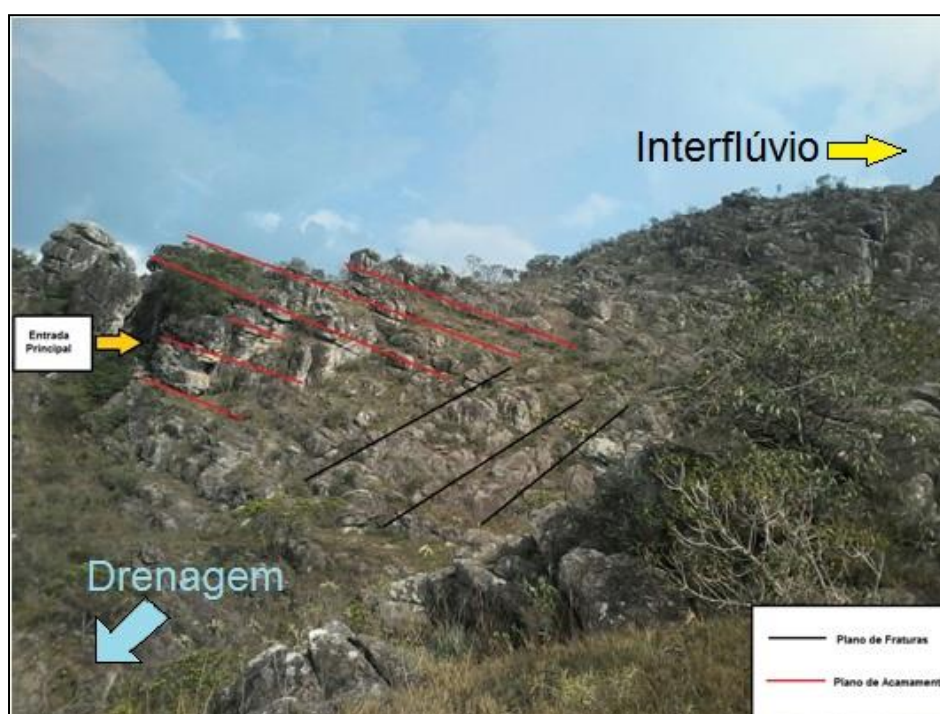
**Figura 13** - Plano de Fraturas no platô da vertente.

O perfil C-D (Figura 14), demonstra o declive acentuado e a posição que a gruta se localiza na vertente. A partir do interflúvio até a base da vertente, pode se observar o gradiente hidráulico da área, e o desenvolvimento da Gruta do Caititu também pode ter uma relação com este fator, neste caso, é necessário que pesquisas específicas sejam realizadas para confirmar essa hipótese.



**Figura 14** - Perfil Topográfico C-D, demonstrando a posição da gruta no perfil da vertente.

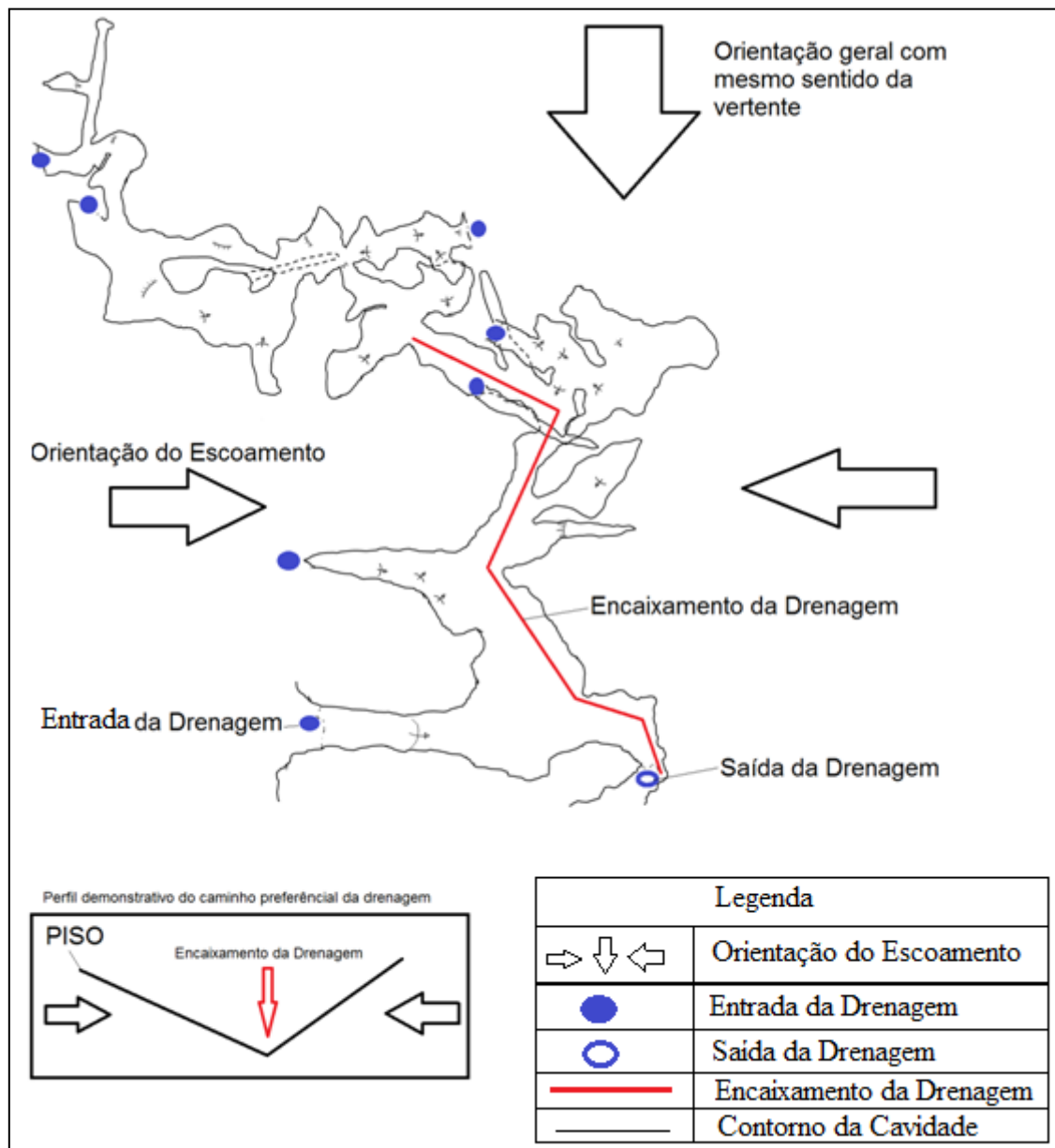
No entorno da cavidade, observa-se que os planos de acamamento são interceptados pelos planos de fratura, de acordo com o representado na Figura 15. As fraturas se desenvolvem com a mesma intensidade e sentido por toda a vertente, confirmando o resultado da análise do diagrama de roseta.



**Figura 15** - Planos de acamamento em vermelho, plano de fraturas em preto, indicações do interflúvio e do sentido da drenagem.

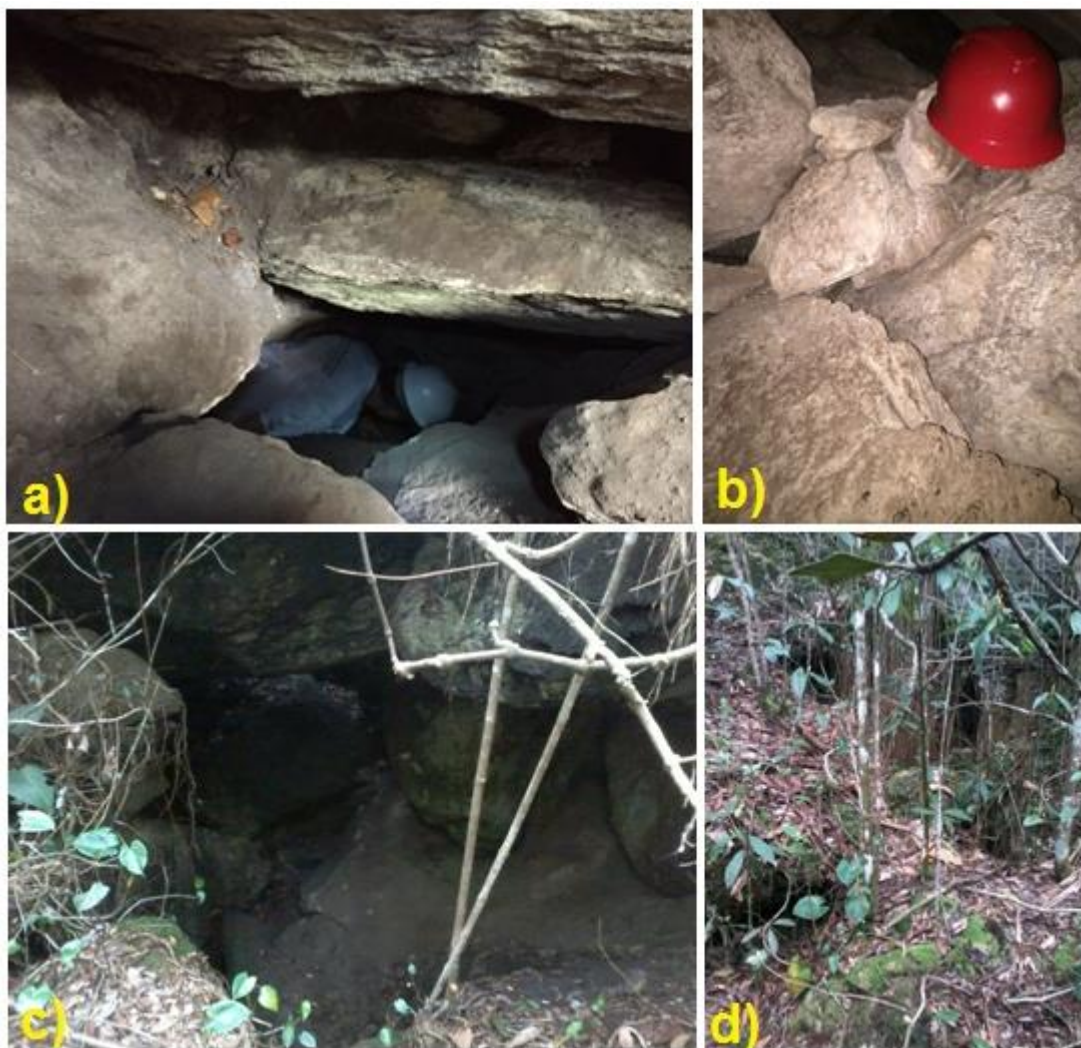


A gruta está no encontro de 7 entradas diretas do sistema de drenagem, além das clarabóias, que também favorecem a entrada do fluxo hídrico na caverna. A planta baixa da cavidade, com seus limites, extraído do mapa da Gruta do Caititu, junto com as indicações do sentido dos desníveis e os locais abruptos, explicam o sentido total da drenagem no interior da gruta, bem como o eixo em que há o encaixamento desta drenagem tal como se observa na Figura 16.



**Figura 16** - Contorno da cavidade com as entradas, saída e o eixo da drenagem no interior da gruta.

Considerando as informações estruturais e o encaixamento da drenagem, a figura 16, auxilia no entendimento da organização interna dos sedimentos clásticos compostos predominantemente por blocos de quartzitos seixosos e metaconglomerado (Figura 17). Na porção à montante da gruta, encontram-se imbricados, indicando que o fluxo hídrico foi capaz de transportar esses blocos e que são oriundos do desmonte da estrutura local associado ao eixo da dobra exemplificado na Figura 12.



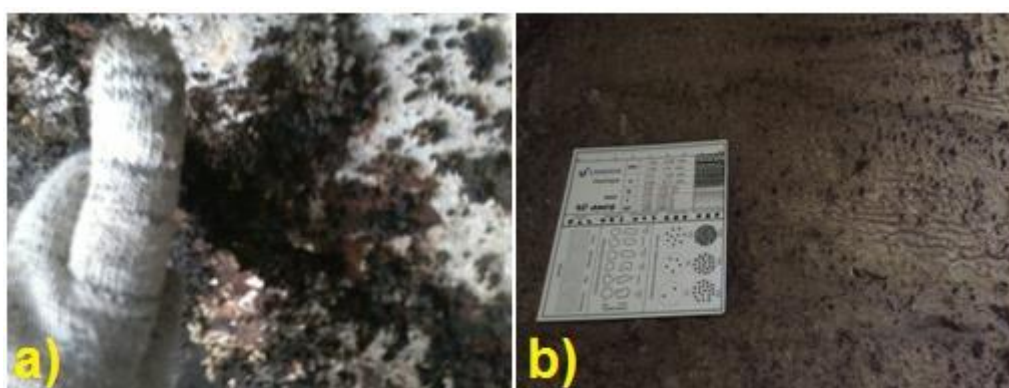
**Figura 17** - a e b) Blocos imbricados no interior da caverna; c e d) Blocos imbricados na entrada da caverna.

Em alguns trechos, sobretudo onde a drenagem se encaixa, estão depositados os seixos, que aparentam ter relação com a desagregação dos grãos de areia que compõe os quartzitos seixosos e metaconglomerado (Figura 18 a e b), indicando que pode haver um processo de dissolução e erosão atuante na rocha. Os seixos depositados ao longo da gruta são semelhantes aos encontrados, nestes quartzitos que compõe a gruta, no entanto, podem ser de origem autóctone ou alóctone (Figura 18 c, d e e).



**Figura 18** - a e b) Seixos expostos nos blocos; c, d e e) seixos depositados no eixo da drenagem.

Cavidades desenvolvidas nesse tipo de litologia, com algumas exceções, não possuem diversidade expressiva de espeleotemas, por conta da sua composição mineral. Na Gruta do Caititu não é diferente, pois a diversidade de espeleotema observada é baixa, sendo composta apenas coralóides (Figura 19).



**Figura 19** - Coralóides.

Além da exposição dos seixos, os alvéolos, são indicadores mais comuns de quais tipos de processo de dissolução, podem ter influência com o desenvolvimento desta cavidade. Essas feições são encontradas comumente no exterior da cavidade, no entanto em algumas de suas entradas também é possível observar esse tipo de feição (Figura 20).





Figura 20 – Alvéolos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas realizadas no interior da gruta e no seu entorno, comparando tanto o sentido dos planos de acamamento como os de fraturamento, explicam muito bem os aspectos geoestruturais que parecem condicionar o desenvolvimento da Gruta do Caititu. Assim, é possível compreender que os sentidos dos planos medidos e o de desenvolvimento da gruta são idênticos, possibilitando compreender que as condições são favoráveis para o desenvolvimento da cavidade. As evidências encontradas no local, tais como falhas, reorganização dos seixos em zonas cisalhantes, e o mergulho das camadas, apontam para um possível controle estrutural no desenvolvimento da caverna. De acordo com os resultados obtidos através do diagrama de roseta e da análise de imagens orbitais, observou-se que a Gruta do Caititu tem o mesmo sentido dos planos de fraturamento, e que esses planos se encontram no eixo de uma possível dobra.

Os 159,7 metros de desenvolvimento linear da Gruta do Caititu é um valor considerável de acordo com o ambiente em que se encontra, demonstrando a necessidade de que pesquisas mais aprofundadas sejam realizadas nessa gruta, a fim de se obter uma compreensão maior sobre a espeleogênese dessa cavidade, e contribuir com o desenvolvimento científico nessa área do conhecimento, que envolve cavidades desenvolvidas em rochas não carbonáticas.

## REFERÊNCIAS

- AULER, A; PILÓ, L. Geoespeleologia. In: **II Curso De Licenciamento Ambiental**. [Apostila]. Centro Nacional De Pesquisa E Conservação De Cavernas – Cecav. 2011. 25p.
- CRUZ, J. B. **Levantamento Espeleológico**: prospecção, identificação e caracterização de Cavidades naturais subterrâneas no lajedo do arapuá, Felipe Guerra/RN, tendo como suporte as geotecnologias. 2008. 123 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.



FABRI, F. P. **Estudo Das Cavernas Quartzíticas Da Região De Itambé Do Mato Dentro, Serra Do Espinhaço Meridional - MG**. 2011. 211 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

HARDT, R.; RODET, J; PINTO, S. dos A. F. O Carste. Produto de uma Evolução ou Processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 3, p. 110-124, 2010.

LOBO, H. A. S. **Fundamentos Básicos do Espeleoturismo**. 1. ed. Dourados: Editora UEMS, 2014. 179p.

RIBEIRO, A.; ÁVILA, C. A.; VALENÇA, J. G.; PACIULLO, F. V. P.; TROUW, R.A.J. Geologia da Folha São João del Rei. In: PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos et al (Ed.). **Projeto Sul Minas, Etapa I: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro**. Belo Horizonte: Companhia Mineradora de Minas Gerais, p. 521-622, 2003.

RESENDE, M. L. C.; SALES, C. L.; ROCHA, L. C.; FONSECA, B. M. Mapeamento Da Arte Rupestre Na Estrada Real. **Revista do Arquivo Público Mineiro**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 108-125, 2010.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 455-466, 2004.

SOUZA, F.C. R. Caracterização de cavidades desenvolvidas em quartzito na região sudeste de Diamantina/MG. **Cadernos de Geografia**, v. 24, n. 42, p. 20-38, 2014.

Trabalho enviado em 05/03/2019

Trabalho aceito em 08/07/2019