



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

ANNA SABRINA VIDAL DE SOUZA

**CONTROLE ESTRUTURAL EM INSELBERGUES: UMA ANÁLISE ACERCA DO
PAPEL DE VEIOS E DIQUES NA MORFOLOGIA GRANÍTICA**

FORTALEZA

2021

ANNA SABRINA VIDAL DE SOUZA

CONTROLE ESTRUTURAL EM INSELBERGUES: UMA ANÁLISE ACERCA DO
PAPEL DE VEIOS E DIQUES NA MORFOLOGIA GRANÍTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Geografia do
Departamento de Geografia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciada em Geografia.
Orientador: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S713c Souza, Anna Sabrina Vidal de.
Controle estrutural em inselbergues: uma análise acerca do papel de veios e diques na morfologia granítica / Anna Sabrina Vidal de Souza. – 2021.
38 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia.
1. Veios e diques. 2. Inselbergue. 3. Relevos graníticos. 4. Intemperismo diferencial. 5. Controle estrutural. I. Título.

CDD 910

ANNA SABRINA VIDAL DE SOUZA

CONTROLE ESTRUTURAL EM INSELBERGUES: UMA ANÁLISE ACERCA DO
PAPEL DE VEIOS E DIQUES NA MORFOLOGIA GRANÍTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Geografia do
Departamento de Geografia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciada em Geografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Piotr Migon
University of Wroclaw (UWr)

Prof. Prof. Dr. Francisco Hilário Rêgo Bezerra
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

A Deus – Presença, Verdade e Bem Eterno.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da vida, da criação e fonte de sabedoria em todos os meus trabalhos.

Aos meus pais, Paula e Davi, que amo muito e que agradeço por todo apoio nos momentos de felicidade e de desafios.

À minha caríssima amiga, Ana Beatriz Barbosa, sem a qual não teria podido realizar bem esse trabalho, por todas as conversas, reflexões e conselhos. Agradeço ao meu amigo Pedro Edson, que dedicou tanto do seu tempo para me auxiliar inúmeras vezes. Também sou grata aos queridos parceiros de trabalho, Henrique, Hudson, Wesley e Roberto, que me ajudaram como podiam naquilo que precisei ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Ao querido professor Piotr Migoń, grande pesquisador e inspiração para meus trabalhos, agradeço por cada e-mail, explicação, conversa que me permitiram aprender muito mais que Geomorfologia.

Ao meu caro orientador, professor Rúbson Pinheiro Maia, cujo trabalho muito admiro e agradeço por me ter dado a primeira oportunidade de ingressar na pesquisa e me acompanhar com tanta competência nesse percurso, permitindo meu crescimento.

Meu profundo agradecimento a todos.

“Há na vida momentos privilegiados em que parece que o Universo se ilumina, que a nossa vida nos revela sua significação, que queremos o destino mesmo que nos coube como se nós mesmos o tivéssemos escolhido; depois o Universo volta a fechar-se, tornamo-nos novamente solitários e miseráveis, já não caminhamos senão tateando num caminho obscuro onde tudo se torna obstáculo aos nossos passos. A sabedoria consiste em salvaguardar a lembrança desses momentos fugidios, em saber fazê-los reviver e fazer deles a trama da nossa existência cotidiana e, por assim dizer, a morada habitual do nosso espírito.” (Louis Lavelle)

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar o papel de veios e diques em relevos graníticos, tendo como objeto, inselbergues localizados no município de Quixadá-CE, no nordeste setentrional brasileiro. As análises se deram mediante elaboração de MDE de alta resolução a partir de imageamento aéreo com veículo aéreo não tripulado (VANT) e trabalhos de campo. Foi identificado que espessuras e arranjos de veios são elementos que condicionam diferentes respostas geomorfológicas nos inselbergues. Veios centimétricos têm resposta local, baixo controle estrutural na morfologia do inselbergue e são frequentemente superpostos por feições de dissolução ou fraturas. Veios e diques mais espessos, por outro lado, quando paralelos e dispostos em baixos ângulos de mergulho, sustentam setores mais elevados. Os arranjos horizontais/sub-horizontais dificultam a ação química da água e o deslocamento rochoso, pois formam níveis mais resistentes que a rocha hospedeira; esse tipo de arranjo foi observado em um dos inselbergues com maior elevação da área. Arranjos de veios sem direção preferencial favorecem morfologia caótica, uma vez que os cruzamentos favorecem o fraturamento e colapso de blocos, ao passo que veios com orientação vertical/sub-vertical promovem caminhos para o fluxo da água e conseqüente desenvolvimento de caneluras. Considerando os dados obtidos, conclui-se que aspectos de composição, espessura e arranjo de veios e diques exercem um controle estrutural na diferenciação das morfologias dos inselbergues graníticos, modelos pela ação do intemperismo diferencial.

Palavras-chave: Veios e diques. Inselbergue. Relevos graníticos. Intemperismo diferencial. Controle estrutural.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the role of veins and dikes in granite landforms, having as objects of study inselbergs around Quixadá-CE, located in northern Northeastern Brazil. The analyses were carried out by elaboration of digital elevation model (DEM) using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and field works. Different geomorphic responses to vein thickness and array on inselbergs were indentified. Centimeter-veins have local and incipient structural control on inselberg morphology and are frequently superposed by dissolution features or rock failures. On the other hand, thicker veins and dikes, when gently dipping, support more elevated sectors. The horizontal/sub-horizontal array hampers dissolution processes and rock detachments since they form more resistant levels than the host rock. Vein networks without preferential orientation favor a chaotic morphology due to ruptures along vein/rock interface, whereas veins with vertical/sub-vertical directions promote water flow paths and the development of runnels. Considering the data obtained, aspects such as vein thickness and array exert a structural control on the diversity of granitic inselberg morphologies shaped by differential weathering.

Keywords: Veins and dikes. Inselberg. Granite Landforms. Differential weathering. Structural control.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos.....	12
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>12</i>
2	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
3	MÉTODOS.....	17
4	RESULTADOS.....	19
4.1	Propriedades dos veios e diques e suas repercussões geomorfológicas	19
<i>4.1.1</i>	<i>Inselbergue Pedra da Galinha Choca</i>	<i>26</i>
5	DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Rochas graníticas estão atreladas à ampla diversidade de formas de relevo, resultante da complexa relação entre fatores litológicos, estruturais, tectônicos e climáticos (MIGÓN, 2004; VIDAL ROMANÍ, 2008; VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010). Por outro lado, paisagens graníticas, por vezes, apresentam repetições de padrões, tanto em macroformas, como os inselbergues e *bornhardts*, quanto em microformas, e.g., tafoni, *weathering pits*, caneluras e *honeycombs* (TWIDALE, 1982; VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2004; MIGÓN, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d).

Sabe-se que processos superficiais e subsuperficiais, bem como as oscilações climáticas, têm grande influência na modelagem de relevos saprolíticos (MILLOT, 1983; TWIDALE, 2002; MIGÓN, 2006; THOMAS, 2011). Do mesmo modo, descontinuidades litológicas e estruturais, como falhas e fraturas, podem ser importantes condicionantes no intemperismo diferencial, podendo salientar os núcleos de maior resistência (MIGON, 2006b; MAIA *et al.*, 2015).

Redes de fraturas desenvolvidas em processos deformacionais nos granitos comumente predisõem espaços de injeção de fluidos os quais, cristalizados, formam veios e diques (SGARBI, 2012; FOSSEN, 2017). Esses se solidificam em temperaturas mais baixas, geralmente após a cristalização da rocha hospedeira, e, em estágios tardios, tendem a preencher os espaços de fraturas extensionais ou a intrudir em outros veios (MIGÓN, 2006a; JERRAM; PETFORD, 2014; FOSSEN, 2017). A composição quartzofeldspática dos aplitos e pegmatitos é comum quando estão ligados a plútons graníticos (SGARBI, 2012); nesse sentido, diferenças composicionais entre aqueles e a rocha hospedeira são denunciadas pela aparência após a erosão (GILL, 2014), podendo revelar diversos padrões relativos a seu modo de inclusão.

Em linhas gerais, veios e diques tendem a se organizar em sistemas ou enxames, podendo assumir arranjos mais lineares com direção preferencial ou formar redes irregulares (POZA, 2015). Arranjos de veios são observados e estudados em diversas litologias, podendo apresentar composições félsicas (MOROGAN; SORESEN, 1993; BEGBIE; CRAW, 2010) ou máficas (NIELSEN, 1978; STUART *et al.*, 1979; BRATZDRUM, 2009). Essas estruturas, mais comuns em rochas ígneas, são caracterizadas por veios de quartzo hidrotermais, aplitos (granulação fina) e pegmatitos (granulação grossa) (JERRAM; PETFORD, 2014), amplamente investigados em diversos lugares do mundo (WELLS; BISHOP, 1957; DAHL, 1967; CLEMENT; LANDRY; YERGEAU, 1976; ANDRÉ, 2002; ODEN, 2011).

Diversos estudos de relevos graníticos realizados no nordeste setentrional brasileiro investigaram controles estruturais no condicionamento de altos e baixos topográficos, os quais apontaram que o desenvolvimento de uma superfície de descontinuidade ao longo dos veios é favorável à desintegração rochosa (MAIA; BEZERRA, 2014; MAIA *et al.*, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018; CASTRO, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2019). Entretanto, há carência de estudos mais aprofundados sobre estruturas como veios e diques, e análise da influência de seus aspectos composicionais e estruturais e sua resposta geomorfológica.

Sendo assim, o presente trabalho analisa o controle estrutural exercido por veios e diques na morfologia granítica, tendo como objeto de estudo os inselbergues do Plúton Quixadá, localizados no município homônimo, no estado do Ceará. Os dados foram coletados mediante trabalhos de campo, imageamento por veículo aéreo não tripulado (VANT) e correlações com dados geoquímicos e faciológicos realizados previamente na área (SILVA, 1989; TORQUATO *et al.*, 1989; NOGUEIRA, 2004).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o papel de veios e diques em morfologias graníticas sujeitas ao intemperismo diferencial, tendo como objeto de estudo inselbergues do Plúton Quixadá, Nordeste do Brasil.

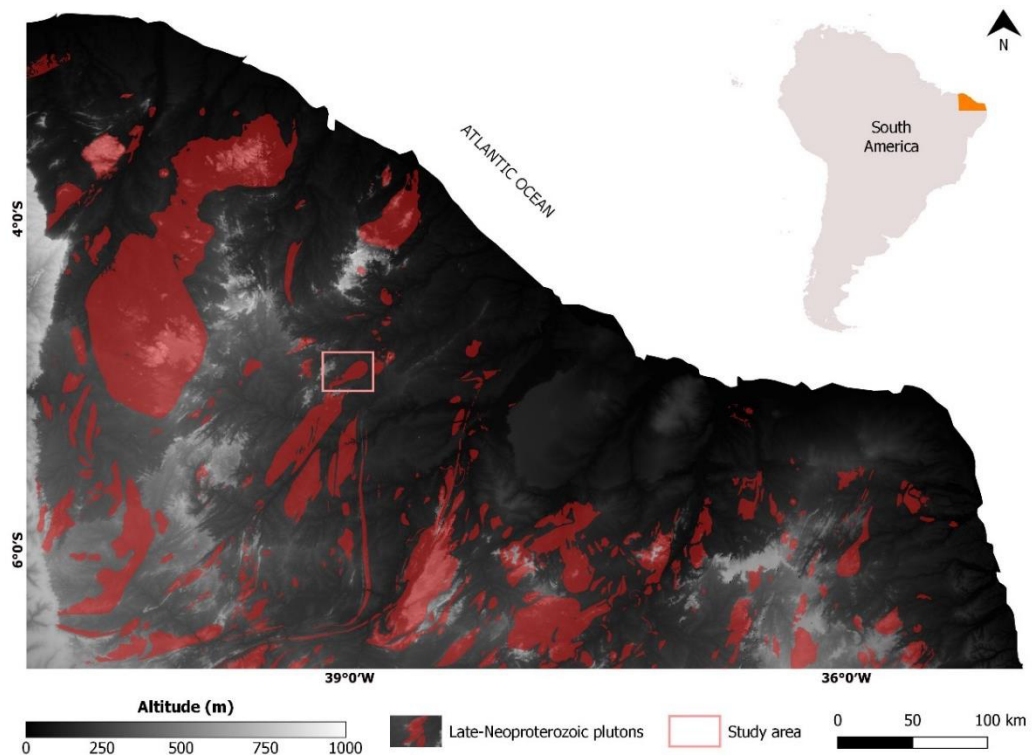
1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar o contexto geológico que subsidiou as intrusões e a injeção de veios e diques;
- Identificar formas e feições relacionadas ao intemperismo diferencial nos relevos graníticos do Plúton Quixadá;
- Relacionar as características dos veios e diques (composição, arranjo e espessura) com suas respostas geomorfológicas nos inselbergues.

2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

O campo de inselbergues de Quixadá localiza-se na porção central do estado do Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1). A área de estudo apresenta predominantemente o tipo climático D (Semiárido) na classificação de Thornthwaite (ALVARES *et al.*, 2013; MUNIZ *et al.*, 2017). Os valores médios anuais de precipitação são de 700 mm (FUNCEME, 2018) com estação chuvosa concentrada entre fevereiro e maio, caracterizando o regime semiárido presente em boa parte da Região Nordeste do Brasil; já as temperaturas médias da área variam entre 26° e 28° C (ZANELLA, 2014). As associações de Planossolos e Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2013) predominam e sustentam a vegetação da Caatinga densa, aberta e arbórea (CRISPIM, 2016; FUNCEME, 2018).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo e principais intrusões no nordeste setentrional brasileiro.



Fonte: Elaborado com base nos dados vetoriais de Angelim *et al.* (2004a), Angelim *et al.* (2004b), Vasconcelos *et al.* (2004).

De acordo com a proposta geomorfológica mais recente, a área de estudo faz parte da Superfície Sertaneja 1 (SS1), unidade caracterizada por processos de aplainamento que resultaram em topografias planas ou suavemente onduladas (COSTA *et al.*, 2020). Os inselbergues são herdados da ação do intemperismo diferencial em clima semiárido, condicionado por aspectos litológicos e densidade de fraturamento, semelhante a demais relevos saprolíticos no Nordeste do Brasil (MAIA *et al.*, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018; MAIA *et al.*, 2018; CASTRO, 2018; RODRIGUES; MAIA; DANTAS, 2019) (Figura 2).

Figura 2 - Campo de Inselbergues de Quixadá.

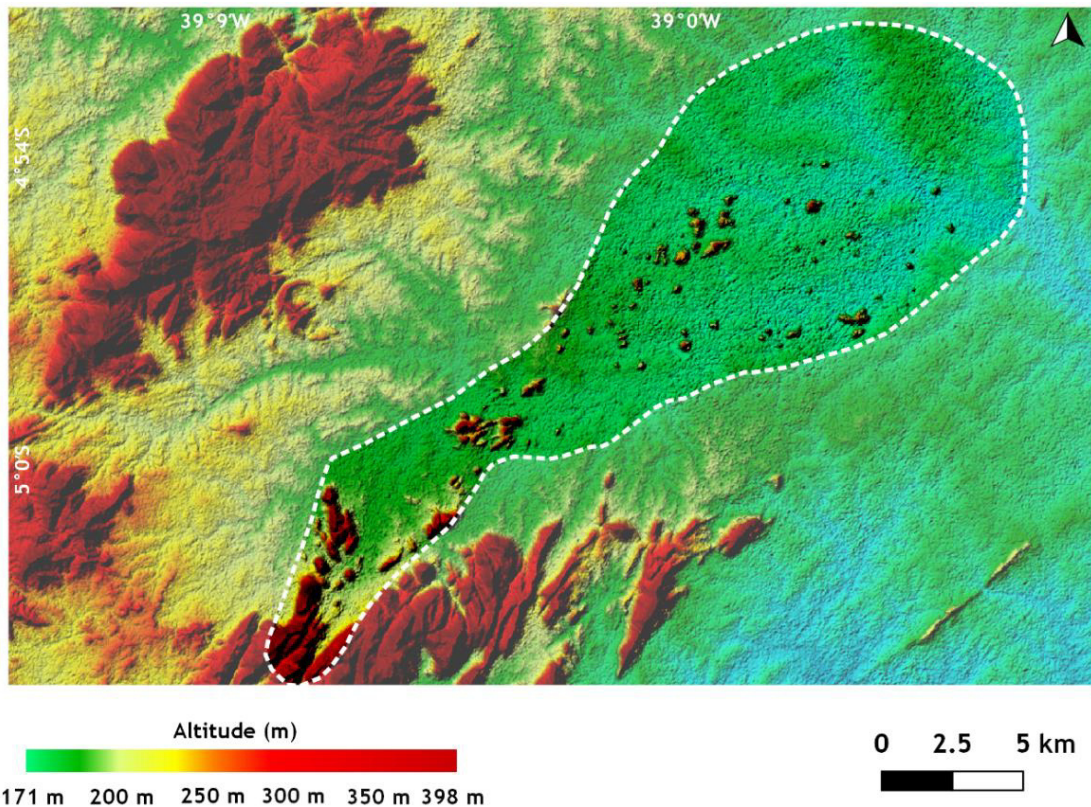


Fonte: acervo da autora

Geologicamente, a área de estudo situa-se na porção setentrional da Província Borborema, cuja estruturação foi herdada da Orogenia Brasileira (640 – 570 Ma), a qual corresponde à colisão dos crátons Amazônico, São Luís/Oeste Africano e São Francisco/Congo-Kasai (SANTOS; BRITO NEVES, 1984; BRITO NEVES *et al.*, 2000). A elevada complexidade dos terrenos da Província Borborema Setentrional resultou na divisão em cinco domínios estruturais, sendo a área estudada pertencente ao Domínio Ceará Central, delimitado a leste pelo Lineamento Transbrasiliano e a oeste pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu.

Entre outros fatores, a Orogenia Brasileira foi responsável pela conformação das zonas de cisalhamento dúcteis NE-SW e pela origem de parcela significativa de corpos graníticos intrusivos do nordeste setentrional brasileiro (Figura 1) (ARTHAUD, 2007), sendo o Plúton Quixadá um deles. O Plúton Quixadá pertence à Suíte Intrusiva Itaporanga, magmatismo brasileiro sintectônico que possui composição de anfibólio-biotita granodioritos, monzogranitos, sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo monzonitos, geralmente de granulação grossa e com textura porfirítica (PINÉO *et al.*, 2020) (Figura 3).

Figura 3 – Correlação entre litologia e relevo. O tracejado branco representa o contorno do Plúton Quixadá, onde se localiza o campo de inselbergues.



Fonte: Elaboração da autora com base em PINÉO *et al.* (2020).

Os monzonitos dessa área foram originados no auge da atividade magmática, com idade de cristalização de 585 Ma (NOGUEIRA, 2004). Essa unidade é a predominante no plúton, também conhecida como Fácies Quixadá, a qual consiste em composição monzonítica a quartzo-monzonítica de textura porfirítica, com megacristais de microclina de dimensões de 2 a 8 cm imersos em matriz anfibolítica (TORQUATO *et al.*, 1989).

Além dos granitoides, o plúton é também composto por enclaves microgranulares máficos, de composição diorítica e quartzo diorítica abundantes no tipo porfirítico (SILVA, 1989). Essas ocorrências foram interpretadas em trabalhos de geomorfologia como pontos de partida para o intemperismo em relevos graníticos (MAIA *et al.*, 2015; MAIA; NACIMENTO, 2018).

Nos estágios finais da Orogenia, as rochas, já cristalizadas, foram submetidas a um processo de deformação que ocasionou a formação de fraturas, as quais foram preenchidas por veios e diques, cuja ocorrência se dá em diversos relevos do Plúton Quixadá, sobretudo em sua porção SW (TORQUATO *et al.*, 1989; NOGUEIRA, 2004).

Os veios e diques intrudidos nos monzonitos são classificados como fácies das rochas félsicas equigranulares tardias, ou fácies dos “granitos finos”, devido à granulação fina. Possuem composição granítica e granodiorítica com altos valores de SiO₂ (média de 71,36%) e coloração leucocrática. Essas intrusões félsicas apresentam larguras centimétricas e poucas dezenas de metros de comprimento e encontram-se inclinados com mergulhos entre 20 e 60°. São frequentes os xenólitos da fácies porfirítica nesses corpos (ALMEIDA, 1995; ALMEIDA; ULBRICH; McREATH, 1999; SILVA, 1989).

3 MÉTODOS

O conjunto de métodos adotados pela presente pesquisa compreendeu a ampla revisão bibliográfica e levantamento de dados, os trabalhos de campo, o processamento de dados digitais e a análise e a racionalização dos dados obtidos.

A revisão bibliográfica foi realizada em livros, artigos, teses e dissertações referentes a: (i) evolução de paisagens graníticas; (ii) contexto geológico e geomorfológico regional; (iii) aspectos da geomorfologia e condições geoambientais locais e (ix) ocorrência de veios e diques em rochas ígneas. Essa etapa ocorreu em consonância ao levantamento de dados geológicos a partir dos trabalhos de petrologia realizados no Plúton Quixadá (SILVA, 1989; TORQUATO *et al.*, 1989; ALMEIDA, 1995; ALMEIDA; ULBRICH; McREATH, 1999; NOGUEIRA, 2004).

O levantamento de dados digitais relativos ao contexto regional da área de estudo incluiu, inicialmente, a obtenção de imagens do Google Earth Pro (2016), de forma gratuita e *on-line*. As análises mais aprofundadas utilizaram a imagem *raster* ALOS PALSAR RTC (12,5m de resolução) AP_09568_FBS_F7080_RT1, disponível na plataforma Earth Explorer (USGS) em formato geotiff (.tif), bem como o vetor do mapa geológico do estado do Ceará disponibilizado pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais do Brasil (CPRM) (PINÉO *et al.*, 2020).

Foram realizados procedimentos de análise de dados *raster*, aplicando testes de iluminação no *software* Global Mapper 18, permitindo avaliar feições e *trends* dos relevos na área de estudo a partir de diferentes sombreamentos. Na confecção do mapa de localização da área, o azimute 315 e iluminação 60° foram selecionados em função da evidência de feições a NE-SW (BARBOSA, 2020). No *software* QGIS 2.18, foi possível sobrepor dados *raster* e vetoriais mencionados, a fim de relacionar aspectos estruturais e litológicos do contexto regional e local na geomorfologia da área.

Dois trabalhos de campo foram realizados na área de estudo: o primeiro trabalho de campo, em setembro de 2020, teve a finalidade de verificar as principais feições graníticas nos inselbergues próximos à Quixadá. Foram também identificadas a ocorrência das fácies graníticas descritas em trabalhos prévios (TORQUATO *et al.*, 1998; SILVA, 1989; ALMEIDA, 1995), dentre as quais estão veios e diques félsicos.

A segunda ida a campo, em fevereiro de 2021, foi realizada no inselbergue Pedra da Galinha Choca (PGC), escolhido como um exemplo de relevo em que há maior ocorrência de veios e diques, conforme mencionado em pesquisas anteriores (TORQUATO *et al.*, 1989), além

de constituir um dos inselbergues mais elevados do Plúton Quixadá. Foi realizada a coleta de dados estruturais de direção (D) e mergulho (M) de sete veios ao longo da trilha do inselbergue, utilizando bússola Brunton. Na sistemática de coleta, consideraram-se os veios que estavam em sobressalto na escarpa ou diques *in situ*, espaçados em distâncias variáveis de 10 a 30 m. Foi também realizada a medição de espessura dos veios e diques utilizando trena. Nos diques de dimensões métricas em que não foi possível fazer medição exata, foi inferida a espessura. A altimetria dos veios e diques em que se coletaram dados foi aferida com altímetro barométrico. Todas as informações coletadas foram registradas em caderneta de campo, e captura de imagens foi feita com câmera fotográfica.

Houve aquisição em campo das imagens aéreas da PGC a partir de veículo aéreo remotamente controlado – Phantom 4 Pro – com câmera acoplada de resolução 20 Max. O imageamento ocorreu em altitude média de 80 m em relação à base de decolagem, sendo controlada manualmente, com disparos de câmera com sobreposição mínima de 70% e precisão de 3 m do GPS associada ao sistema de navegação da plataforma. Para a construção de modelos digitais de elevação e mosaico ortorretificado das imagens aéreas, seguiram-se as seguintes etapas:

- Processamento das imagens aéreas a partir do *software* Agisoft Photoscan, seguindo o que sugere a ferramenta de fluxo de trabalho, onde as fotografias são alinhadas a partir da contagem de *pixels* homólogos, gerando produtos como as malhas de nuvem esparsa e de nuvem densa de pontos; as superfícies de triangulação e texturização, que irão culminar no modelo digital de elevação, e, por fim, a mosaicagem e ortorretificação das imagens individuais. Ao fim do processamento, o modelo digital de elevação (MDE) apresentou pixel de 0,33 m².
- A análise em meio digital da topografia do terreno foi feita em ambiente de sistema de informações geográficas digital de *software* livre do QGIS versão 2.18. Deste modo, foi inserido, no já mencionado *software*, o MDE em formato geotiff, onde foram realizados procedimentos de renderização de banda do tipo banda simples falsa-cor, classificando a imagem em altimetrias com intervalo irregular entre as cotas.

De modo geral, os dados primários e secundários obtidos, bem como os produtos e análises realizadas, possibilitaram a conexão entre fatores como estrutura e litologia, para compreensão da morfologia de inselbergues do Plúton Quixadá.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos por esse trabalho demonstraram que veios e diques podem, por meio da combinação de aspectos como arranjos e espessuras, exercer diferentes tipos de controle estrutural na morfologia dos inselbergues. Será demonstrado a seguir como as espessuras e padrões de direção e mergulho podem influenciar a morfologia dos inselbergues.

4.1 Propriedades dos veios e diques e suas repercussões geomorfológicas

Diversos inselbergues do Plúton Quixadá possuem ocorrência de veios e diques, os quais apresentam variações quanto a arranjos, espessuras e texturas, aspectos que condicionam diferentes feições geomorfológicas nesses relevos. Na área, notou-se três formatos de arranjo: irregular, preferencial vertical/subvertical e preferencial horizontal/sub-horizontal (Figura 4).

Figura 4 – Feições de relevo associada a diferentes padrões de orientação dos veios. A – Veios irregulares sem direção preferencial; B – Veios verticalizados. C – Veios horizontais e paralelos.

Fonte: acervo da autora.



O arranjo irregular se dá quando não possuem direção preferencial e formam um padrão reticulado, em que os veios se intersectam. Nesse padrão, feições como bacias de dissolução se desenvolvem nos setores entre os veios, porém sem evoluírem para caneluras. O cruzamento dos veios também propicia, por vezes, desprendimento de pequenos blocos rochosos (Figura 4A).

Quando os veios e diques assumem direções preferenciais, um arranjo possível é o vertical/subvertical. Nesses casos, a presença do veio predispõe a formação de bacias de dissolução e caneluras, que se desenvolvem em sentidos semelhantes ao das intrusões, conforme o caminho do fluxo da água (Figura 4B).

Os veios e diques também podem possuir arranjo horizontal/sub-horizontal, dispendo-se paralelamente, com pouca intersecção. Esse padrão dificulta formação de feições de dissolução, uma vez que formam “camadas” resistentes à infiltração da água, constituindo também um obstáculo a processos de desagregação mecânica como esfoliação, pois não favorece o fraturamento e desprendimento de blocos paralelo à superfície (Figura 4C).

Outro elemento que promove controle estrutural de feições nos inselbergues é a espessura dos veios e diques, repercutindo nos seguintes tipos de controle: (i) ausente (ii) condicionamento de microformas em afloramento e (iii) sustentação de relevos positivos.

A ocorrência de veios finos (até 5 cm) é comum nas escarpas dos inselbergues. Muitas vezes, *tafoni* e colapso de blocos se superpõem aos veios, indicando que as espessuras mais finas dos veios não são suficientes para garantir um controle estrutural (Figura 5).

Figura 5 – Feições de dissolução superimpostas a veios finos na escarpa do inselbergue.



Fonte: acervo da autora.

Por outro lado, em veios com espessuras de 6 cm a 50 cm, o controle de feições pode ocorrer em três casos. No primeiro caso, a descontinuidade estrutural gerada pela intrusão do veio ou dique pode favorecer o fraturamento no contato veio/rocha, feição comum em veios de espessuras até próximos (Figura 6A). Já no segundo caso, veios e diques constituem barreiras ao desenvolvimento de feições de dissolução na interface veio/rocha (Figura 6B).

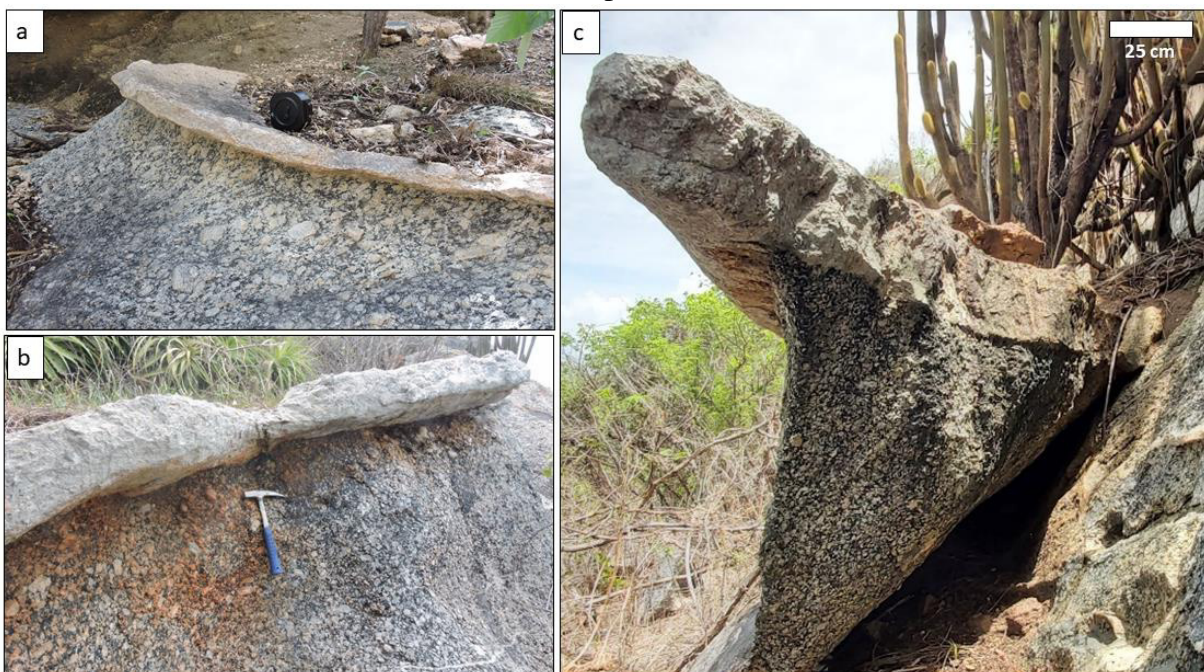
Figura 6 – Feições associadas à interface entre veio e rocha hospedeira. A – Fraturamento no contato veio/rocha em bloco granítico; B – Veios centimétricos atuando como obstáculos ao desenvolvimento de feições de dissolução (alvéolos) na rocha hospedeira.



Fonte: acervo da autora.

No terceiro caso, há um contraste de sobressalto entre o veio/dique e a rocha hospedeira, em que o intemperismo diferencial é evidenciado pelo desgaste da última, evidenciando a resistência das intrusões de variadas espessuras (Figura 7).

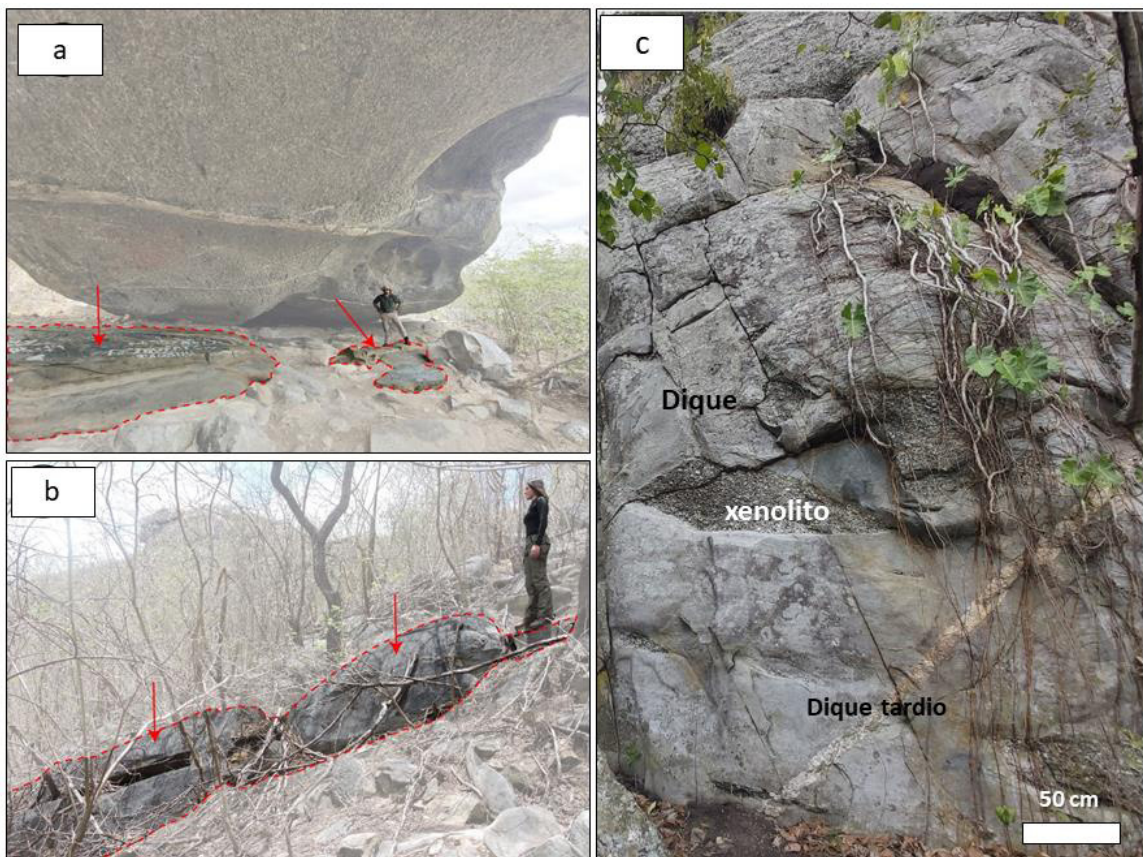
Figura 7 – Diques de diferentes espessuras em sobressalto nos afloramentos, evidenciando o intemperismo diferencial. A – Dique de 6 cm; B – Dique de 16 cm; C – Dique de 28 cm de espessura.



Fonte: acervo da autora.

Os diques de espessura métrica podem ocorrer na forma de blocos colapsados, alternados com setores do dique *in situ*, estendendo-se por diversos metros de comprimentos. Outros diques podem chegar a 5 metros de espessura e abrigar xenólitos da rocha hospedeira e veios tardios (Figura 8).

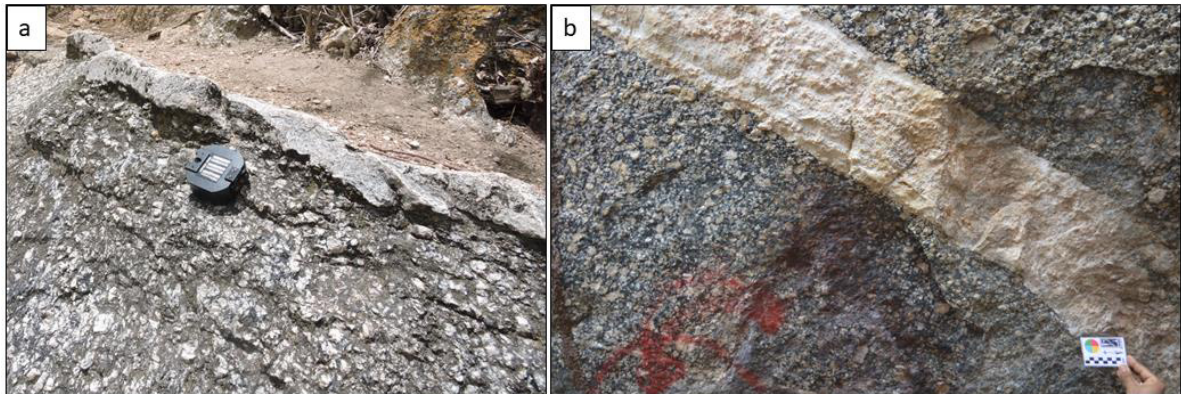
Figura 8 – Diques de tamanho métrico ao longo da trilha do inselbergue Pedra da Galinha Choca. A – Dique *in situ* em afloramento; B – Fragmentos do dique em blocos métricos; C – Dique de aproximadamente 5 m de espessura com xenólito da rocha encaixante incluso e intrusão de dique tardio.



Fonte: acervo da autora.

Os veios e diques apresentados até aqui podem ser discriminados macroscopicamente pela textura em dois tipos: aplitos, que possuem granulação fina (Figura 9A) e pegmatitos, de granulação grossa, caracterizados por englobarem megacristais da rocha hospedeira (Figura 9B). A textura não foi identificada como um fator controle feições; apesar disso, apenas diques apliticos métricos foram visto, ao passo que pegmatitos variam em espessuras centimétricas.

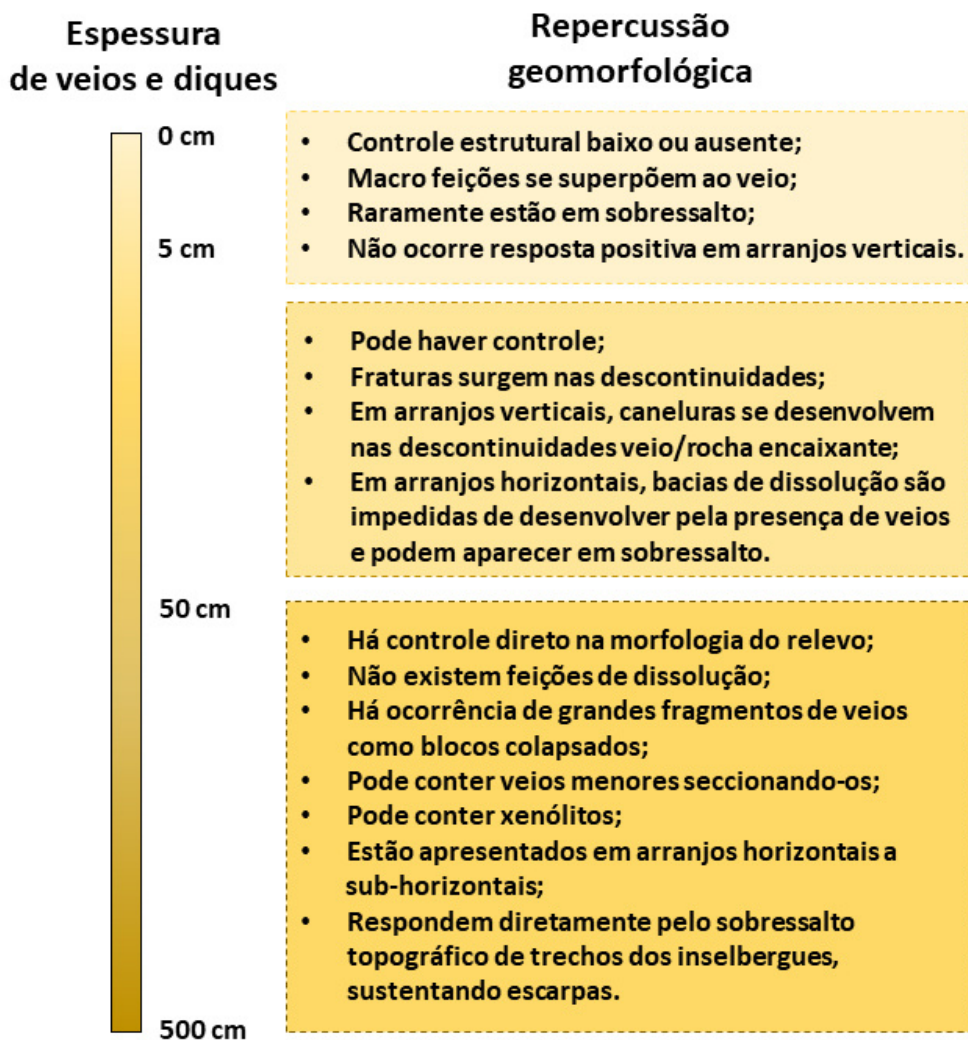
Figura 9 – Diques de texturas e espessuras diferentes. A – Dique aplítico de 7 cm;
B – Dique pegmatítico de aproximadamente 40 cm.



Fonte: acervo da autora.

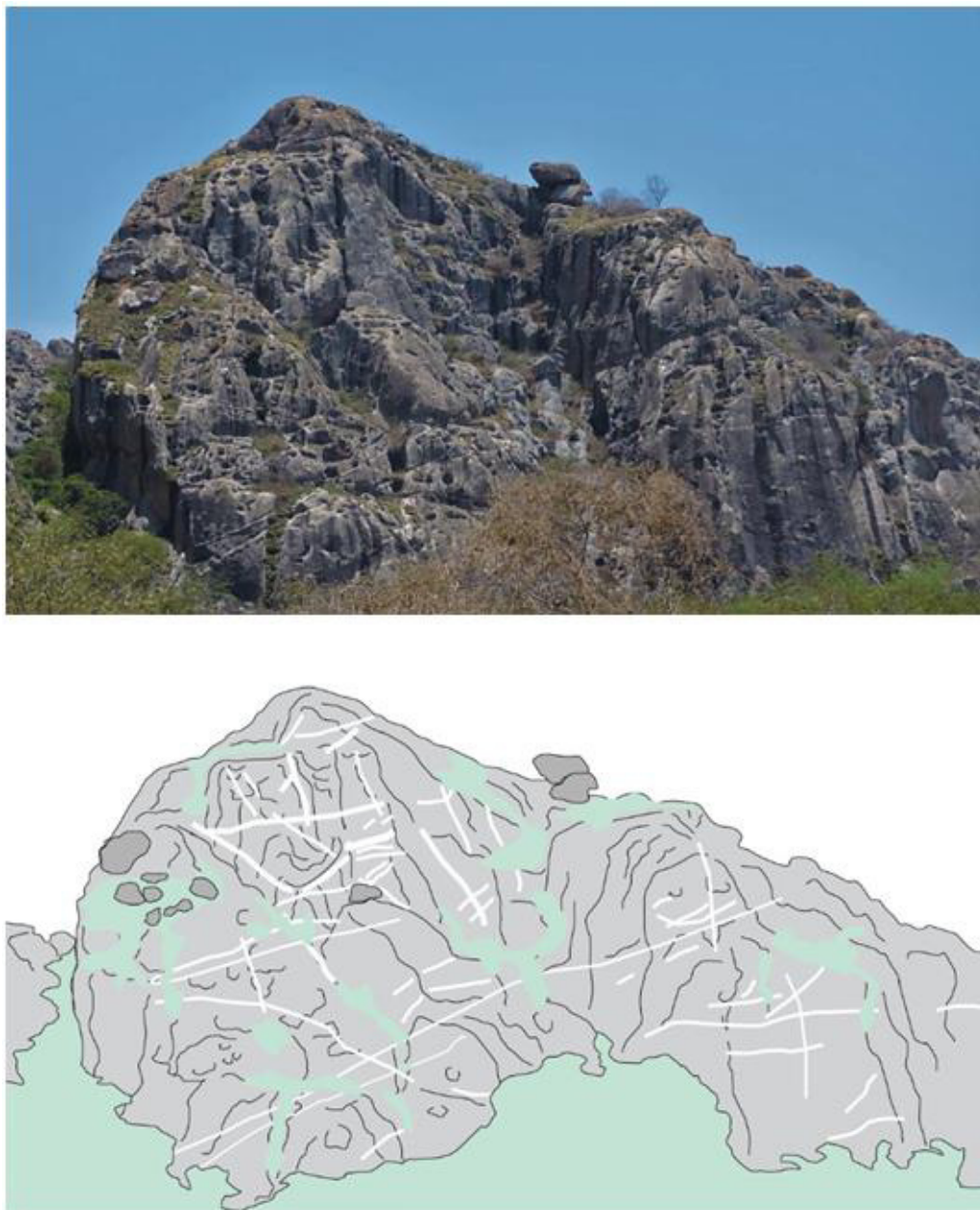
Considerando todos os fatores apontados, o esquema a seguir (Figura 10) indica as principais repercussões geomorfológicas geradas por diferenças nos aspectos como espessuras e arranjos dos veios e diques que ocorrem nos inselbergues do Plúton Quixadá, demonstrando um controle estrutural dessas intrusões na morfologia granítica.

Figura 10 – Aspectos dos veios e diques e suas principais repercussões geomorfológicas.



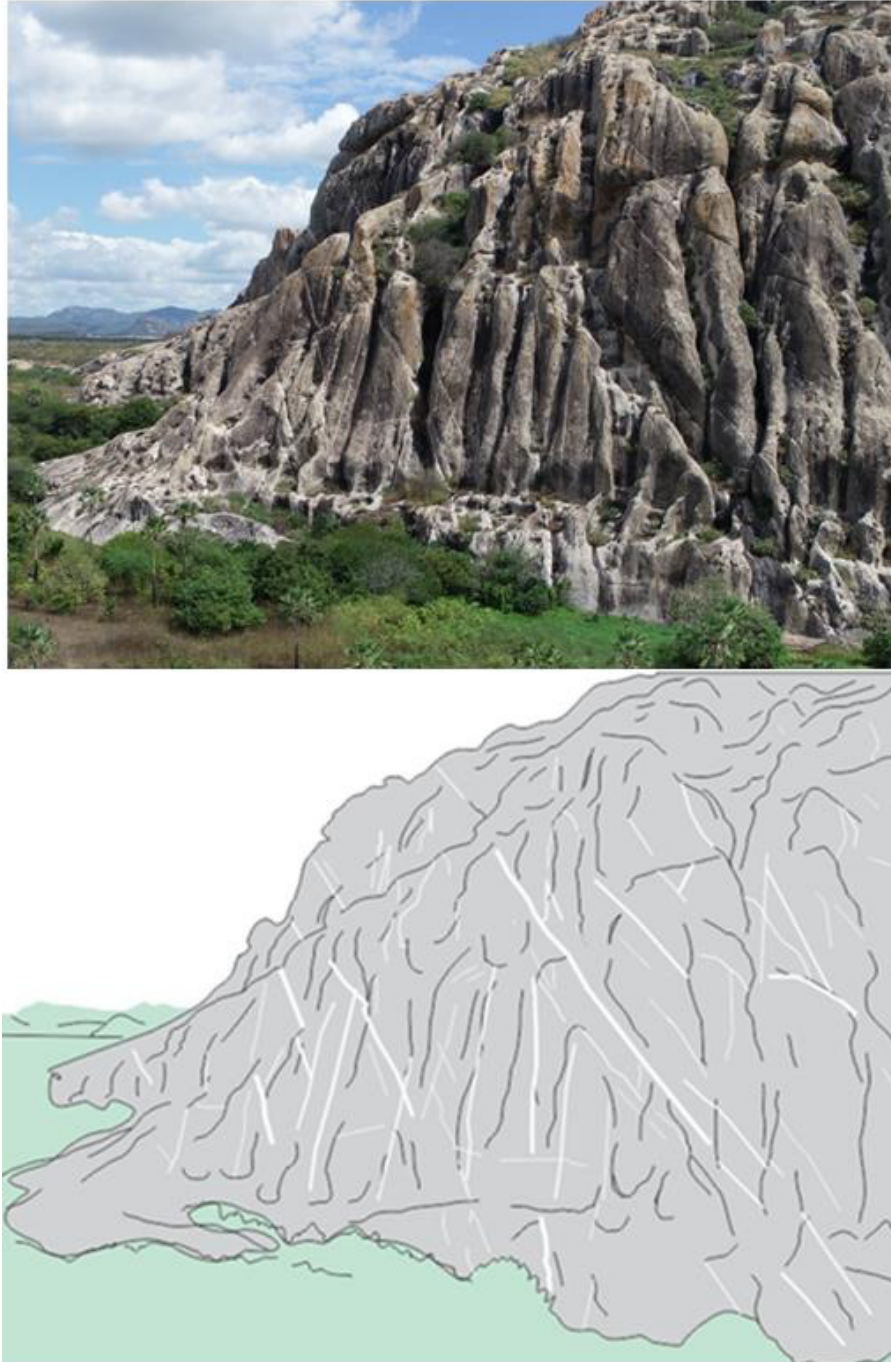
Nota-se que a combinação entre arranjos e espessuras de veios são elementos que, em primeiro momento, influenciam a morfologia dos inselbergues do Plúton Quixadá, podendo ser sintetizadas de modo geral em três principais casos. No primeiro caso, inselbergues com veios sem direção preferencial, formando padrão reticulado, de espessuras centimétricas propiciando a formação de bacias de dissolução e feições como colapso de blocos em locais de descontinuidades entre veio/rocha. Esses relevos tendem a ficar mais rebaixados, em comparação com os demais (Figura 11).

Figura 11 – Modelo de veios sem direção preferencial e desenvolvimento de feições como *weathering pits*.



A segunda ocorrência corresponde a inselbergues com veios de direções preferencialmente verticais/ subverticais de espessuras centimétricas que se intersectam em alguns setores e propiciam feições de dissolução como caneluras, desenvolvidas pela ação do escoamento superficial, que encontra caminhos favorecido pelos veios (Figura 12).

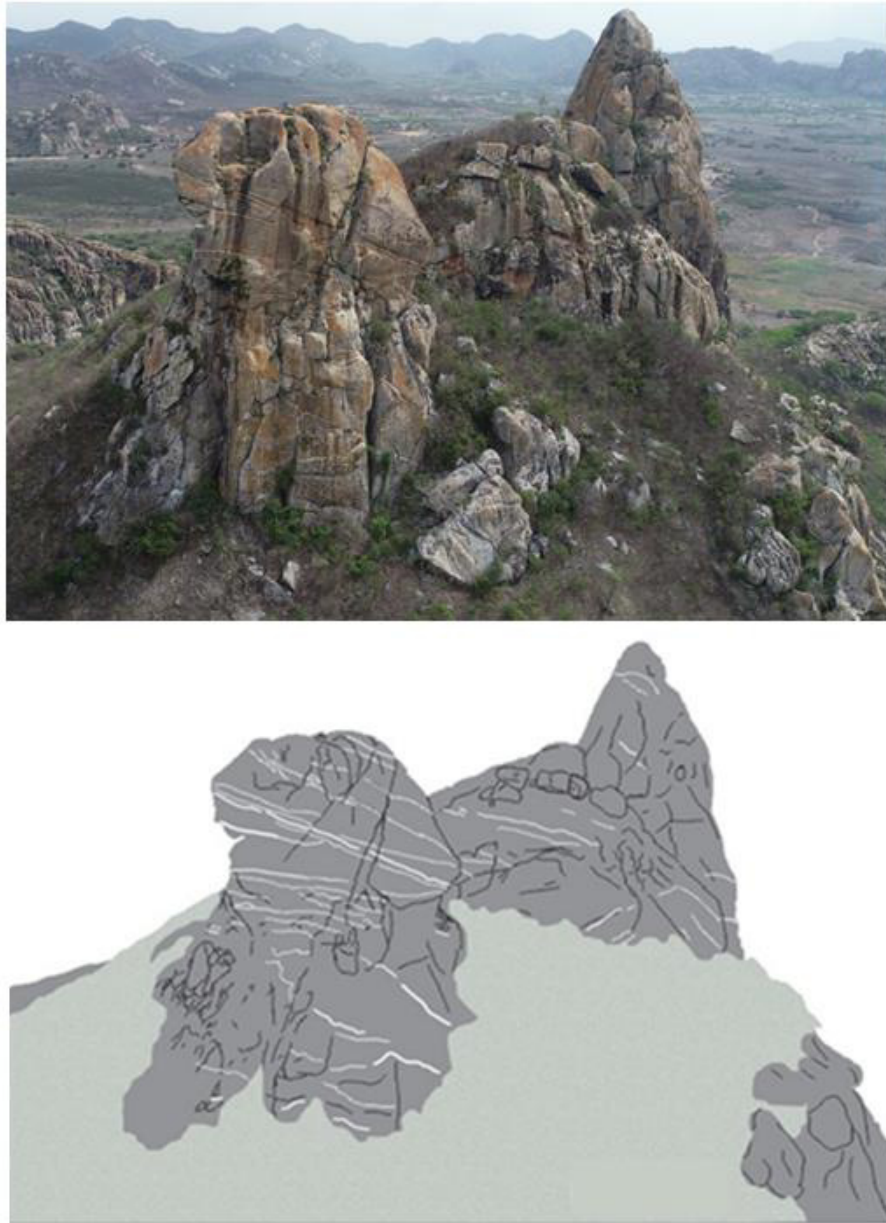
Figura 12 – Modelo de veios subverticais e desenvolvimento de caneluras.



Por fim, o terceiro caso compreende inselbergues com veios horizontais/ sub-horizontais dispostos paralelamente e com pouca intersecção. Nesses casos, ocorrem veios de espessuras centimétricas (6 cm a 50 cm), e diques de poucos metros de espessura (chegando a

5m). Esses veios centimétricos encontram-se, muitas vezes, em sobressalto, evidenciando a ação do intemperismo diferencial. Os diques ocorrem como blocos colapsados de dimensões métricas e na escarpa, onde é notório que promovem a sustentação de parte do inselbergue. Um exemplo desse tipo de inselbergue é a Pedra da Galinha Choca, um dos relevos de maior destaque no Plúton Quixadá, e que será analisado a seguir (Figura 13).

Figura 13 - Modelo com veios sub-horizontais na crista do inselbergue Pedra da Galinha Choca.



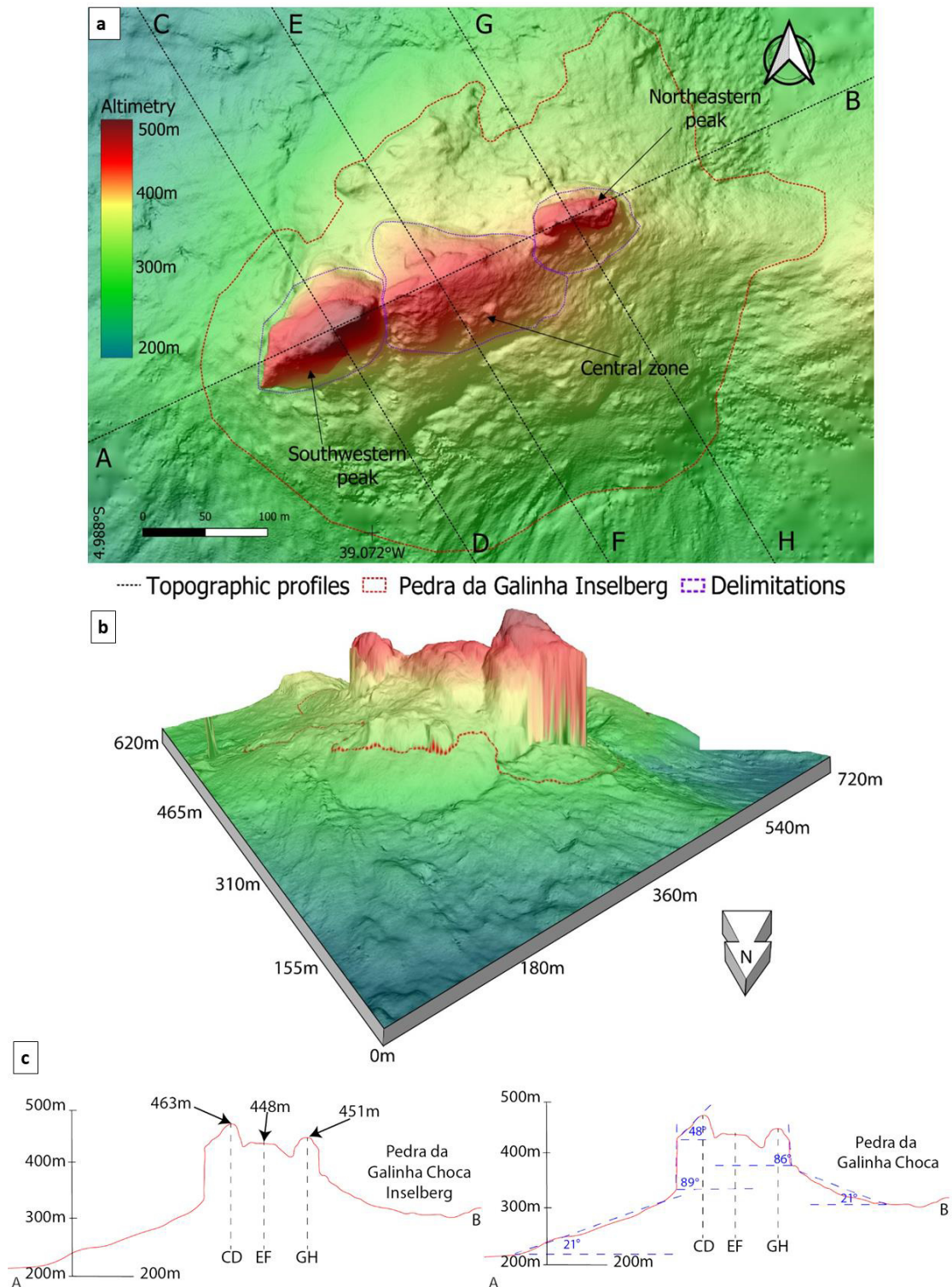
4.1.1 Inselbergue Pedra da Galinha Choca

O inselbergue Pedra da Galinha Choca (PGC) é um exemplo do terceiro caso de inselbergue com veios, conforme supracitado. Possui 450 m de altitude, constituindo um dos

relevos mais elevados do Plúton Quixadá, considerando que a cota média dos demais inselbergues varia entre 200 m e 250 m.

No modelo digital de elevação, é possível observar que a PGC possui duas cristas de altimetria semelhante, uma voltada a NE e outra a SW, separadas por uma parte central levemente mais rebaixada. A orientação NE-SW da PGC coincide com o *trend* regional dos relevos dentro e fora do plúton. O perfil topográfico da PGC e os dados de inclinação permitem visualizar o ângulo abrupto das cristas (próximos a 90°); por outro lado, nas adjacências da crista à NE (trecho da trilha do inselbergue), a inclinação da encosta é mais suave (21°) (Figura 12).

Figura 12 – Pedra da Galinha Choca. A – Modelo digital de elevação; B – Visão oblíqua 3D; C – Perfis topográficos com dados de altimetria e inclinação das encostas.

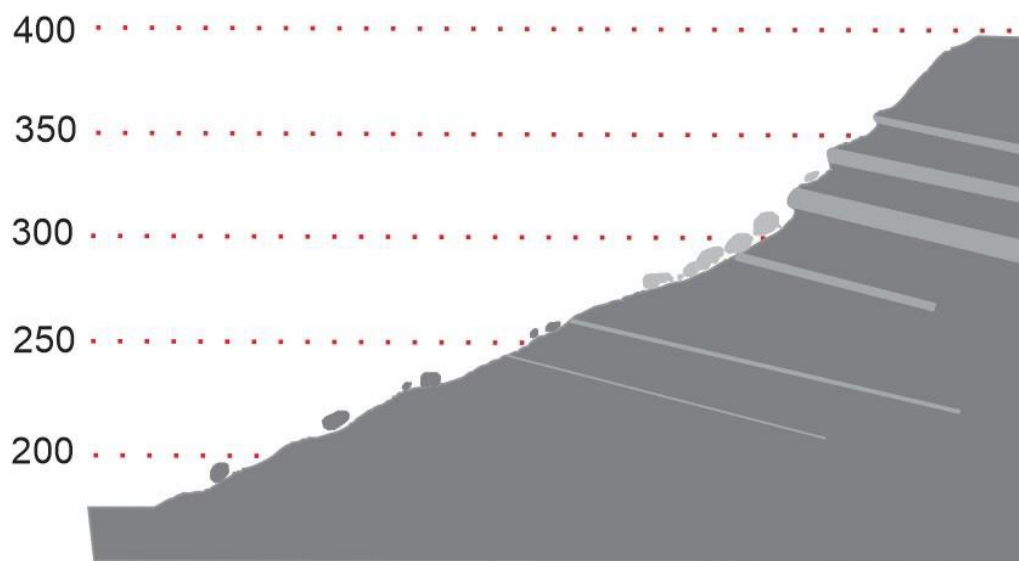


Os veios e diques que ocorrem na PGC possuem direção horizontal/ sub-horizontal, aspecto evidenciado pelos mergulhos suaves que variam de 8° a 34° , conforme dados de alguns

veios mensurados em campo. Desse modo, essas intrusões dispõem-se paralelamente, formando, muitas vezes, “camadas” quando vários veios ocorrem em um mesmo setor.

As espessuras dos veios e diques medidos ao longo da trilha do inselbergue variam de 6 cm a aproximadamente 5 m. Veios de espessura centimétrica (não mensurados) são observados na crista do inselbergue. Em relação à textura, há maior ocorrência de aplitos do que pegmatitos na PGC, os primeiros sendo mais comumente observados e sustentando diques de maior espessura (Figura 13).

Figura 13 – Perfil dos veios ao longo da trilha do inselbergue de acordo com sua cota (valores da coluna esquerda). Foi ilustrada a tendência paralela dos veios, bem como as variações de espessura e a ocorrência de blocos colapsados derivados dos diques.



A morfologia da PGC é influenciada pela presença de veios e diques, observando-se, nos setores mais próximos à crista, processos de fraturamento e desagregação mecânica, que geram fragmentos rochosos evidentes na ampla rampa de tálus, onde blocos colapsados de tamanhos variados se estendem desde a base da escarpa até próximo às cristas (Figura 14). Em uma delas nota-se um *tafone*, no qual se formaram *honeycombs* em seu interior (Figura 14B); acima, houve desenvolvimento de pequenas *weathering pits*. A presença de veios contornando a forma do tafone sugere um que parte da crista colapsou na descontinuidade veio/rocha (Figura 14A).

Figura 14 – Feições de relevo na PGC. A – *Weathering pits* na parte superior da crista e veio horizontal controlando formação do tafone; B – *Honeycombs* dentro do tafone.



Fonte: acervo da autora.

5 DISCUSSÃO

No nordeste setentrional brasileiro, a atividade magmática pré-cambriana responde pelos grandes corpos graníticos que sustentam os diferentes tipos de inselbergues (MAIA; NASCIMENTO, 2018). Por meio do intemperismo diferencial, esses relevos foram exumados à superfície, sendo classicamente interpretados a partir da densidade de fraturamento à luz da etchplanação e do aplainamento por mudanças climáticas (MAIA *et al.*, 2015; MAIA *et al.*, 2018; CASTRO, 2018).

Considerando os padrões morfológicos, Maia *et al.* (2015) classificou os inselbergues em três tipos (dissolução, fraturamento e maciços), relacionando as variações composicionais e texturais ao desenvolvimento de feições e ao aspecto geral dos relevos analisados (TORQUATO *et al.*, 1989; MAIA *et al.*, 2015). Apesar de variações sutis na faciologia favorecerem a formação de diversos tipos de feições nos inselbergues, respondendo pela diferente repercussão geomorfológica, o presente trabalho observou que aspectos da morfologia dos inselbergues no Plúton Quixadá também são influenciados por controles estruturais associados à ocorrência de veios e diques.

A respeito da composição de veios e diques, dados geoquímicos da fácies félsica indicam altos teores de sílica (SiO_2) (média de 71,36% – peso em porcentagem) e escasso teor de elementos como Fe_2O_3 , FeO e MgO (médias abaixo de 1% – peso em porcentagem) e porcentagem média (minerais normativos) de 27% para quartzo, consideravelmente maior que a média do mesmo mineral para a suíte monzonítica (6,7%) – correspondente à rocha hospedeira dessas intrusões (SILVA, 1989; ALMEIDA, 1995; ALMEIDA; ULBRICH; McREATH, 1999)

Corroborando esses dados, foram identificados veios e diques em sobressalto no relevo, evidenciando o contraste da composição silicosa dos diques com a rocha hospedeira previamente desgastada, que possui matriz máfica (Figura 7). Diante disso, observa-se a influência do aspecto composicional em promover setores mais resistentes ao intemperismo químico nos veios e diques, favorecendo a manutenção de uma topografia mais destacada, coincidindo com o que fora apontado previamente (MIGÓN; MAIA, 2020). Estudos sobre os efeitos do *micro-weathering* pós-glacial concluíram que os veios aplíticos, pegmatíticos e de quartzo que cortam o Granito Rombak possuem baixas taxas de erosão, permanecendo em ênfase no relevo, ao passo que veios e setores do embasamento rico em biotita apresentaram superfície rugosa (*pitted surface*) devido ao intemperismo diferencial dos minerais, favorecendo a formação de feições de dissolução (ANDRÉ, 2002).

Além da composição, veios e diques exercem controle estrutural em função da espessura. No caso de veios menores que 5 cm, a ausência de controle estrutural se deve ao fato de que veios finos podem sofrer ruptura em resultado ao intemperismo que consome a rocha encaixante (ANDRÉ, 2002). Assim, dado o pequeno porte desses veios, não conseguem manter-se em sobressalto, nem exercer controle de feições.

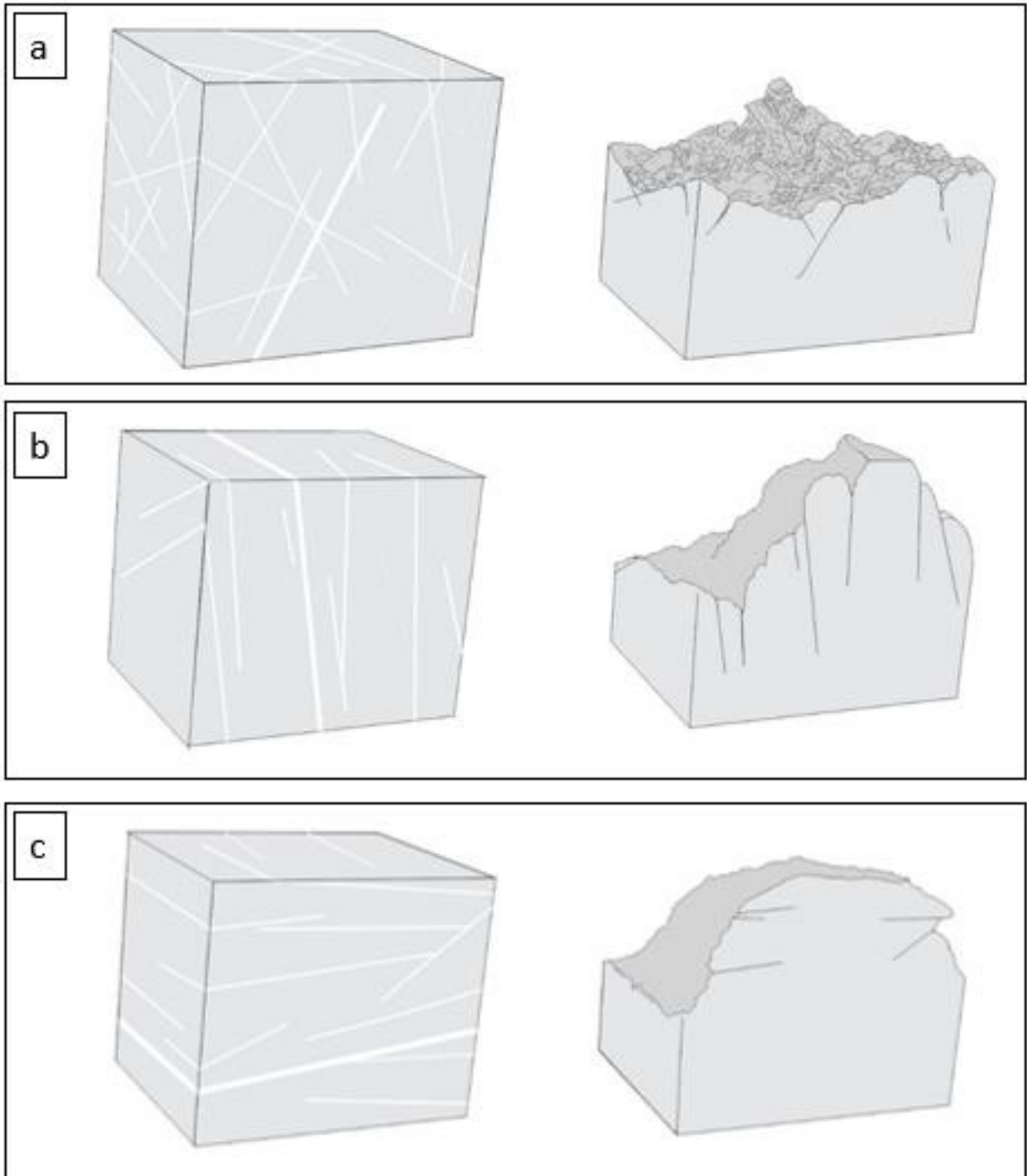
Em veios e diques com até 50 cm de espessura, uma das respostas possíveis de controle estrutural é o fraturamento. A descontinuidade na interface veio/rocha é um defeito em escala macroscópica que indica as zonas de fraquezas das rochas, tornando-se pontos de partida para o intemperismo, visto que afeta a resistência da rocha (GILL, 2014; SHANG, 2020).

O sobressalto é outra resposta geomorfológica possível nos veios até 50 cm, visto que o alargamento do veio/dique pode favorecer sua ênfase (CLEMENT; LANDRY; YERGEAU, 1976). A proeminência dos veios também sofre influência da inclinação da superfície rochosa, uma vez que condição de interação da água/rocha é favorecida em encostas com ângulos mais suaves. Esse aspecto foi observado no inselbergue Pedra da Galinha Choca, pois o setor adjacente à crista NE possui veios e diques em sobressalto devido à baixa de inclinação da encosta (Figura 11C), que promove desgaste químico da rocha hospedeira e permite a ênfase das intrusões. Em contraponto, os veios não estão em sobressalto na crista, pois a inclinação abrupta da escarpa dificulta a infiltração de água ao longo das descontinuidades estruturais e favorece o escoamento superficial (CLEMENT; LANDRY; YERGEAU, 1976).

Além da composição e da espessura, o arranjo que veios e diques assumem é um elemento-chave no controle da morfologia dos inselbergues. Considerando isso, três principais tipos de morfologias podem resultar da interação entre todos os aspectos mencionados (Figura 15).

No primeiro tipo de inselbergue analisado (Figura 15A), os veios e diques formam padrões irregulares. A ocorrência de um sistema de veios reticulados, sem direção preferencial, promove desagregação rochosa especialmente nos setores em que as intrusões se intersectam (SHANG, 2020). As redes de veios irregulares associadas a finas e médias espessuras favorecem a formação de pontos de descontinuidades aproveitados pelo intemperismo e que modelam feições como *weathering pits*. O aspecto geral da morfologia desse tipo de inselbergue é um padrão não dômico, marcado por microformas negativas pontuais, originadas por processos de dissolução e desprendimento de blocos.

Figura 15 – Modelo teórico representativo do controle estrutural de arranjo de veios e diques na morfologia três tipos de inselbergues. A – Inselbergue com veios sem direção preferencial; B – Inselbergue com veios verticalizados; C – Inselbergue com veios e diques horizontais e subparalelos.



Desenho: Rúbson Pinheiro Maia.

No caso de inselbergues com veios e diques de direção preferencial vertical/sub-vertical (Figura 15B), a alta inclinação dessas intrusões e as discontinuidades entre veio/rocha favorecem o intemperismo químico, visto que a água percola ao longo dessas zonas de contato. Assim, o principal padrão geomorfológico resultante é de um inselbergue marcado por caneluras, as quais seguem a orientação dos veios.

Por fim, veios e diques de arranjo horizontal/ sub-horizontal (Figura 15C) estão dispostos perpendiculares à precipitação da água, desfavorecendo a formação de pontos de partida para o intemperismo. Ademais, a disposição paralela dessas estruturas forma barreiras de resistência à formação de *sheeting joints* nos processos de esfoliação superficiais. Somado a isso, a presença de diques de espessura métrica consolida massas rochosas, não permitindo sua desintegração; a partir disso, conseguem sustentar porções mais elevadas dos inselbergues. A combinação desses elementos é representada em delineados geométricos de inselbergues, em que fraturamentos e blocos colapsados são promovidos por descontinuidades em veios de espessuras centimétricas e setores elevados, promovidos por diques métricos.

Dessa forma, os dados apresentados e discutidos nesse trabalho mostram que composição, espessura e arranjo dos veios e diques são fatores que afetam as rochas hospedeiras, fornecendo um condicionamento litoestrutural tanto no desenvolvimento de feições, identificadas em escala de afloramento, quanto no aspecto geral dos inselbergues. Assim, essas estruturas foram aproveitadas pelo intemperismo diferencial, fazendo com que numa mesma unidade litológica existam respostas geomorfológicas tão variadas.

6 CONCLUSÃO

A influência de veios e diques no controle estrutural em inselbergues foi analisada pelo presente trabalho, que teve como objetos de estudo os relevos graníticos localizados no Plúton Quixadá, permitindo as conclusões a seguir.

Verificou-se uma coincidência entre a variação de espessuras e arranjos dos veios e diques e diferentes respostas geomorfológicas nos inselbergues. A respeito da espessura, nota-se que veios centimétricos apresentam controle baixo ou ausente nas feições, que muitas vezes sobrepõem-se a essas estruturas. Diques mais espessos, por outro lado, podem controlar feições de fraturamento e dissolução, aparecer como promônias na rocha ou sustentar de porções mais elevadas no relevo.

Esses controles foram percebidos sobretudo nas zonas de descontinuidades veio/rocha e são evidentes também arranjos assumidos pelas intrusões. Quando há ausência de direção preferencial dos veios, a formação de bacias de dissolução e colapso de blocos nas zonas de contato é propiciada. Já veios com direção preferencial vertical permitem que caneluras se desenvolvam conforme a inclinação dessas estruturas. Por fim, arranjos horizontalizados de veios e diques formam ‘camadas’ que dificultam a formação de feições de dissolução e fornecem resistência ao deslocamento e à esfoliação.

Em diálogo com trabalhos prévios também fora observada a influência da composição silicosa dos veios e diques em contraste com a matriz máfica da rocha hospedeira, a qual é facilmente desgastada, evidenciando a maior resistência dessas intrusões em face de processos erosivos.

Desse modo, os dados encontrados por esse trabalho demonstram que veios e diques são elementos importantes na estruturação de relevos graníticos, uma vez que são condicionantes do intemperismo diferencial, do qual resultam as diferentes morfologias dos inselbergues.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. R. **Petrologia e aspectos tectônicos do complexo granítico Quixadá-Quixeramobim, CE.** 1995. 279 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- ALMEIDA, A. F.; ULBRICH, H. H.; McREATH, I. Batólito de Quixadá - Petrologia e Geoquímica. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. 29-52, 1999.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2013.
- ANDRÉ, M. –F. Rates of postglacial rock weathering on glacially scoured outcrops: (Abisko-riksgränsen area, 68°N). **Geografiska Annaler**, Clermont-Ferrand, v. 84, n. 3-4, p. 139-150, jan. 2002.
- ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, J. R. C; WANDERLLEY, A. A.; FORGIANRINI, L. L.; MEDEIROS, M. de F. Folha Jaguaribe SB-24. *In*: 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. de. (eds.) **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004a. CD-ROM.
- ANGELIM, L.A.A.; CAMOZZATO, E.; WANDERLLEY, A. A. Folha Natal SB-25. *In*: 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. de. (eds.) **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004b. CD-ROM.
- ARTHAUD, M. H. **Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira.** 2007. 170 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Brasília, 2007.
- BARBOSA, A. B. S. **Condicionamento do relevo ao longo de zonas de falha com bandas de deformação na Bacia Sedimentar Rio do Peixe, Brasil.** 2020. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- BEGBIE, M. J.; CRAW, D. Geometry and petrography of stockwork vein swarms, Macraes mine, Otago Schist, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**, [S.L.], v. 49, n. 1, p. 63-73, mar. 2006.
- BLAKE, D. H. The Net-Veined Complex of the Austurhorn Intrusion, Southeastern Iceland. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 74, n. 6, p. 891-907, nov. 1966.
- BRATZDRUM, C.; GRAPES, R.; GIERÉ, R. Late-stage hydrothermal alteration and heteromorphism of calc-alkaline lamprophyre dykes in Late Jurassic Granite, Southeast China. **Lithos**, Freiburg, v. 113, n. 3-4, p. 820-830, jul. 2009.

BRISBIN, W. C. Mechanics of pegmatite intrusion. **American Mineralogist**, Winnipeg, v. 71, n. 3-4, p. 644-651, abr. 1986.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema province, northeastern Brazil. In: CORDANI, U. G. *et al.* **Tectonic evolution of South America** [S.l.: s.n.], 2000.

CASTRO, H. S. **Controle litoestrutural nos relevos saprolíticos sobre o Batólito de Quixadá e entorno - CE**. 2018. 96 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

CLEMENT, B.; LANDRY, B.; YERGEAU, M. Dechaussement postglaciaire de filons de quartz dans les Appalaches Québécoises: (région desherbrooke, canada). **Geografiska Annaler**, v. 58, n. 1-2, p. 111-114, janv. 1976. Publicado por: Taylor & Francis, [s. l]. Disponível em: www.jstor.org/stable/520747. Acesso em: 11 nov. 2020.

COSTA, L. R. F; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. Geomorfologia do nordeste setentrional brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 185-208, jan./mar. 2020

DAHL, Ragnar. Post-glacial micro-weathering of bedrock Surfaces in the Narvik District of Norway. **Geografiska Annaler**, v. 49, n. 2-4, p. 155-166, jan. 1967. Publicado por: Taylor & Francis, [s. l]. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/520884>. Acesso em: 11 nov. 2020.

EGGLETON, R. A. Mineralogy maketh mountains: Granitic landscapes shaped by dissolution. **Geomorphology**, Australia, v. 285, p. 363-373, 15 may 2017.

FUNCEME - Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos. Calendários de chuvas no estado Ceará. Disponível em: <http://www5.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/anual>. Acesso em: 15 ago. 2020.

FOSSEN, H. Juntas e veios. In: FOSSEN, H. **Geologia Estrutural**. Tradução: Fábio R. D de Andrade. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. Cap.8, p. 201-229.

GILL, R. **Rochas e processos ígneos: um guia prático**. Tradução: Félix J. Nonnenmacher. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 469 p.

GUDMUNDSSON, A. Fracture dimensions, displacements and fluid transport. **Journal of Structural Geology**, Bergen, v. 22, n. 9, p. 1221-1231, sept. 2000.

JERRAM, D.; PETFORD, N. **Descrição de rochas ígneas**. Tradução: Ana Maria Pimentel. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 264 p.

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. do; BEZERA, F. H. R.; CASTRO, H. S. de; MEIRELES, A. J de A.; ROTHIS, L. M. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 240-253, abr. 2015.

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 373-389, ago./jan. 2018.

MAIA, R. P.; BASTOS, F. H.; NASCIMENTO, M. A. L.; LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. M. N. **Paisagens Graníticas do Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2018. 102 p.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014.

MIGÓN, P. Structural control in the evolution of granite landscape. **Acta Universitatis Carolinae**, Prague, v. 39, n. 1, p. 19-32, jan. 2004.

MIGÓN, P. **Granite Landscapes of the world**. New York: Oxford University Press, 2006a. 384 p.

MIGÓN, P. Bornhardt. *In*: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006b, p.92-93.

MIGÓN, P. Granite geomorphology. *In*: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006c, p.490-493.

MIGÓN, P. Inselberg. *In*: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006d, p.564-566

MIGÓN, P.; MAIA, R. P. Pedra da Boca, Pai Mateus, and Quixadá—Three Possible Key Geoheritage Sites in Northeast Brazil. **Geoheritage**. v. 12, n. 51, 2020.

MILLOT, G. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenetic processes. *In*: INTERNATIONAL SEMINAR ON LATERITISATION PROCESSES, 2., 1982, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: IUGS; UNESCO; IGCP; IAGC, 1983. Organização e edição de A. J. Melfi e A. Carvalho p.53-63.

MOORE, J. M. A mechanical interpretation of the vein and dyke systems of the S.W. England Orefield. **Minerallium Deposita**, Berlim, v. 10, n. 1, p. 374-388, oct. 1975.

MOROGAN, V.; SORENSEN, H. Net-veined complexes in the Oslo Rift, southeast Norway. **Lithos**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 21-45, sept. 1994.

MUNIZ, L. F. Classificação climática para o estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22. 2017, Florianópolis. Artigo [...]. Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-8.

NIELSEN, T. F. D. The tertiary dike swarms of the Kangerdlugssuaq Area, East Greenland. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, Berlim, v. 67, n. 1, p. 63-78, Aug. 1978.

NOGUEIRA, J. F. **Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu - Ceará Central**. 2004. 140 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

PINÉO, T. R. G.; PALHETA, E. S. M.; COSTA, F. G.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; GOMES, F. E. M. G.; BESSA, M. D. M. R.; LIMA, A. F.; HOLANDA, J. L. R.; FREIRE, D. P. C. **Mapa Geológico do estado do Ceará**. 2020. CPRM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>. Acesso em: 10 out. 2020.

POZA, A. I. M. **Tectonics of dyke swarms: insights from case studies and analogue modelling**. 2015. 230 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Curso de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2015. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/record/165957?ln=ca>. Acesso em: 20 dec. 2020.

ODEN, M. I. The Pegmatite Veins of Western Oban Massif: Tectonic and Lithological Controls on Physical Properties. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 381-389, apr. 2012.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. *In*: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Coord.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1985, p. 123-160.

SGARBI, P. B. A. Rochas ígneas. *In*: SGARBI, G. N. C. (org.). **Petrografia macroscópica das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012. Cap. 3, p. 182-291.

SHANG, J. Rupture of Veined Granite in Polyaxial Compression: insights from three dimensional discrete element method modeling. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, [S.I.], v. 125, n. 2, p. 1-25, feb. 2020.

SILVA, H. F. Alguns aspectos petrográficos e geoquímicos do Batólito de Quixadá. **Revista brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 19, ed. 1, p. 101-107, mar. 1989.

THOMAS, M. F. Sources of geomorphological diversity in the tropics. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.12, n.3, p.47-60, 2011.

RODRIGUES, W. F.; MAIA, R. P.; GOMES, D. D. M. Condicionamento morfoestrutural do inselberg Pedra da Andorinha, sertão norte do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 861-876, out./dez. 2019.

STURT B. A, THON A., FURNS H. **The Karmøy ophiolite, southwest Norway**. *Geology*, [S. L.] v. 7, n.6, p.316-320, 1979.

TORQUATO, J. R. F. (Coord); ALMEIDA, A. R; SIDRIM, A. C. G; MARANHÃO, C. M. L; PARENTE, C. V; TORQUATO, J. R. F; NETO, A. N; FILHO, J.F.A; SOUZA, J. V; SOUZA, M.J.N; ARTHAUD, M.H. Granitóides do Ceará: Região de Quixadá e Solonópole. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 2, n.1-2, jun./dez. 1989.

VASCONCELOS, A. M.; TORRES, P. F. M.; FORGIARINI, L.L.; MEDERISO, M. de F. Folha SA.24-Fortaleza. *In*: 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. de. (eds.) **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

VIDAL ROMANÍ, J. R.; TWIDALE, C. R. **Landforms and geology of granite terrains**. London: Taylor & Francis. 2005. 351p.

VITTE, A. C. Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 16, p. 11-24, 2001.

WELLS, K.; BISHOP, A. C. The origin of Aplites: with special reference to those in Jersey, Channel Islands. **Proceedings of the Geologists' Association**, London, v. 5, n. 2, p. 95-114, june. 1953.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, volume especial, n. 36, p. 126-142, 2014.