

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE DETALHE EM SETOR DA FAIXA
CRISTALINA ENTRE TEJUÇUOCA E ITAPAJÉ, CE
DETAILED GEOLOGICAL MAPPING IN A SECTOR OF THE
CRYSTALLINE BELT BETWEEN TEJUÇUOCA AND ITAPAJÉ, CE**

Pedro Henrique Fernandes

E-mail: pedrohfr098@gmail.com

Davi Henrick Veras Diógenes

E-mail: davihenrick@gmail.com

Roberto de Azevedo Ferreira Gomes

E-mail: betoafg2000@gmail.com

Francisco Flávio Rodrigues de Souza Junior

E-mail: jflavio623@gmail.com

Joana Cacia Silva Cartaxo

E-mail: joanasilvacartaxo@gmail.com

RESUMO

O conhecimento do arcabouço geológico de uma região representa uma fonte crucial de informações científicas, essenciais para a compreensão detalhada dos aspectos geológicos e geomorfológicos de uma área. Esse conhecimento também desempenha um papel fundamental na orientação e na tomada de decisões em diversos setores, tanto públicos quanto privados, impactando diretamente o planejamento e o desenvolvimento local. Nesse contexto, projetos de mapeamento geológico de detalhe têm o potencial de contribuir de forma significativa para o avanço da pesquisa científica e desenvolvimento sustentável de uma região. O objetivo deste estudo foi realizar um mapeamento geológico detalhado nos municípios de Tejuçuoca e Itapajé, localizados no estado do Ceará, em uma escala de 1:22.000. Para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos, o mapeamento foi fundamentado em uma abordagem integrada que envolveu técnicas, como geofísica, sensoriamento remoto, análises estruturais e extensivas atividades de campo. O estudo resultou na descrição litológica e cartográfica de uma área de extensão territorial de 110,10 km², onde foram identificadas 5 unidades geológicas, sendo elas: Depósitos Aluvionares, Unidades Intrusivas, Unidade Tamboril-Santa Quitéria, Formação Independência e Unidade Canindé do Ceará.

Palavras-chave: Santa Quitéria. Domínio Ceará Central. Complexo Ceará.

ABSTRACT

The knowledge of the geological framework of a region represents a crucial source of scientific information, essential for a detailed understanding of the geological and geomorphological aspects of an area. This knowledge also plays a fundamental role in guiding and supporting decision-making across various sectors, both public and private, directly impacting local planning and development. In this context, detailed geological mapping projects have the potential to significantly contribute to the advancement of scientific research and the sustainable development of a region. The objective of this study was to carry out a detailed geological mapping in the municipalities of Tejuçuoca and Itapajé, located in the state of Ceará, at a scale of 1:22,000. To ensure the accuracy and reliability of the results obtained, the mapping was based on an integrated approach that involved techniques such as geophysics, remote sensing, structural analysis, and extensive fieldwork. The study resulted in the lithological and cartographic description of an area with a territorial extension of 110.10 km², in which five geological units were identified: Alluvial Deposits, Intrusive Units, Tamboril-Santa Quitéria Unit, Independência Formation, and Canindé do Ceará Unit.

Keywords: Santa Quitéria. Central Ceará Domain. Ceará Complex.

1. INTRODUÇÃO

A análise e o mapeamento geológico de regiões formadas pelo embasamento metamórfico são processos complexos e de grande relevância, fundamentais para a interpretação da gênese e evolução não somente geológica, mas também geomorfológica de uma determinada área. Esse tipo de estudo permite uma compreensão detalhada dos processos tectônicos, magmáticos e metamórficos que moldaram as características do território ao longo do tempo. Além das tradicionais análises de campo, que envolvem observações diretas das rochas e estruturas geológicas, uma série de métodos auxiliares vêm sendo empregados para otimizar e enriquecer as interpretações. Entre esses métodos, destacam-se o sensoriamento remoto, a geofísica e a petrografia, que oferecem diferentes perspectivas e dados complementares, essenciais para a construção de um mapeamento mais preciso.

A combinação e integração de dados provenientes de diferentes fontes, como imagens de satélite, levantamentos geofísicos e análises petrográficas, possibilita a criação de um mapeamento geológico robusto e a geração de interpretações mais confiáveis sobre as características geológicas da região. As interpretações qualitativas e quantitativas de imagens de satélite, assim como de mapas magnetométricos e gamaespectrométricos, têm se mostrado extremamente úteis na melhoria e refinamento de modelos geológico-estruturais de cinturões orogênicos no Brasil (Paixão, 2023). Um exemplo notável é a Província Borborema, localizada no Nordeste do país, sendo uma área chave para o estudo das colisões tectônicas e da evolução geológica regional (Oliveira e Medeiros, 2018; Melo et al., 2022; Neves et al., 2022).

Esses métodos geofísicos, quando combinados com análises estruturais realizadas em escalas meso e microscópicas, têm se mostrado essenciais para o estudo da complexidade das relações tectônicas na região, permitindo a definição mais precisa de limites de terrenos e o reconhecimento de unidades geológicas distintas (e.g., Medeiros et al., 2011; Oliveira et al., 2023; Santos et al., 2023b). A utilização integrada desses dados não só melhora a compreensão dos modelos geológicos regionais, mas também é crucial para atividades prospectivas em áreas com grande potencial mineral, como demonstrado por diversos estudos recentes (e.g., Pereira et al., 2019; Araújo Neto et al., 2023).

A área de estudo está localizada na porção norte da Província Borborema, mais especificamente no estado do Ceará, nos municípios de Tejuçuoca e Itapajé. A Província Borborema é uma região geológica importante, caracterizada como uma faixa de colagem neoproterozoica, composta por rochas altamente deformadas e metamorfizadas, sendo marcada por uma intensa tectônica compressiva. Além disso, a região é recortada por várias faixas móveis e intrusões graníticas, em um terreno de complexa evolução e compreensão de suas dinâmicas geológicas.

A área mapeada se encontra na porção sul da Serra da Uruburetama, nas proximidades da Serra das Vertentes, uma região notavelmente caracterizada por um elevado grau de deformação e uma topografia acidentada. Esses aspectos estão diretamente relacionados à evolução do arco magmático de Santa Quitéria, um elemento geológico de grande interesse para o estudo da tectônica regional. O estudo dessa porção da Província Borborema é de extrema importância para a compreensão da evolução tectônica e da história geológica de toda a província, visto que ela representa uma região com uma história geológica complexa e dinâmica, envolvendo múltiplos eventos tectônicos, magmáticos e metamórficos.

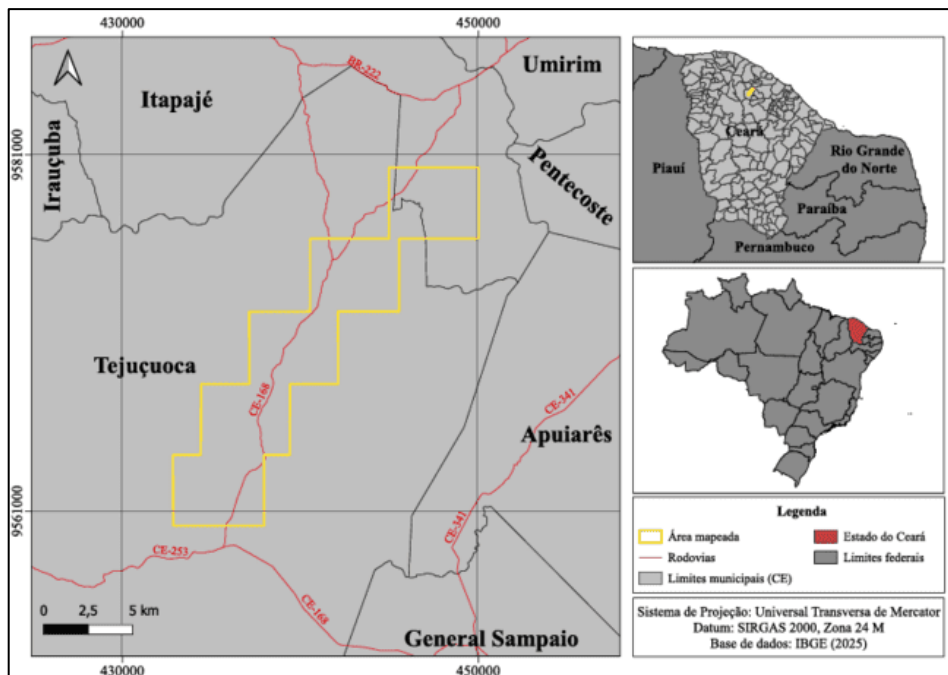
A interpretação detalhada dessas dinâmicas permite não somente aprimorar os modelos geológicos da região, mas também fornecer subsídios para futuras pesquisas e atividades geológicas na área. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar um mapeamento geológico de detalhem em uma área de 101,10 quilômetros quadrados, utilizando uma escala de 1:22.000. A compreensão detalhada da área de estudo, localizada na porção norte do município de Tejuçuoca, pode fornecer dados importantes para o entendimento da evolução do Domínio Ceará Central e da borda sul do Arco Magmático de Santa Quitéria.

De modo a fornecer um nível de detalhe mais profundo, o estudo integra dados de imagens de satélite de alta resolução, levantamentos de geofísica aérea e um mapeamento geológico detalhado da porção oeste da Serra das Vertentes. A combinação dessas fontes de dados geológicos e geofísicos permite um entendimento mais abrangente da evolução tectônica local, além de possibilitar a construção de modelos geológicos mais precisos e a identificação de potenciais áreas de interesse para futuras pesquisas e exploração mineral.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza nos municípios de Tejuçuoca e Itapajé, na porção centro norte do estado do Ceará, a cerca de 137 quilômetros de Fortaleza, capital do estado (figura 1). Com uma extensão de 101,10 quilômetros quadrados, o acesso à área de estudo é feito por meio da CE-168, tendo em seu limite norte a porção sul da Serra de Uruburetama, e em seu limite sul, a malha urbana de Tejuçuoca. A área de estudo é cortada de norte a sul pela CE-168, e possui em sua porção central a Serra das Vertentes. Região já mapeada anteriormente em escala de 1:500.000 por Pinéo (2021) e em 1:100.000 por Naletto (2018).

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em três etapas, sendo elas: pré-campo, campo e laboratório. As atividades se iniciaram na fase pré-campo, onde foi realizada uma extensa análise bibliográfica contemplando o estudo de artigos científicos, monografias, dissertações e teses, bem como do relatório geológico disponível na plataforma do Serviço Geológico Brasileiro (SGB).

Para auxiliar a etapa de campo, foi construído um Modelo digital de superfície, a partir dos dados do satélite *Copernicus*, com resolução espacial de 30 m. Este produto permitiu delinear os aspectos topográficos da área de estudo e a extração de potenciais feições estruturais. A obtenção e tratamento do dado *raster* foi realizado no *software Qgis Desktop 3.40.4*, de domínio público.

Além disso, para auxiliar na interpretação geológica da área, foram observados os dados aerogeofísicos radiométricos coletados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB). Correspondendo ao levantamento aerogeofísico do norte do Ceará, executado no período de 18 de outubro de 2008 a 08 de julho de 2009. As linhas de voo deste projeto tiveram espaçamento de 500 metros, altura de voo de 100 metros, orientadas no sentido N-S.

O método radiométrico se baseia na detecção da emissão de raios gama produzidos pelo decaimento natural de isótopos radioativos, devido à instabilidade desses elementos na busca de uma relação de equilíbrio a partir da emissão de radiação energética ionizada (Kearey & Brooks, 2002). A partir dos dados gamaespectrométricos foram selecionados os canais individuais de Potássio (K), Tório (eTh) e Urânio (eU). A partir do processamento foi gerado um mapa de composição ternária no sistema de cores RGB (*red, green e blue*, respectivamente) com intuito de observar a variação dos radioelementos e associar a litologia presente na área de estudo (figura 2), conforme o esquema da figura 3.

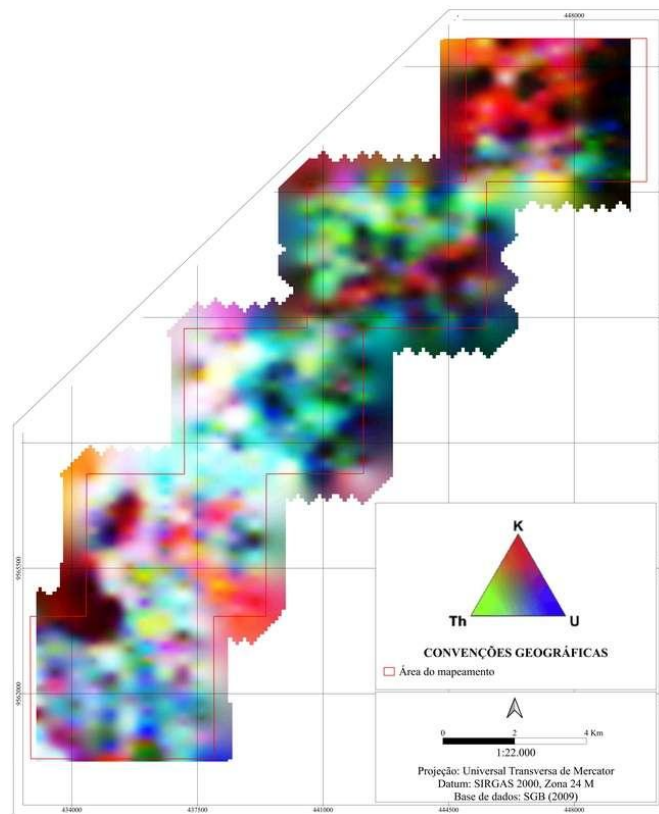
A etapa de campo foi realizada em abril de 2023, ao longo de uma campanha de cinco dias, durante a qual foram coletados dados geoespaciais, características litológicas (mineralogia, cor, textura, forma de ocorrência, etc.) e estruturais (strike, direção de mergulho e intensidade de mergulho), além de amostras representativas dos afloramentos visitados.

Após o campo, os dados coletados foram georreferenciados para a confecção do mapa geológico na escala de 1:22.000, utilizando o *software Qgis Desktop 3.40.4*. Para a caracterização detalhada dos litotipos descritos, amostras previamente selecionadas foram utilizadas para caracterização petrográfica a partir de seções delgadas. Esses resultados foram associados a dados estruturais locais e regionais, de modo a fornecer uma correta interpretação da evolução geológica da área.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

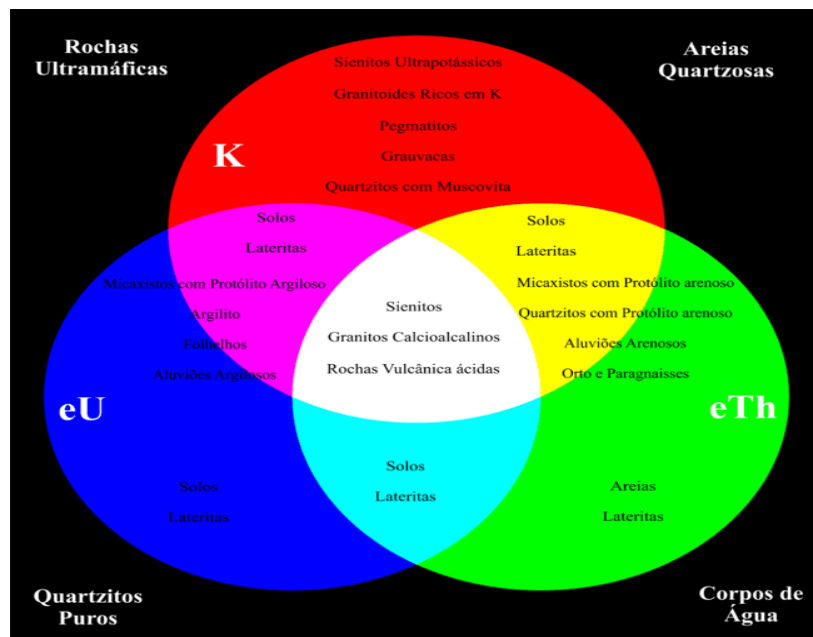
Segundo Almeida et al. (1981), a Província Borborema é caracterizada por uma complexa história tectônica formada por uma combinação de terrenos arqueanos e paleoproterozoicos, faixas móveis neoproterozoicas e extensos cinturões de cisalhamento, reativados durante o Ciclo Brasileiro (Neoproterozoico, 600–500 Ma). (Brito Neves et al., 2014). Essa unidade geotectônica localiza-se no Nordeste do Brasil, compreendendo porções dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Alagoas, Piauí e Bahia

Figura 2 – Mapa radiométrico.



Fonte: Autores.

Figura 3 – Relação entre as cores em um sistema ternário K, Th e U, associado aos materiais naturais e suas respectivas respostas.



Fonte: Adaptado de Sordi, 2020.

A estruturação atual da província é resultado de intensos processos deformacionais associados, na maioria, a um sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais, com direção E-W, e ramificações sinistrais, com direção NE-SW (Neves e Mariano, 1999; Neves, Santos e Van Schmus, 2000; Souza et al., 2020). Essas estruturas segmentam a província em diferentes subprovíncias e domínios tectônicos. Existem três subprovíncias, a Setentrional, a Central e Meridional, cada uma é composta por domínios tectônicos limitados pelas zonas de cisalhamento.

A área de estudo situa-se dentro do domínio Ceará Central pertencente à subprovíncia setentrional. O contexto geodinâmico desse domínio está relacionado orogênese do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, há cerca de 600 Ma, durante a convergência dos crátons São Luís/Oeste Africano e São Francisco/Congo que decorreu no amálgama final do continente Gondwana Ocidental (Arthaud et al., 2015).

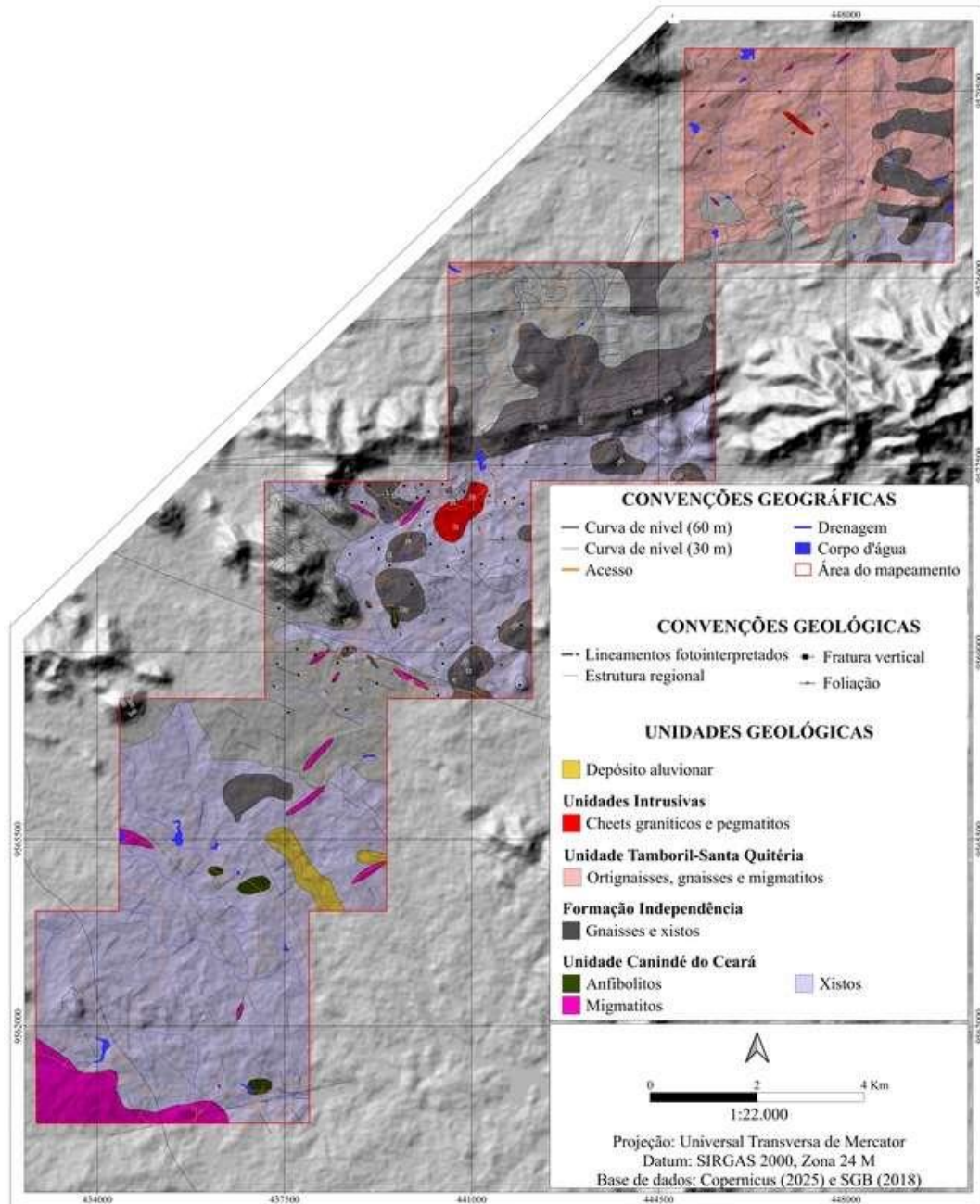
Conforme Santos et al. (2010), o Domínio Ceará Central é composto por rochas metamórficas de médio a alto grau, com magmatismo neoproterozoico evidenciado por intrusões graníticas sin-colisionais e pós-colisionais, relacionados à fusão crustal durante o evento brasileiro (Neves et al., 2014). O domínio é limitado a norte pela zona de cisalhamento Sobral/Pedro II e ao sul pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (Santos et al. 2010).

O domínio Ceará Central é composto por diversas unidades litoestratigráficas, tendo como principais complexos e grupos geológicos: o Complexo Ceará, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, o Grupo Canindé, Grupo Parapuí e sequências graníticas neoproterozoicas. Em geral, compostos por rochas associadas ao arco magmático de Santa Quitéria e sequências QPC derivadas da amalgamação da província. Os municípios de Tejuçuoca e Itapajé se encontram na porção leste das unidades que compõem o arco magmático de Santa Quitéria, sendo formados principalmente pelas rochas do Complexo Canindé do Ceará (Naleto, 2018).

6. GEOLOGIA LOCAL

Durante a etapa de campo foi possível identificar diversos litotipos pertencentes às unidades Canindé do Ceará, Independência e Tamboril-Santa Quitéria, não discriminados na folha geológica de 1:100.000 (Naleto, 2018). A região representa uma zona de contato entre duas das unidades litoestruturais definidas por Fetter et al., (2000), sendo elas as sequências supracrustais metavulcanossedimentares e o arco magmático de Santa Quitéria, desse modo, representando uma zona de intensa deformação e metamorfismo (Figura 3).

Figura 3 – Mapa geológico de detalhe da área mapeada.



Fonte: Autores.

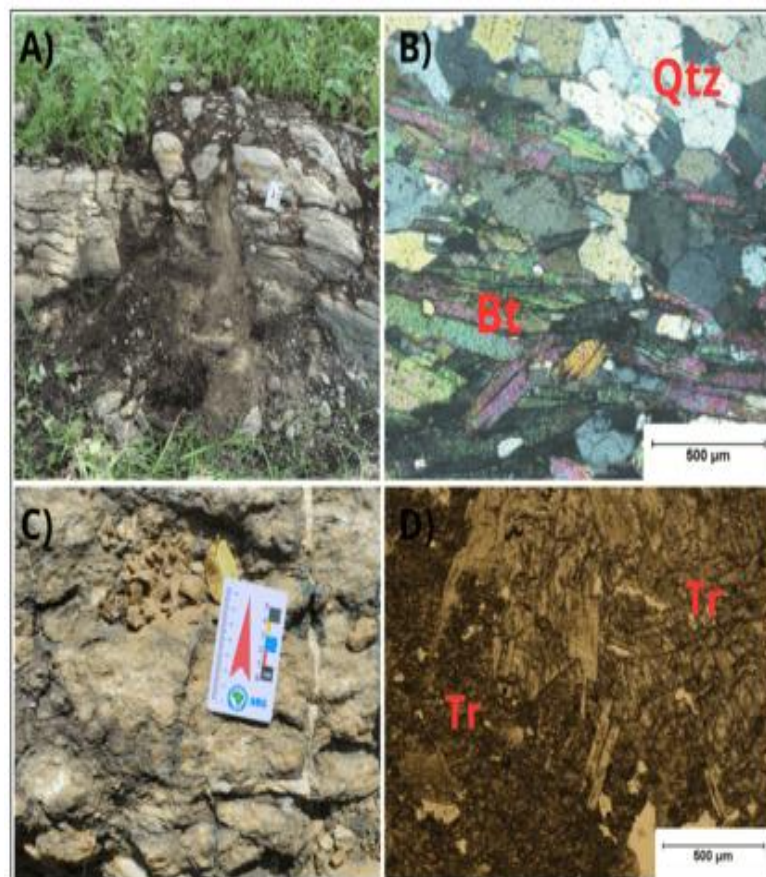
6.1. Complexo Canindé do Ceará

O Complexo Canindé do Ceará é composto por rochas migmatíticas e rochas metamórficas ortoderivadas e paraderivadas, em geral, formadas durante os eventos orogênicos riacinanos que afetaram a Província Borborema (Martins *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2018). A denominação de Complexo Canindé do Ceará foi atribuída por Araújo e Pinéo (2011) e Cavalcanti (2011) a partir de trabalho de mapeamento geológico no Domínio Ceará Central.

Pinéo (2021) em seus trabalhos subdivide esse complexo em três unidades, sendo elas; (I) Unidade Paragneisse Migmatítica, formada por paragneisses, xistos, quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e mármore, (II) Unidade Ortogneisse Migmatítico, composta por paragneisse e ortogneisse de composição granodioríticas, tonalíticas e monzograníticas, por fim, (III) Unidade Cariré, sendo composta por gnaisses, granulitos e metaenderbitos. As rochas desse complexo apresentam idades U-Pb entre 2,14 e 2,0 Ga (Amaral, 2010; Castro, 2004).

As rochas do Complexo Canindé do Ceará afloram por toda a extensão da área analisada, sendo composta principalmente por migmatitos, paraderivados, xistos, e localmente lentes de anfíbolito. Os xistos representam uma das litologias mais abundantes da região, suas cores oscilam em tons de cinza (figura 4A), possuem uma granulação média e composição mineralógica formada por cristais de quartzo (32%), biotita (24%), plagioclásio (16%), ortoclásio (13%), muscovita (11%), granada (3%) e epítopo (1%) com porfiroblastos de plagioclásio (figura 4B), k-feldspato e granada. Além disso, os xistos podem ser observados parcialmente migmatizados ou extremamente fraturados. Embora os xistos não sejam litotipos mecanicamente resistentes, pode ser constatado que eles formam as porções de mais elevada altitude da região, como a Serra das Vertentes.

Figura 4. (A) Afloramento de xisto pertencente ao Complexo Canindé do Ceará, (B) Lâmina petrográfica do xisto, (C) Afloramento de anfíbolito pertencente ao Complexo Canindé do Ceará, (D) Lâmina petrográfica do anfíbolito.



Fonte: Autores.

Os paragnaisses ocorrem morfológicamente na forma de lajedos com estrutura bandada bem marcada, apresentando mineralogia formada por quartzo (43%), ortoclásio (25%), plagioclásio (21%), granada (7%) e biotita (4%). As bandas máficas da rocha são essencialmente biotíticas, e os cristais de granada se acumulam principalmente no leucossoma. Os paragnaisses, ocasionalmente, são cortados por veios de quartzo e pegmatito com a mesma orientação do bandamento. Por vezes se apresentam parcialmente migmatizados e/ou milonitizados nas proximidades de zonas de cisalhamento.

Por fim, os anfíbolitos ocorrem na forma de lentes aflorantes na porção central e centro-sul da região mapeada, as dimensões das lentes variam de 1 a 3 metros em seus eixos de maior prolongamento (figura 4C). Mineralogicamente esses anfíbolitos são compostos por tremolita (48%), plagioclásio (29%), piroxênio (13%), quartzo (6%), epidoto (3%) e titanita (1%) (figura 4D), a sua associação com o restante dos litotipos e a composição mineralógica indica que se tratam de anfíbolitos paraderivados, gerados a partir do metamorfismo de mármore e rochas calcissilicáticas.

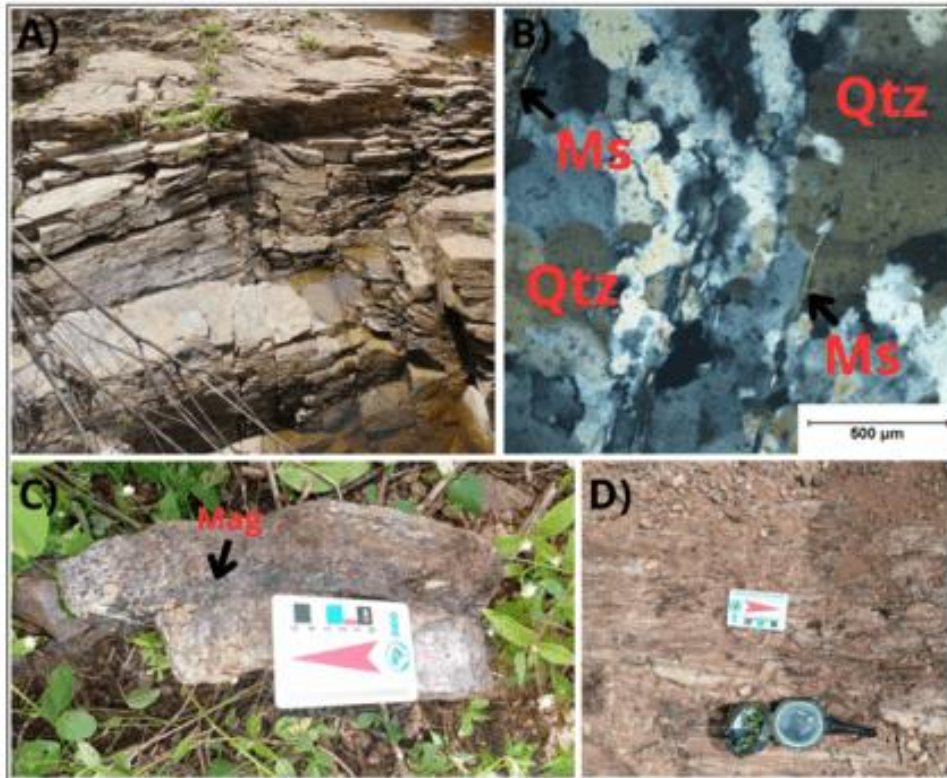
6.2. Grupo Ceará

O Grupo Ceará foi inicialmente descrito por Crandall (1910), sob o nome de Série Ceará, posteriormente Cavalcante *et al.*, (2003) elevou a sequência para Complexo Ceará e por fim, Arthaud (2007) retomou o nome Grupo Ceará. Essa designação também sugere uma divisão do Grupo Ceará em três formações, sendo elas as formações Arneiroz, Independência e Itataia. A Formação Arneiroz é formada basicamente por quartzitos, com níveis de xistos e mármore (Pinéo, 2021).

Já a formação Itataia é constituída por mármore, calcissilicáticas, xistos e quartzitos. Por fim, a formação Independência, único membro do Grupo Ceará que aflora na área analisada, é formado principalmente por xistos, paragnaisses, migmatitos, com lentes de quartzitos, calcissilicáticas, mármore e anfíbolitos. Os xistos que compõem essa formação na área de estudo possuem colorações acinzentadas ou avermelhadas, com mineralogia composta por biotita (36%), muscovita (25%), quartzo (18%), plagioclásio (17%), granada (4%) e clinopiroxênio (1%), apresentam alta taxa de microfraturamento, e por vezes ocorrem migmatizados. Pode ser observada uma clara intercalação em dimensões métricas de granada-sillimanita-xisto e biotita-muscovita-xisto em bandas que variam de 1,5 a 14 metros. Juntamente com os xistos, podem ser identificadas sequências de quartzitos que variam em composição entre quartzitos puros e micáceos, por vezes crenulados.

Esses quartzitos apresentam alto fraturamento, e coloração branco-amarelada ou branco-avermelhada. Na porção centro-oeste da área, podem ocorrer associado a veio de ferrosos, com cristais de magnetita superiores a 1 cm (Figura 5A, 5B e 5C). Ainda nessa sequência também ocorrem gnaisses, contudo mais associados aos xistos na forma de lentes de dimensões métricas (5D).

Figura 5: (A) Afloramento de quartzito pertencente ao Grupo Ceará, (B) Lâmina petrográfica do quartzito, (C) Amostra de quartzito apresentando faixas de magnetita centimétricas, (D) Afloramento de xisto pertencente ao Grupo Ceará.



Fonte: Autores.

6.3. Complexo Tamboril-Santa Quitéria

A Unidade Tamboril-Santa Quitéria foi definida inicialmente por Kegel (1965) e Susczynski (1966), a partir de seus trabalhos de campo na porção noroeste do Ceará. As rochas dessa unidade foram elevadas a complexo a partir dos trabalhos de Campos *et al.*, (1976), desde então, diversos trabalhos se dedicaram à análise e mapeamento desta área conhecida como Maciço de Santa Quitéria (Brito Neves, 1975). Para Naletto (2018) esse complexo corresponde uma associação ígnea/anatética composta pelas unidades Metatexito, Diorito Boi, Granitóide Santa Quitéria e Diatexito.

Dentre essas unidades, afloram na porção norte da área de estudo rochas migmatíticas de aspecto estromático e composição granítica a granodirítica da sequência de metatexitos (6A e 6B). A idade para essa sequência se baseia em trabalhos como os de Fetter (1999) e Araújo (2014), que a partir do método U-Pb em zircão determinaram intervalos entre 622 e 663 Ma. A mineralogia dessa rocha é composta por quartzo (30%), plagioclásio (25%), microclínio (25%), biotita (10%) e sillimanita (10%) (figura 6C e 6D), com uma textura granoblástica e estrutura maciça. Podem apresentar intrusões de sheets graníticos e pegmatíticos com extensões variadas de centimétricas a métricas.

Figura 6: (A) e (B) Afloramento de migmatitos pertencentes ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, (C) e (D) Imagens microscópicas do migmatito.



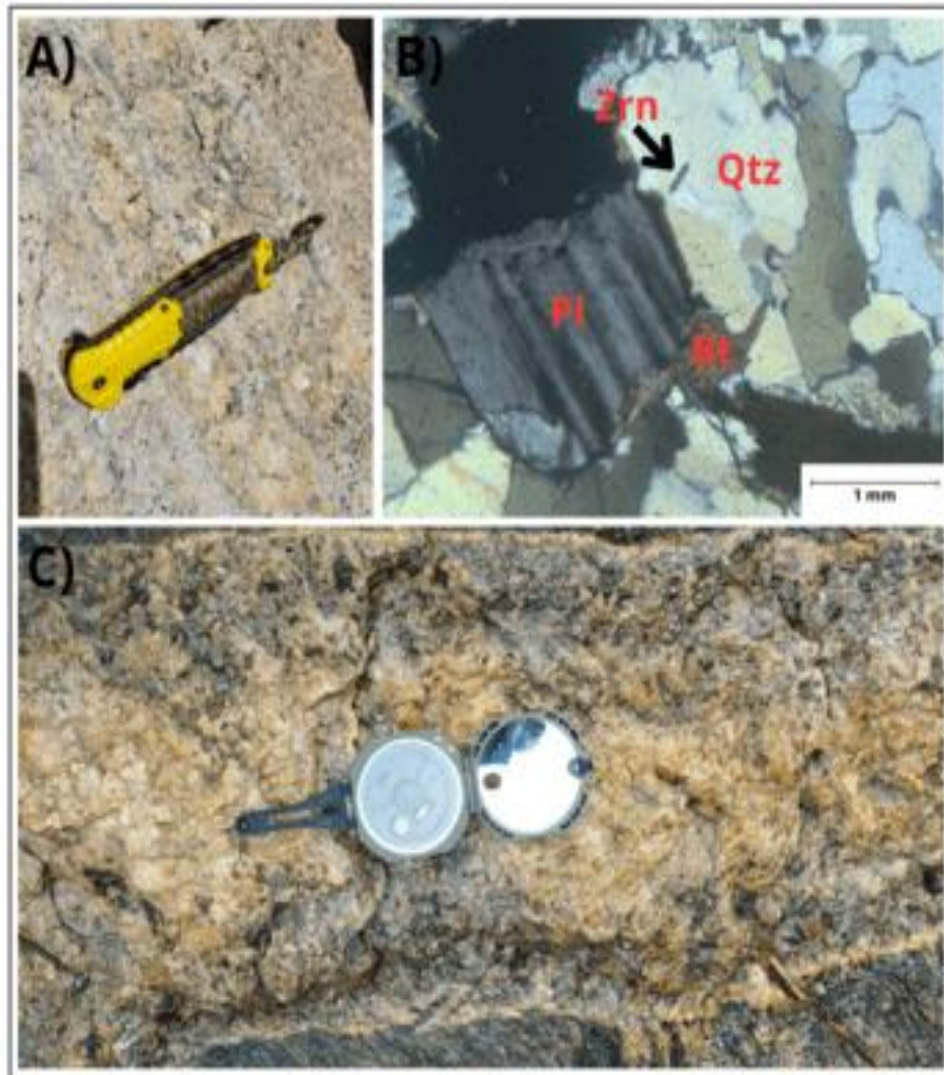
Fonte: Autores

6.4. Rochas Intrusivas

Na área analisada foi possível observar dois tipos diferentes de rochas intrusivas, sendo elas: sheets graníticos e diques pegmatíticos. Os sheets possuem características epizonais, com formato arredondado e dimensões médias de 15 centímetros, em geral, apresentam esfoliação esferoidal e baixa taxa de fraturamento (figura 7A). Sua mineralogia é composta por microclínio (30%), quartzo (25%), plagioclásio (25%), biotita (7%), muscovita (7%) sillimanita (5%) e cristais de zircão (1%), com granulação que varia de 2,3 a 0,42mm, estrutura maciça e textura granoblástica (figura 7B).

Já os pegmatitos mapeados apresentam uma ocorrência variável em termos de modo e extensão, sendo encontrados na forma de veios centimétricos até corpos com dezenas de metros de extensão. Essas rochas possuem uma composição mineral formada por feldspatos, quartzo, muscovita e turmalina. Os diques pegmatíticos ocorrem sobretudo associados aos migmatitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (figura 7C).

Figura 7: (A) Afloramento de sheet granítico, (B) Imagem microscópica de sheet granítico e (C) Dique pegmatítico recortando migmatitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria.



Fonte: Autores

7. GEOLOGIA ESTRUTURAL

O entendimento da geologia estrutural é fundamental para compreendermos as deformações que ocorreram em diferentes escalas na área de estudo. Essas deformações são o resultado de tensões aplicadas às rochas ao longo do tempo geológico, que podem ser expressas tanto em regimes de comportamento rúptil quanto dúctil. Durante o mapeamento foi possível reconhecer diversas feições estruturais como fraturas, dobras, zonas de cisalhamento, foliações e estiramentos minerais, o que auxiliou no entendimento e interpretação dos processos de deformação que atuaram na região estudada. Foram

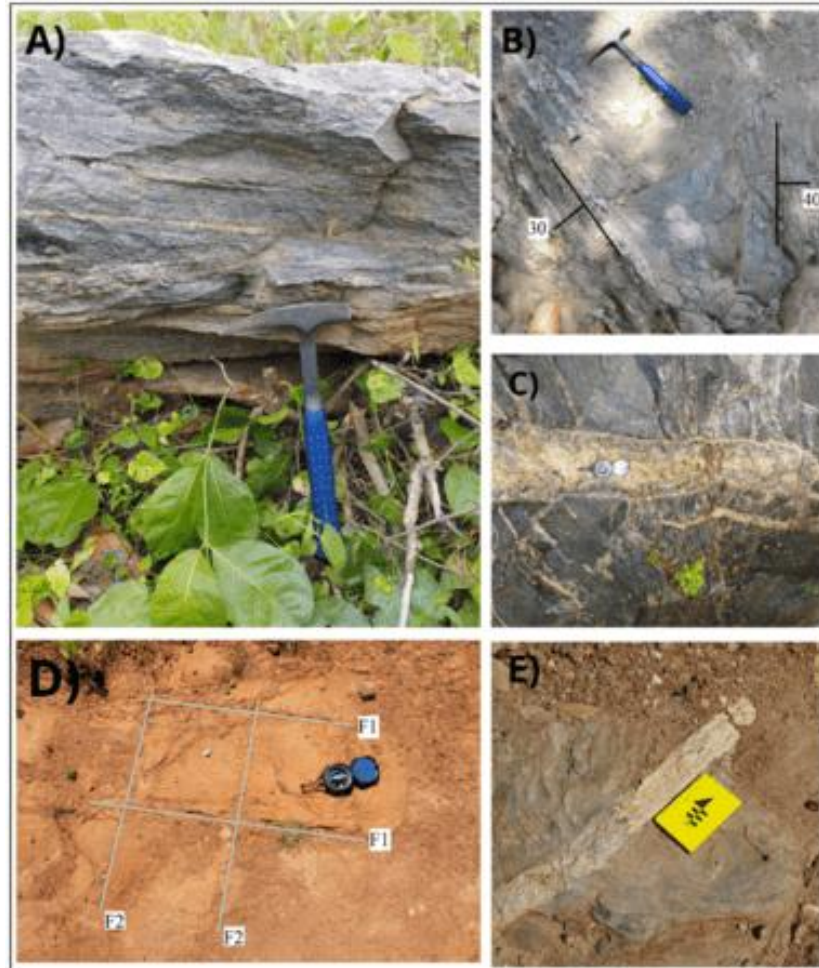
identificadas três fases deformacionais nomeadas aqui de D1, D2 e D3, sendo que as duas primeiras estão relacionadas ao regime dúctil, e a terceira ao regime rúptil. As foliações se originaram no primeiro evento deformacional (D1), sendo definidas pelo bandamento composicional máfico-félsico nos xistos e gnaisses da região, litotipos dominantes na área de estudo (figura 8A). Esses xistos apresentam mergulho de médio a alto ângulo, e strikes com orientações preferenciais NNW e NNE. Em alguns casos, além das foliações, também é possível observar lineações de estiramento, com caimento geral para NNE, que refletem o alongamento dos minerais durante a fase de deformação dúctil D1, auxiliando na interpretação da direção do transporte de material. A combinação entre as atitudes medidas em campo, foliações e caimento da lineação sugere-se um regime compressivo, com transporte tectônico para SSW.

Já a fase de deformação D2, é representada pela formação de zonas de cisalhamento e registrada nas rochas na forma de dobras com flancos apresentando *strike* preferencial NW-SE (figura 8B), enquanto os eixos, tem um *trend* principal para SE. Essa distribuição é concordante com o padrão de deformação registrado pelas foliações, indicando um ambiente de tectônica compressiva com transição para o regime transcorrente. Além disso, essa fase é caracterizada pelo encaixe de corpos de *sheets* graníticos em migmatitos paraderivados da área (figura 8C). Tais corpos, apresentam contato brusco com as rochas encaixantes, evidenciando que ocorreram próximos ao final do evento D2. Além disso, marcando também o final do evento D2, foram encontrados afloramentos que apresentavam crenulação em quartzitos, que ocorre quando a rocha é submetida a um novo evento tectônico de temperatura e pressão elevados e submetidos a tensões direcionais, gerando pequenas dobras nos minerais pré-organizados. A presença e orientação de porfiroclastos corroboram a interpretação da direção da movimentação do material que se deu na direção SSW. Essas estruturas estão materializadas principalmente nos gnaisses da região, que se encontram distribuídos nas partes sul e norte da área de estudo.

As fraturas são estruturas rúpteis formadas posteriormente a deformação dúctil, durante o terceiro evento deformacional D3, as fraturas têm dimensões variadas e estão presentes em todos os litotipos mapeados (figura 8D). Apresentam mergulhos verticalizados e strike principal NW-SE. Parte das fraturas encontradas em campo são classificadas como juntas e apresentam pouco ou nenhum deslocamento e sem preenchimento interno, que são caracterizadas por um ambiente de baixa pressão e temperatura, não favorecendo a mobilização de líquidos capazes de preencher a fratura. Já as fraturas extensionais, onde ocorre a percolação de fluidos favorecendo a cristalização de material, ocorrem em tamanhos variados na forma de veios de quartzo e pegmatitos (figura 8E). Ocorrem localmente pares ordenados de fraturas com *strike* preferencial SW-NE e NW-SE, e mergulho vertical. Essas feições podem sugerir que sigma 1 está entre elas com direção aproximada E-W.

A interpretação dessas fraturas como resultado de tensões tectônicas recentes é coerente com a sua superposição sobre estruturas dúcteis mais antigas, o que sugere um processo de reativação tectônica na área. Essa reativação pode estar relacionada a movimentos tectônicos regionais que ocorreram após o desenvolvimento das estruturas dúcteis, impondo um novo regime de tensões sobre as rochas da região.

Figura 8 - Aspectos estruturais da área mapeada. (A) Foliação composicional máfico-félsico dos gnaisses; (B) Dobra antiforme cerrada, presente no xisto; (C) Fratura extensional preenchida por corpo pegmatóide, encaixado em um migmatito; (D) Sistema de fraturas ortogonais em quartzito; (E) Veio de quartzo e K-feldspato presente em migmatito.



Fonte: Autores.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região mapeada é composta por uma grande associação de rochas metamórficas e metassedimentares, que registram intensos processos de deformação brasilianos. Essa deformação é evidenciada por fatores como a atitude das camadas, dobramento dos pacotes de rocha e quantidade de zonas de cisalhamento. A disposição e aspectos estruturais das rochas mapeados indicam que a região atuou como uma faixa móvel durante o processo de amalgamação da Província Borborema.

Essa atuação levou a intensas deformações do pacote de rocha, gerando zonas de descompressão, e conseqüentemente fusão parcial, formando litotipos de alto grau metamórfico como migmatitos. Além disso, a presença de sheets granitos é paranfibolitos originados a partir do metamorfismo de mármore e/ou rochas calcissilicáticas, tornam ainda mais complexa a história geológica da região.

Cadernos de Geociências VOL 20 2025 e-2252003

DOI:10.9771/geocad.v20i0.67000

www.cadernosdegeociencias.igeo.ufba.br

ISSN 2238-4960

Na porção central da área analisada foi possível identificar a ocorrência de mineralização de ferro, associadas a injeções quartzíticas, enquanto na porção norte, foi identificada uma mineralização de ouro em depósito aluvionar. Assim foram mapeadas quatro unidades geológicas e identificados três eventos de deformação distintos, denominados D1, D2 e D3. D1 define condições compressivas sob regime de deformação dúctil, responsável pela geração das feições, tais como foliações, bandamentos e estiramentos minerais presentes nos xistos e gnaisses. D2 por sua vez, reflete uma condição de alternância do regime compressivo para transcorrente, representada pela geração de dobras e crenulações. D3 constitui o reflexo de processos de reativação tectônica, ocorrida sob condições de baixa temperatura, responsável pela formação de juntas e fraturas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Science Reviews*, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

AMARAL, W. S. Análise geoquímica, geocronológica e termobarométrica das rochas de alto grau metamórfico, adjacentes ao arco magmático de Santa Quitéria, NW da Província Borborema. 2010. 274 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ARAÚJO, C. E. G. Evolução tectônica da margem ativa neoproterozoica do orógeno Gondwana oeste na Província Borborema (NE-Brasil). 2014. 243 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

ARAÚJO, C. E. G.; PINÉO, T. R. G. Mapa geológico folha Novo Oriente SB.24-V-C-VI. Fortaleza: CPRM, 2011. 1 mapa, color. Escala 1:100.000. (Programa Geologia do Brasil – PGB).

ARTHAUD, M. H. Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. 2007. 132 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ARTHAUD, M. H.; FUCK, R.; DANTAS, E. L.; SANTOS, T. J. S.; CABY, R.; ARMSTRONG, R. The Neoproterozoic Ceará Group, Ceará Central domain, NE Brazil: deposition age and provenance of detrital material. *New insights from U-Pb and Sm-Nd geochronology. Journal of South American Earth Sciences*, v. 58, p. 223–237, 2015.

BRITO NEVES, B. B. Regionalização geotectônica do precambriano nordestino. 1975. 207 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1975.

BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2317-4889201400030010>.

CAMPOS, M. et al. Projeto Rio Jaguaribe: relatório final. *Geologia*. Recife: DNPM/CPRM, 1976. v. 1, 337 p.

CASTRO, N. A. Evolução geológica proterozoica da região entre Madalena e Taperuaba, domínio tectônico Ceará Central (Província Borborema). 2004. 221 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAVALCANTI, J. A. D.; BESSA, M. D. M. R. A pesquisa de fosfato na área Ceará Central. In: ABRAM, M. B. et al. (Org.). Projeto Fosfato Brasil – Parte I. Salvador: CPRM, 2011. p. 487-518. (Informe de Recursos Minerais, Série Insumos Minerais para a Agricultura, 13).

CAVALCANTE, J. C. et al. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.

COSTA, F. G. Geologia e metalogênese do ouro do greenstone belt da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Província Borborema, NE - Brasil. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

CRANDALL, R. Geographia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil, Parahyba, Rio Grande do Norte e Ceará. Rio de Janeiro: 1910. 137 p. (IFOCS – Serv. Geol., Série II. Publicação, 4).

FETTER, A. H. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará state, NW Borborema province, NE Brazil: implications for the Assembly of Gondwana. 1999. 164 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Department of Geology, University of Kansas, Kansas, 1999.

FETTER, A. H. et al. U–Pb and Sm–Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent “Atlantica”. Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 1, p. 102-106, 2000.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. An introduction to geophysical exploration. 3rd ed. Oxford, UK: Blackwell Science, 2002. vii, 262 p.

KEGEL, W. A estrutura geológica do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1965. 47 p. (DNPM. Boletim, 227).

MARTINS, G.; OLIVEIRA, E. P.; LAFON, J. M. The Algodões amphibolite–tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: Geochemical and geochronological evidence for Palaeoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. Gondwana Research, v. 15, n. 1, p. 71-85, 2009.

NALETO, J. L. C.; ARAÚJO, C. E. G. Geologia e recursos minerais da folha Mombaça – SB.24-V-D-V: estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2018. 64 p. Escala 1:100.000. (Programa Geologia do Brasil – PGB).

NALETO, J. L. C. (Org.). Geologia e recursos minerais da folha Irauçuba SA.24-Y-D-V: estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2018.

NEVES, B. B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IUGS, 2000. p. 151-182. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/19419>.

NEVES, S. P.; MARIANO, G. Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil. Journal of Structural Geology, v. 21, n. 10, p. 1369-1383, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00097-8).

PINÉO, T. R. G.; PALHETA, E. S. M. Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Ceará: mapa geológico do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2021. Escala 1:500.000. 1 mapa, color.

SANTOS, E. J.; MEDEIROS, M. F.; RODRIGUES, J. B. Geological evolution of the Borborema Province. *Precambrian Research*, v. 182, n. 4, p. 1-16, 2010.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. GeoSGB - Downloads. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 20 abr. 2025.

SORDI, D. A. Atlas aerogeofísico: estado do Rio de Janeiro. 2020.

SOUZA, I. M. B. A. et al. A mineralogia acessória do Amazonita Pegmatito Serra Branca: classificação de um pegmatito NYF na Província Borborema, Nordeste do Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, v. 20, n. 3, p. 47-61, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-162199>.

SUSZCZYNSKI, E. F. Considerações sobre a evolução tectônica-orogênica da parte oriental do escudo brasileiro. *Boletim de Recursos Naturais SUDENE*, v. 4, n. 3/4, p. 371-416, 1966.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. *Applied geophysics*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. xx, 770 p.