



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ALLAN ALCÂNTARA PAIVA DA CUNHA

**DEFORMAÇÃO INTRACONTINENTAL NO INTERIOR DO TERRENO ALTO
MOXOTÓ: caso de estudo da região de Sumé, Paraíba**

Recife

2022

ALLAN ALCÂNTARA PAIVA DA CUNHA

**DEFORMAÇÃO INTRACONTINENTAL NO INTERIOR DO TERRENO ALTO
MOXOTÓ: caso de estudo da região de Sumé, Paraíba**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geoquímica, Geofísica e Evolução Crustal.

Orientador: Prof. Dr. Lauro César Montefalco de Lira Santos.

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

C972d Cunha, Allan Alcântara Paiva da.
Deformação intracontinental no interior do terreno Alto Moxotó: caso de estudo da região de Sumé, Paraíba / Allan Alcântara Paiva da Cunha. – 2022.
52 f.: il., fig., e tab.

Orientador: Prof. Dr. Lauro César Montefalco de Lira Santos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Geociências. 2. Deformação progressiva. 3. Terreno Alto Moxotó. 4. Província Borborema. I. Santos, Lauro César Montefalco de Lira (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-18

ALLAN ALCÂNTARA PAIVA DA CUNHA

**DEFORMAÇÃO INTRACONTINENTAL NO INTERIOR DO TERRENO ALTO
MOXOTÓ: caso de estudo da região de Sumé, Paraíba**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências. Área de concentração: Geoquímica, Geofísica e Evolução Crustal.

Aprovada em: 18/04/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lauro César Montefalco de Lira Santos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Haroldo Monteiro Lima (Membro Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Paulo Pitombeira (Membro Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre guiar meus caminhos e me proporcionar não às coisas que eu quero, mas sim tudo que eu preciso. A minha mãe Raquel Alcântara da Silva, que ao longo de toda minha jornada sempre esteve ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis, sempre que consolando, auxiliando, aconselhando e sendo meu porto seguro, sem seu apoio, minhas conquistas não seriam possíveis.

Ao meu avô, Alderico Paiva da Cunha, que foi meu pai e mentor, me dando todos os ensinamentos e orientações que poderia transmitir, fazendo com que grande parte do sou hoje, seja reflexo de tudo que vivi e aprendi ao seu lado.

Ao meu irmão, Luís Felipe Alcântara da Silva, o homem mais íntegro que eu tive o prazer de conhecer, um grande incentivador dos meus sonhos, um grande conselheiro, onde mesmo com as diferenças de percepções, ideais e pontos de vistas, sempre me ouviu, me respeitou e aconselhou, tornando assim, todas as nossas conversas em grandes ensinamentos.

A Thalita Luiza Gomes Vianna, por ser o anjo que Deus colocou em minha vida, a pessoa mais incrível, doce e companheira desse universo, que esteve do meu lado em absolutamente todos os momentos, que sempre me deu forças e acreditou no meu potencial e me fez ver que sou capaz de superar qualquer dificuldade. Das poucas certezas que tenho, compartilhar o resto da minha vida com você é a maior delas.

A todos meus amigos e familiares, que sempre me deram forças nos momentos de angústias e incertezas. Aos meus amigos da entrada 2011.2: Pierre, Neto, Ian, Igor, Diniz, Charles, Arthur, Filipe, Daniel, Lilia e Luan, que foram minhas primeiras amizades nesse mundo da geologia.

Ao Prof. Lauro César Montefalco de Lira Santos por ter me convidado parte do MAPEC-UFPE, por me orientar de maneira tão dedicada, assim como todos os conselhos e incentivos relacionados a escolhas acadêmicas e profissionais.

A Neoinfra Engenharia por financiar a primeira etapa de campo, e especialmente ao Me. Fabrício Fernandes Vieira, que além de colega de profissão, tornou-se um grande amigo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao projeto através da bolsa de pesquisa.

Agradeço a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, por disponibilizar os dados geofísicos utilizados neste trabalho.

RESUMO

O Terreno Alto Moxotó da Província Borborema envolve o mais antigo registro crustal da Zona Transversal da Província Borborema. A região de Sumé, Paraíba, está localizada no coração desse terreno, tendo sido alvo de recentes investigações em função da sua complexidade geológica, geocronológica e estrutural. Nesta área, as rochas aflorantes correspondem a ortognaisses, migmatitos, metagranitos e sequências ultramáficas e metavulcanossedimentares datadas entre 2,15 e 1,60 Ga. Por representar um domínio do embasamento pouco retrabalhado, o Terreno Alto Moxotó apresenta uma excelente oportunidade de combinar dados aerogeofísicos com análise estrutural em escala mesoscópica. A partir da análise dos mapas magnetométricos incluindo amplitude do sinal analítico, primeira derivada e campo magnético anômalo, conclui-se que a deformação estrutural principal possui *trend* NE-SW, com estruturas de segunda ordem na direção E-W. As principais estruturas que atuam na área representam bem as anomalias geofísicas sendo as zonas de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste a sul, representando o possível limite com o Terreno Rio Capibaribe e Xinxó à norte, que corta o interior do Terreno Alto Moxotó. Essas estruturas, formam um par conjugado de *Riedel*, responsáveis pelo retrabalhamento parcial de estruturas relacionadas à tectônica anterior, interpretada como cavalgamentos relacionados ao sistema Riachão do Bacamarte. Conclui-se que tais estruturas, seriam responsáveis pela configuração dobrada da área, materializada em uma mega sinforme moderadamente inclinada, interpretada como o resultado de arrasto regional. Tal interpretação é reforçada pela mudança gradativa do ângulo de foliação, bem como a rotação da lineação de estiramento mineral, incluindo geometria oblíqua, típica de deformação progressiva relacionada a um único evento regional. Conclui-se que a deformação intracontinental ou intracratônica foi responsável pelo principal processo tectônico dentro do Terreno Alto Moxotó, interpretado como um fragmento microcontinental Paleoproterozoico no interior da Província Borborema.

Palavras-chave: deformação progressiva; Terreno Alto Moxotó; Província Borborema.

ABSTRACT

The Alto Moxotó Terrain of the Borborema Province involves the oldest crustal record of the Transversal Zone of the Borborema Province. The region of Sumé, Paraíba, is located in the heart of this terrain, having been the subject of recent investigations due to its geological and geochronological complexity. In this area, the outcropping rocks correspond to ortho gneisses, migmatites, metagranites and ultramafic and metavolcanosedimentary sequences dated between 2.15 and 1.60 Ga. As it represents a poorly reworked basement domain, the Alto Moxotó Terrain presents an excellent opportunity to combine aerogeophysical data with structural analysis on a mesoscopic scale. From the analysis of magnetometric maps including analytical signal amplitude, first derivative and anomalous magnetic field, it is concluded that the main structuring has a NE-SW trend, with second order structures in the E-W direction. The main structures that act in the area represent well the geophysical anomalies being the Congo-Cruzeiro do Nordeste shear zones to the south, representing the possible limit with the Rio Capibaribe and Xinxó Terrain to the north, which cuts the interior of the Alto Moxotó Terrain. These structures form a conjugate pair of Riedel, responsible for the partial reworking of structures related to the previous tectonics, interpreted as thrusts related to the Riachão do Bacamarte system. It is concluded that such structures would be responsible for the folded configuration of the area, materialized in a moderately inclined mega symform, interpreted as the result of regional drag. Such an interpretation is reinforced by the gradual change of the foliation angle, as well as the rotation of the mineral stretching lineation, including oblique geometry, typical of progressive deformation related to a single regional event. It is concluded that the intracontinental or intracratonic one was responsible for the main tectonic process within the Upper Moxotó Territory, interpreted as a Paleoproterozoic microcontinental fragment within the Borborema Province.

Keywords: progressive deformation; Alto Moxotó terrain; Borborema Province.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Em destaque, contornado de vermelho, mapa estado da Paraíba com suas principais rodovias federais e cidades, localização geográfica da área de estudo delimitada pelo retângulo preto.	15
Figura 2 -	Contextualização geotectônica da Província da Borborema.	22
Figura 3 -	Mapa simplificado do Subdomínio Transversal com a divisão dos seus terrenos.	23
Figura 4 -	Mapa simplificado das principais unidades do Terreno Alto Moxotó, com área de estudo delimitada.	25
Figura 5 -	Recorte da área de estudo, retirado do mapa geológico da folha SB.24-Z-D-V- SUMÉ.	28
Figura 6 -	Figura 6: a) Mapa de localização referente aos projetos de aerolevanteamento Pernambuco-Paraíba (1091), representado pela área inferior e Paraíba- Rio Grande do Norte (1092), representado pelo quadrante superior, área de estudo delimitada pelo retângulo preto; B) Encarte das folhas com escala de 1:250.000 obtidas com o levantamento (CPRM).	29
Figura 7 -	Mapas individuais de contornos radiométricos dos canais dos três elementos, com linhas brancas destacando lineamentos gama-espectrométricos: a) Potássio; b) Tório equivalente; c) Urânio equivalente, d) Mapa ternário RGB gerado a partir da compilação dos mapas individuais. O traçado branco nas figuras (a), (b) e (c) corresponde a lineamentos gama-espectrométricos interpretados. .	33
Figura 8 -	Mapa litogeofísico com base nos domínios gama-espectrométricos da área de estudo a partir da interpretação do mapa ternário RGB.	34
Figura 9 -	a) Campo Magnético Anômalo , com as linhas em branco destacando as principais estruturas interpretadas, b) Mapa de Amplitude do Sinal Analítico, com linhas em branco destacando as principais estruturas interpretadas, c) mapa derivada DZ, com as linhas amarelas destacando estruturas de primeira ordem, relacionadas a zonas de Cisalhamento Coxixola a norte e Congo Cruzeiro do Nordeste a sudeste, e linhas vermelhas interpretadas	

	como estruturas de segunda ordem, relacionadas a planos de foliações e dobras, d) diagrama de rosetas com trend preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa CMA, e) diagrama de rosetas com trend preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa ASA, f) diagrama de rosetas com trend preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa DZ.	36
Figura 10 -	Destaque para dobras pitigmáticas (f1) presente nos ortognaisses da Suíte Carnoió, formadas a partir de altas condições de elasticidade, comum em zonas migmatíticas.	38
Figura 11 -	a) Foliação S2 apresentando mergulho de baixo ângulo em ortognaisse da Suíte Camalaú. Cristal assimétrico de feldspato, exibindo cinemática sinistral, gerada por um evento deformacional D3; b) Foliação S2 relacionada ao evento deformacional D3, que formou dobras sin-tectônicas com geometria isoclinal.	39
Figura 12 -	Dobra f2, apresentando geometria isoclinal presente no paragnaisse do Complexo Sertânia.	40
Figura 13 -	a) Foliação S3 com orientação NE-SW, contendo cristal assimétrico exibindo cinemática sinistral presente em milonito da Suíte Carnoió; b) Foliação S3 em minolito, com mergulho de alto ângulo, também em destaque, veio de pegmatito apresentando cinemática sinistral; c) Lineação mineral L3 sub-horizontal em paragnaisse do Complexo Sertânia; d) Paragnaisse do Complexo Sertânia, destacando em amarelo a foliação transcorrente S3, em paralelo, destacado em vermelho, dobras simétricas em M (f3) resultantes do redobramento das estruturas S2.	40
Figura 14 -	Foliação S3 em ortognaisse da Suíte Carnoió marcado em amarelo, em seu interior, boudin assimétrico com cinemática sinistral, cortado por fratura (F).	41
Figura 15 -	a); b) Mapas geológicos com nova configuração estratigráfica comparada com folha Sumé (SB.24-Z-D-V); c) unidades litoestratigráfica e estruturas de A; d) unidades litoestratigráfica e estruturas de B.	44
Figura 16 -	Modelo geológico proposto para a estruturação dobrada da região	

de Sumé (Paraíba).	46
--------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos principais parâmetros do aerolevanteamento dos projetos 1091 e 1092.....	30
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.2	CONTRIBUIÇÃO PROPOSTA E OBJETIVOS	17
1.3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
1.3.1	Aquisição, tratamento e interpretação dos dados aerogeofísicos	18
1.3.2	Etapa de campo	18
1.3.3	Tratamento de dados estruturais	18
1.3.4	Elaboração dos mapas	19
1.3.5	Integração dos dados	19
2	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	20
2.1	SUBPROVÍNCIA TRANSVERSAL (SPT)	23
2.1.1	Terreno Alto Moxotó (TAM)	24
2.1.2	Breve descrição sobre a geologia da região de Sumé	27
3	AEROGEOFÍSICA	29
3.1	GAMASPECTROMETRIA	30
3.2	MAGNETOMETRIA	31
3.3	TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	31
4	GEOLOGIA ESTUTURAL	37
5	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho, titulado “*DEFORMAÇÃO INTRACONTINENTAL NO INTERIOR DO TERRENO ALTO MOXOTÓ: CASO DE ESTUDO DA REGIÃO DE SUMÉ, PARAÍBA*”, refere-se à dissertação de mestrado do discente Allan Alcântara Paiva da Cunha ligada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Encontra-se vinculado a área de concentração Geoquímica, Geofísica e Evolução Crustal e conta com a orientação do Prof. Dr. Lauro César Montefalco de Lira Santos. A motivação para o desenvolvimento deste trabalho vem da necessidade do maior aprofundamento da evolução estrutural do Paleoproterozoico do Nordeste brasileiro e de contribuir para o avanço acerca do conhecimento do Terreno Alto Moxotó, um possível fragmento do Supercontinente Colúmbia.

1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Paleoproterozoico ocupa o intervalo do tempo geológico entre 2,5 e 1,6 Ga e representa um período de intensa atividade tectônico-magmática, além de importantes eventos de diferenciação climática e bioquímica, que resultaram em mudanças significativas na configuração da Terra primitiva (Reddy e Evans 2009). Dentre seus principais eventos, destaca-se, por exemplo, a intensa produção de material juvenil a partir de 2,1 Ga, seguida de sistemáticos episódios de acreção de arcos magmáticos e retrabalhamento litosférico entre 1,88-1,84 Ga (Zhao et al. 2004).

Em termos de evolução crustal, intensa geração magmática em possíveis limites entre 2,15 e 1,9 Ga é interpretada por diversos autores como resultado de interação convergente entre placas litosféricas, levando Hoffman (1989a) a determinar que um continente chamado Laurentia formou-se a partir da junção de sete microcontinentes da América do Norte e Groenlândia, que juntamente com Báltica e outros terrenos, estruturaram uma vasta massa continental, denominada de Nena (Gower et al. 1990). Entretanto, a existência de um supercontinente denominado Columbia no Paleoproterozoico, foi sugerido posteriormente por Roger e

Santosh (2002), sugerindo que a África do Sul, Madagascar, Índia, Austrália e partes da Antártica se agruparam na margem oeste da América do Norte, ao passo que a Groenlândia, Báltica e Sibéria uniram-se na margem sul da América do Norte, e a América do Sul agregaram-se a África.

Roger e Santosh (2002) e Condie (2002a), alegam que a quebra deste supercontinente ocorreu a partir de 1,6 Ga, com início da formação de *riftes*, localizados nas regiões a oeste de Laurentia, sul de báltica, noroeste da África do sul, norte da China e sudeste da Sibéria. O desmembramento de Columbia é caracterizado por intensa atividade anorogênica, que formou os primeiros anortositos maciços, intrusões charnockíticas, enxames de diques (principalmente diabásios) e granitos potássicos com texturas rapakivi, que marcariam o final do Paleoproterozoico.

Rochas paleoproterozoicas representam uma porção bastante significativa da Província Borborema, aflorando em quase todos os terrenos/domínios, principalmente como embasamento, suítes intrusivas ou rochas supracrustais (Brito Neves et al. 2001a), preservando parte do registro crustal dessas massas continentais descritas anteriormente. Neste contexto, o Terreno Alto Moxotó (TAM), corresponde ao bloco Paleoproterozoico mais bem preservado da porção central da Província Borborema, conforme descrevem diversos autores (Santos et al., 2012, 2013, 2016; Brito Neves et al., 2001, 2020). Este terreno possui uma área de aproximadamente 28.000 km², com extensão longitudinal aflorante de 450 km e apresenta forma sigmoidal irregular, com largura variando de 40 a 80 km e possuindo uma trama estrutural NE para E-NE que vai do município de Floresta (PE) à costa do estado da Paraíba (Brito Neves et al., 2020).

Geologicamente, este domínio encontra-se localizado na Subprovíncia ou Zona Transversal da Província da Borborema (PB), sendo marcado por associações de alto grau metamórfico (e.g. Rodrigues e Brito Neves 2008; Almeida et al., 2009; Santos et al., 2013; Santos 2017) com núcleos arqueanos locais (Santos et al., 2017a; Brito Neves et al., 2020) e poucas unidades mais jovens, como ocorrências locais de plutons graníticos cambrianos (Guimarães et al., 2005) e rochas paraderivadas ediacaranas (Neves et al., 2017).

No ponto de vista litológico, as principais unidades que compõe este terreno, correspondem a complexos de rochas metaplutônicas e migmatíticas e a rochas paraderivadas pelíticas-psamíticas com biotita, granada e sillimanita, localmente migmatizados, atribuídas regionalmente ao Complexo Sertânia (Santos 2017).

Incluso neste terreno, a região de Sumé, Paraíba (Figura 1), foi descrita por Medeiros e Torres (2000) como uma área dominada por uma série de unidades paleo-, meso- e neoproterozoicas, que apresentam rochas que sofreram metamorfismo de médio a alto grau. Preliminarmente, a sequência litoestratigráfica do TAM foi dividida da base para o topo da seguinte maneira: Complexo Floresta, Suíte Malhada Vermelha, Complexo Sertânia, Complexo Sumé, Suíte Camalaú e ocorrências locais de unidades metaplutônicas, como a Suíte Olho d'Água do Cunha (Santos et al., 2004 e referências ali contidas).

Figura 1 - Em destaque, contornado de vermelho, mapa estado da Paraíba com suas principais rodovias federais e cidades, localização geográfica da área de estudo delimitada pelo retângulo preto.



Fonte: O Autor (2022).

Litolotipos mais jovens e que são abundantes em outros terrenos da Subprovíncia Transversal ocorrem de forma eventual no TAM, representados por rochas plutono-vulcânicas do tipo A, descritas por Guimarães et. al., (2005), que

apresentam idades Brasiliana-Cambriana (ca. 540-520 Ma). Trabalhos recentes como Santos et al., (2015), tem demonstrado que grande parte da crosta continental do TAM é constituída por rochas formadas no intervalo Riáciano-Orosiriano (ca. 2,15 - 1,90 Ga), marcando episódios de crescimento e retrabalhamento crustal, posteriormente sendo submetida a episódios tafrogênicos durante o Estateriano (Lages et al. 2019).

O Complexo Sumé foi descrito como sendo formado por ortognaisses, paragnaisses e migmatitos, com intercalações de metabasitos, metassienitos, calcários cristalinos, *skarns*, raras formações ferríferas, granulitos, metapiroxenitos e prováveis retroeclogitos (Medeiros e Torres, 2000), e ainda apresenta rochas calcissilicáticas mineralizadas em fluorapatita com caráter gemológico (Nascimento, 2013; Vieira 2017). De acordo com Silva (2006), este complexo apresenta idade em torno 640 Ma, determinado que este Complexo teria se formado durante o ciclo orogênico Brasiliano. Entretanto, mais recentemente, Santos e Santos (2019), estudando rochas metaplutônicas atribuídas ao Complexo Sumé em sua área tipo, através de datação de U-Pb em zircão obtiveram idades de 1,98 Ga, ratificando que o Complexo Sumé, ou boa parte dele seria mais antigo do que descrito anteriormente por Torres e Medeiros (2000) e Santos (2006).

Visto que, levantamentos aerogeofísicos vêm contribuindo de maneira bastante significativa para o entendimento do arcabouço estrutural e estratigráfico da PB (e.g. Oliveira e Medeiros, 2018; Ferreira Neto et al., 2019; Pereira et al., 2019) e, até o momento, esses métodos ainda não foram explorados na área de Sumé de forma a compreender seu arcabouço crustal, bem como em grande parte do Terreno Alto Moxotó, a presente pesquisa visa colaborar através desses métodos e integração com dados estruturais em escala mesoscópica com o entendimento da geologia da região.

1.2 CONTRIBUIÇÃO PROPOSTA E OBJETIVOS

Por apresentar dados que possam ser interpretados e estudados de maneira mais rápida, graças a possibilidade de utilizar o banco de dados disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para pesquisa científica, cada vez mais dados de aerogeofísica vem sendo utilizados para tentar solucionar e contribuir com diversas questões geológicas em escalas regional e local. Por exemplo, estes incluem: 1) questões relacionadas a mineralizações de minerais metálicos (e.g. Carrino et al., 2007), 2) estudo de estruturas crustais profundas e rasas (e.g. Santos et al., 2017) e definição ou revisão de áreas pouco conhecidas ou pobremente estudadas (e.g. Zachi et al., 2010; Araújo Neto et al., 2018). Além disso, conforme demonstram Amaral et. al. (2008) e Dantas et. al. (2016), dados obtidos por aerolevantamentos antigos, tais quais os realizados na década de 1970, comprovaram que ainda assim, estas informações representam ferramentas úteis para diversos estudos de caso, sobretudo no refinamento e/ou reinterpretação de mapeamentos geológicos previamente realizados.

Tendo em vista o recente impasse do ponto de vista geocronológico e estratigráfico da região de Sumé, que corresponde a uma área chave para o entendimento da evolução do Terreno Alto Moxotó, este trabalho tem como objetivo utilizar mapas geofísicos magnetométricos e gamaespectrométricos devidamente tratados, obtidos por meio do Projeto Pernambuco-Paraíba, juntamente com dados geológicos incluindo estudos de geologia estrutural, aperfeiçoar o entendimento sobre o arcabouço da região, além de determinar o significado geológico-geofísico das estruturas internas deste terreno, uma vez que a área de estudo é fortemente deformada.

1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor compreensão da geologia da área, mostrou-se necessário um levantamento bibliográfico através de artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais, trabalhos de dissertações de mestrado, teses de doutorado e projetos de mapeamento geológico da região, bem como sobre a Província Borborema e a evolução crustal do Paleoproterozoico. Por outro lado, o estudante buscou aprimorar

seu conhecimento sobre dados aerogeofísicos, principalmente no que tange análises qualitativas.

1.3.1 Aquisição, tratamento e interpretação dos dados aerogeofísicos

As imagens geofísicas gerados neste documento são o resultado do tratamento dos dados cordialmente cedidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), gerados durante o levantamento aerogeofísico do projeto Pernambuco-Paraíba. Os mapas gamaespectrométrico (eK, eTh, eU e ternário RBG) e magnetométrico (Amplitude do Sinal Analítico, Campo Magnético Anômalo e primeira derivada em Z), foram tratados através do *software* Oasis Montaj, versão 6.4.3 da *Geosoft Inc.* Para os mapas aeromagnéticos também foi realizada a correção de variação diurna e remoção do campo geomagnético internacional de referência (IGRF – *International Geomagnetic Reference Field*) para o período de realização do levantamento. Com os mapas devidamente tratados, eles foram usados para delimitar domínios litogeofísicos, contatos litológicos e as principais estruturas da área de estudo.

1.3.2 Etapa de campo

Utilizando como base os mapas geofísicos interpretados para definir os principais pontos alvo, a etapa de campo teve como objetivo prioritário estudar as rochas que teoricamente são classificadas como sendo do Complexo Sumé, além de dar especial importância a afloramentos de rochas calcissilicáticas mineralizadas em fluorapatitas. Durante todas as etapas, dados estruturais de zonas de cisalhamento, planos de foliação, lineação e eixos de dobras foram cuidadosamente levantados para análise estrutural da área, que é fortemente afetada por tectônica dúctil.

1.3.3 Tratamento de dados estruturais

Por meio dos dados obtidos através das medições planos de foliações, lineações e fraturas, medidos durante a etapa de campo, utilizando o *software*

Stereonet, produziu-se estereogramas, que para tentar compreender o controle estrutural da área de estudo, foram analisados e comparados com as interpretações estruturais geradas através dos mapas do aerolevante geofísico. Para concepção dos estereogramas, os valores das medidas estruturais foram reorganizados em uma tabela utilizando o bloco de notas, com o arquivo sendo salvo no formato txt. e lançada no *software*.

1.3.4 Elaboração dos mapas

Com as informações adquiridas durante a etapa de campo e refinadas em seguida nas etapas laboratoriais, os mapas geológicos foram produzidos no *software* ArcMap, versão 10.6.1, posteriormente os *sketches* desses mapas e todos os outros mapas e figuras presente nesta dissertação, foram gerados e/ou editados no CorelDRAW 2019.

1.3.5 Integração dos dados

Tendo como base a integração das informações adquiridas através das interpretações aerogeofísicas e mapeamento geológico, levou-se ao produto e objetivo do trabalho proposto, a elaboração de um relatório de dissertação de mestrado, com a sugestão de um modelo geológico-estrutural para a região estudada.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

No que diz respeito ao contexto geológico regional, a área de estudo está localizada no Terreno Alto Moxotó, que faz parte da Subprovíncia ou Zona Transversal da Província da Borborema (PB). Localizada na porção nordeste da Plataforma Sul-Americana, a PB abrange uma área de aproximadamente 400.000 km² (Almeida et al. 1981), possuindo continuidade para faixas orogênicas no oeste da África através de Togo, Benin, Camarões e Nigéria (Brito Neves et al. 2000; Santos et al. 2008; Caxito et al. 2020). Esta província é delimitada a noroeste pelo Cráton São Luis e ao sul pelo Cráton São Francisco, ambos consolidados durante o Paleoproterozoico, além das bacias costeiras e a bacia do Parnaíba, todas de idade fanerozoica (Brito Neves et al., 2000).

Dentre os cinturões orogênicos que ocupam a Plataforma Sul-americana, a PB vem sendo alvo de estudos constantes ao longo das décadas. Pioneiramente, Brito Neves (1975) estabeleceu o arcabouço da região como um sistema de dobramentos bastante complexo, desenvolvido durante o ciclo Brasileiro, que teria ocorrido no final do Neoproterozoico (~600 Ma). Destacado também pelo autor a presença de zonas de cisalhamento e lineamentos regionais, inúmeras intrusões graníticas e maciços medianos, elementos fortemente explorados pelas gerações posteriores (e.g. Jardim de Sá et al., 1981; Jardim de Sá, 1994).

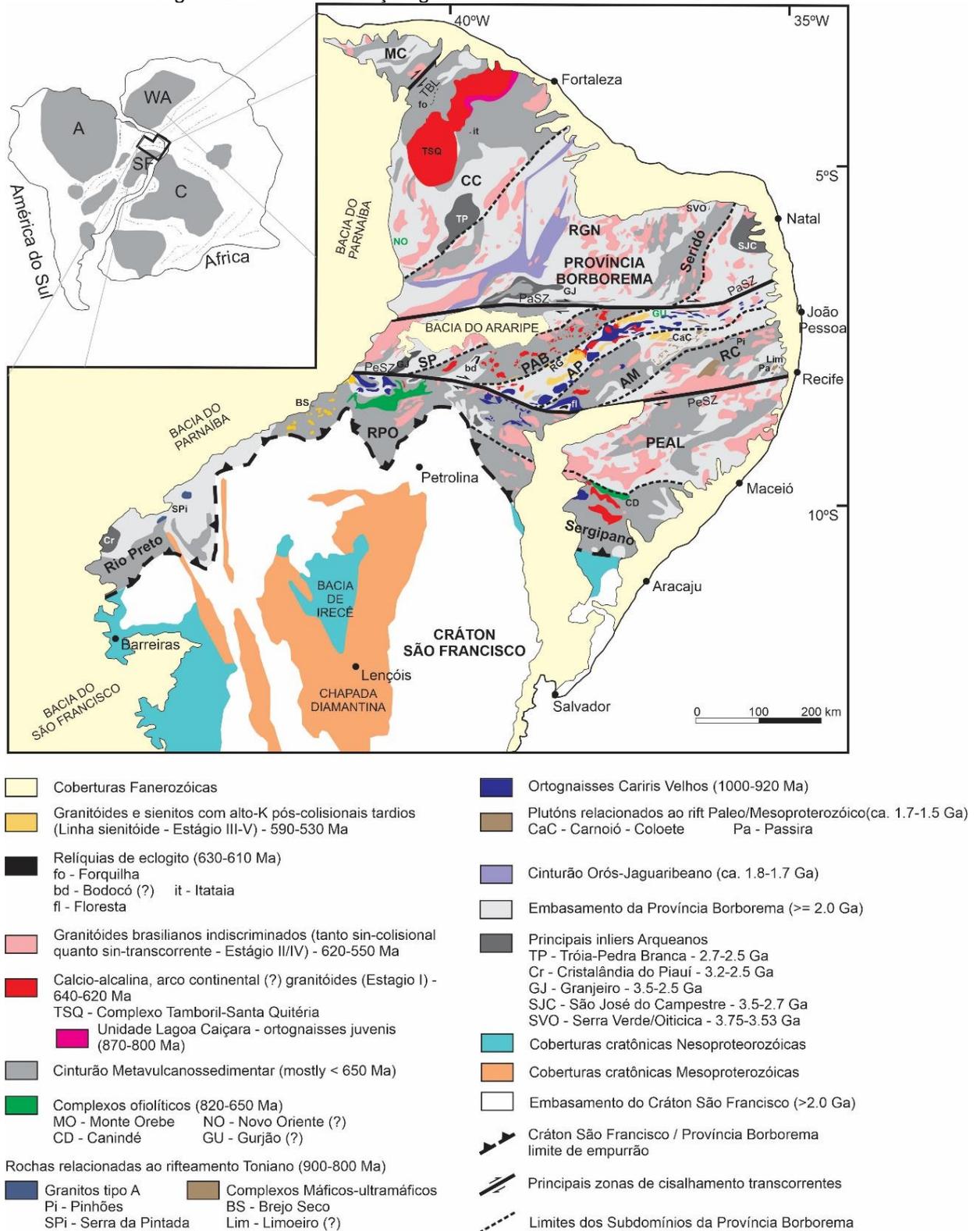
Em função da ampla distribuição de zonas de cisalhamento consideradas profundas e de caráter regional, incluindo o Lineamento Transbrasiliano-Khandi (Cordani et al., 2013), a PB foi dividida nos compartimentos ou subprovíncias Setentrional/Norte, Transversal/Central e Meridional/Sul por Van Schmus et al., (1995), nos quais são separados pelos lineamentos Patos e Pernambuco, ambos possuindo direção E-W. Uma subdivisão mais detalhada da província foi apresentada por Brito Neves et al., (2000), que levando em consideração importantes estruturas de orientação NE-SW, reclassificou as subprovíncias nos domínios Médio Coreaú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Meridional (Figura 2), (Brito Neves et al., 2000).

Através da investigação de possíveis eventos de acreção e colisão de microcontinentes ou terrenos durante a formação de cinturões tectono-metamórficos na Subprovíncia Transversal, Santos (1996) sugeriu que os eventos orogênicos

Cariris Velhos (1000-920 Ma) e Brasileiro (650-540 Ma) teriam sido responsáveis pela colagem crustal na região, modelo posteriormente incorporado por Santos e Medeiros (1999), Brito Neves et al., (2014, 2016) e Santos et al., (2018) para o restante da província.

Indícios como associações de arcos magmáticos preservados como o Complexo de Santa Quitéria no Ceará (Fetter et al., 2003; Amaral et al., 2012; Ganade et al., 2014; Pitombeira et al., 2021), e São José do Campestre no Rio Grande do Norte (Ferreira et al., 2020) remanescentes de crosta oceânica como o ofiolito de Monte Orebe na Faixa Riacho do Pontal (Caxito et al., 2014), ocorrência de rochas que registram episódios de alto grau metamórficos, como eclogitos que ocorrem ao longo do Lineamento Transbrasileiro (Amaral et al., 2011; Ancelmi et al., 2013; Ganade de Araújo et al., 2014a,b; dos Santos et al., 2015) e na Zona Transversal (Santos, 1995; Lages e Dantas 2016), além de investigações geofísicas incluindo magnetometria, gamaespectrometria, gravimetria, magnetotélúrico e sísmica de reflexão (Lima et al., 2015; Padilha et al., 2016; Gusmão e Medeiros, 2018), representam evidências compatíveis com tectônica acrescionária. Modelos similares envolvendo consumo de oceanos, mas não necessariamente extensa colagem de terrenos são apresentados por Ganade de Araújo et al., (2015) e Caxito et al., (2020).

Figura 2 - Contextualização geotectônica da Província da Borborema.



Fonte: Caxito et al., (2020).

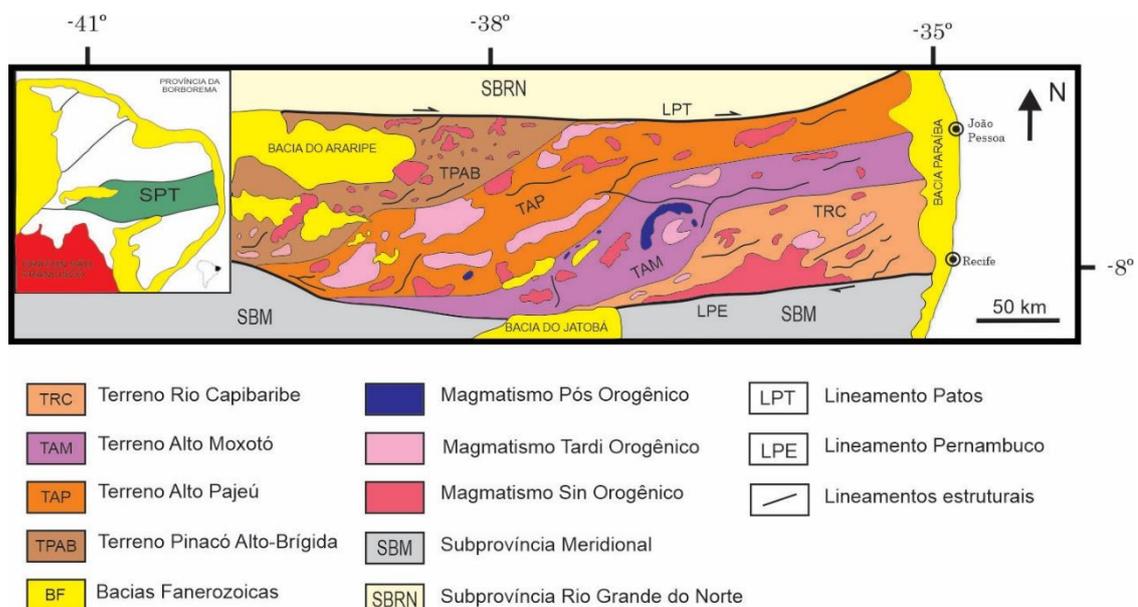
Por outro lado, Neves et al., (2003, 2006, 2020) contestam o modelo de tectônica acrescionária, principalmente com base em dados de geoquímica

elementar, propondo em contrapartida um modelo onde predominaria orogenia intracontinental em resposta à esforços distantes, sendo a Borborema, um remanescente litosférico paleoproterozoico, sendo sistematicamente retrabalhado durante o Neoproterozoico.

2.1 SUBPROVÍNCIA TRANSVERSAL (SPT)

Limitada a norte pelo Lineamento Patos e a sul pelo Lineamento Pernambuco, a SPT (Figura 3), abrange grande parte dos territórios dos estados da Paraíba e Pernambuco. Esta subprovincia apresenta um *trend* estrutural ENE-WSW, agrupados em terrenos formados por rochas que variam do Arqueano até Neoproterozoico, separados por significativas zonas de cisalhamento (Santos e Medeiros, 1999). De leste para oeste os terrenos são: Rio Capibaribe (TRC), Alto Moxotó (TAM), Alto Pajeú (TAP) e Piancó Alto-Brígida (TPAB) ou faixa Cachoeirinha, (Santos 1996; Brito Neves et al. 2000; Santos et al. 2000; Medeiros 2004; Oliveira 2008). No extremo oeste do estado de Pernambuco, ocorre ainda o Terreno São José do Caiano, também denominado de Ouricuri-Trindade, cuja geologia é pouco conhecida, tendo sido recentemente estudado por Basto et al., (2018).

Figura 3 - Mapa simplificado do Subdomínio Transversal com a divisão dos seus terrenos.



Fonte: Modificado de Brito Neves et al. (2005).

Segundo os autores supracitados, esses terrenos foram afetados por dois importantes eventos orogênicos, Cariris Velhos, de idade Toniana (1000 - 920 Ma) e sequencialmente Brasileiro de idade Ediacarana (800 - 500 Ma) (Ver Brito Neves et al., 2014 para detalhes e Neves 2015 para interpretações). Outro aspecto marcante da região é a vasta ocorrência de plutonismo relacionados a episódios orogênicos, que se apresentam na forma de batólitos e *stocks* graníticos cálcio-alcálicos de idade Ediacarana, localizado essencialmente no TPAB (Brito Neves et al., 2016). Como o foco do presente trabalho é o Terreno Alto Moxotó, uma síntese de sua geologia é apresentada a seguir.

2.1.1 Terreno Alto Moxotó (TAM)

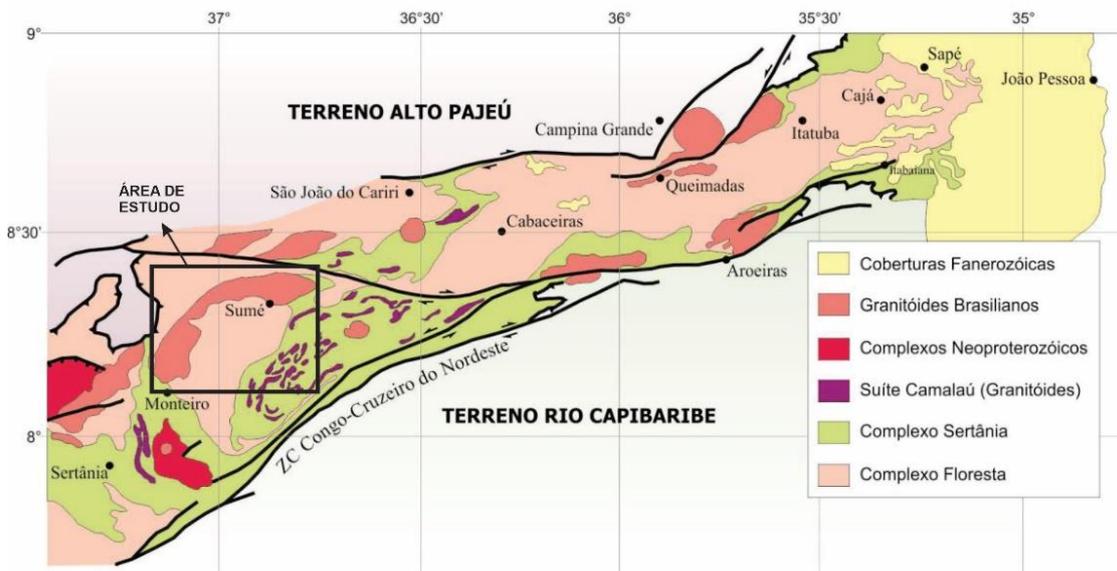
Com trama estrutural que segue o sentido geral NE-SW, cobrindo uma área que vai dos arredores do município de Sapé (PB) até a as proximidades de Floresta (PE), o TAM é delimitado tectonicamente a norte pelo Terreno Alto Pajeú, através da *Nappe* Serra de Jabitacá (Santos e Medeiros, 1999; Santos et al., 2017), enquanto a porção sul, é limitada pelos terrenos Rio Capibaribe e Pernambuco-Alagoas, mediante as zonas de cisalhamento transcorrentes Congo-Cruzeiro do Nordeste e Pernambuco, respectivamente (Brito Neves et al., 2013), estruturas desenvolvidas durante o pico metamórfico do evento Brasileiro. O trabalho concebido por Santos (1977) é pioneiro no âmbito regional deste terreno, cujo arcabouço estratigráfico foi posteriormente aprimorado por Lima et al. (1985), Wanderley (1990), Santos (1995), Santos e Medeiros (1999), Medeiros e Torres (2000), (Santos 2004, 2015 e 2017).

Dentre as características mais marcantes deste terreno, destacam-se a escassez de rochas com idades inferiores a 1,6 Ga, à exceção de pontuais granitos anorogênicos cambrianos (560-520 Ma; Guimarães et al., 2005; Holanda et al., 2010) e a predominância de rochas de idades arqueanas e paleoproterozoicas que registram episódios de crescimento crustal em 2,60 e 2,15 Ga e subsequente retrabalhamento associado a colisão continental em torno entre 2,0 e 1,96 Ga, conforme descrevem Santos et al., (2015, 2017a) e Neves (2015). A dominância de rochas cristalizadas no intervalo Riáciano-Orosiriano, contrastando com os terrenos adjacentes, levantou a hipótese de que este pudesse representar um

microcontinente desmembrado do Super Continente Colúmbia ou Nuna, a maior massa litosférica desenvolvida durante o Paleoproterozoico (Brito Neves et al. 2020; Santos et al. 2020).

Do ponto de vista simplificado, as principais unidades do TAM (Figura 4), incluem núcleos arqueanos, como a Suíte Riacho das Lages (2,6 Ga) e complexos metaplutônicos Riácianos a Orosirianos (2,1-1.97 Ga), com o principal denominado de rochas gnáissicas e migmatíticas, tais como os complexos Floresta, Cabaceiras, Camalaú e Sumé, além das suítes mafica-ultramáficas como Malhara Vermelha e Carmo. Rochas supracrustais são paleoproterozoicas, possuindo lentes de sequencias ediacaranas, tais como os complexos Sertânia e Sumé, enquanto rochas estaterianas anorogênicas também são reportadas como as suítes Serra da Barra e Carnoió (Brito Neves et al. 2020 e referências ali contidas).

Figura 4 - Mapa simplificado das principais unidades do Terreno Alto Moxotó, com área de estudo delimitada.



Fonte: modificado de Santos et al. (2004).

Neste documento, serão apenas descritas as unidades regionais mais bem conhecidas na literatura. Dominado por metamorfismo de fácies anfíbolito alto e granulito, o Complexo Floresta é formado por rochas metaplutônicas básicas a intermediárias, com composição diversificando de dioritos a tonalitos-granodioríticos, sendo capaz também de apresentar anortositos, lentes metapiroxenitos (Santos et al. 2004; Santos et al. 2017).

A Suíte Malhada Vermelha é composta por uma sequência de gabro-anortosíticos toleííticos, definido como um importante registro de subducção tardia dentro do terreno (Santos et al., 2015; Vieira, 2017). Segundo Santos (1995), a suíte apresenta relação intrusiva com rochas do Complexo Floresta, entretanto trabalhos recentes (eg. Santos et al., 2020), sugerem que estas unidades fazem parte do mesmo complexo de arco magmático responsável pelo desenvolvimento do arcabouço crustal dominante no Terreno Alto Moxotó.

O Complexo Sertânia é composto por uma sequência metassedimentar de alto grau metamórfico e discreta contribuição vulcânica (Santos et al., 2004). Evidencia-se a ocorrência de metapelitos com níveis carbonáticos, cálcio-silicáticos, quartzíticos e raras ocorrências de metabasitos, portando porções migmatíticas ao longo do terreno, formadas graças ao metamorfismo que atingiu fácies anfíbolito por adição de voláteis e consequente redução da curva do *sólidus* (Santos et al., 2004). Estudos geocronológicos obtidos através de datações de U-Pb em zircão por *Sensitive High Resolution Ion Microprobe* (SHRIMP) e dados isotópicos de Sm-Nd obtidos por Santos et al., (2004), determinou que o Complexo Sertânia possui idade Paleoproterozoica (~2 Ga). Por outro lado, Neves et al., (2017) datou paragneisses deste complexo obtendo idades máximas de deposição ediacaranas, elevando a possibilidade de sequências mais jovens encontrarem-se ao longo do TAM.

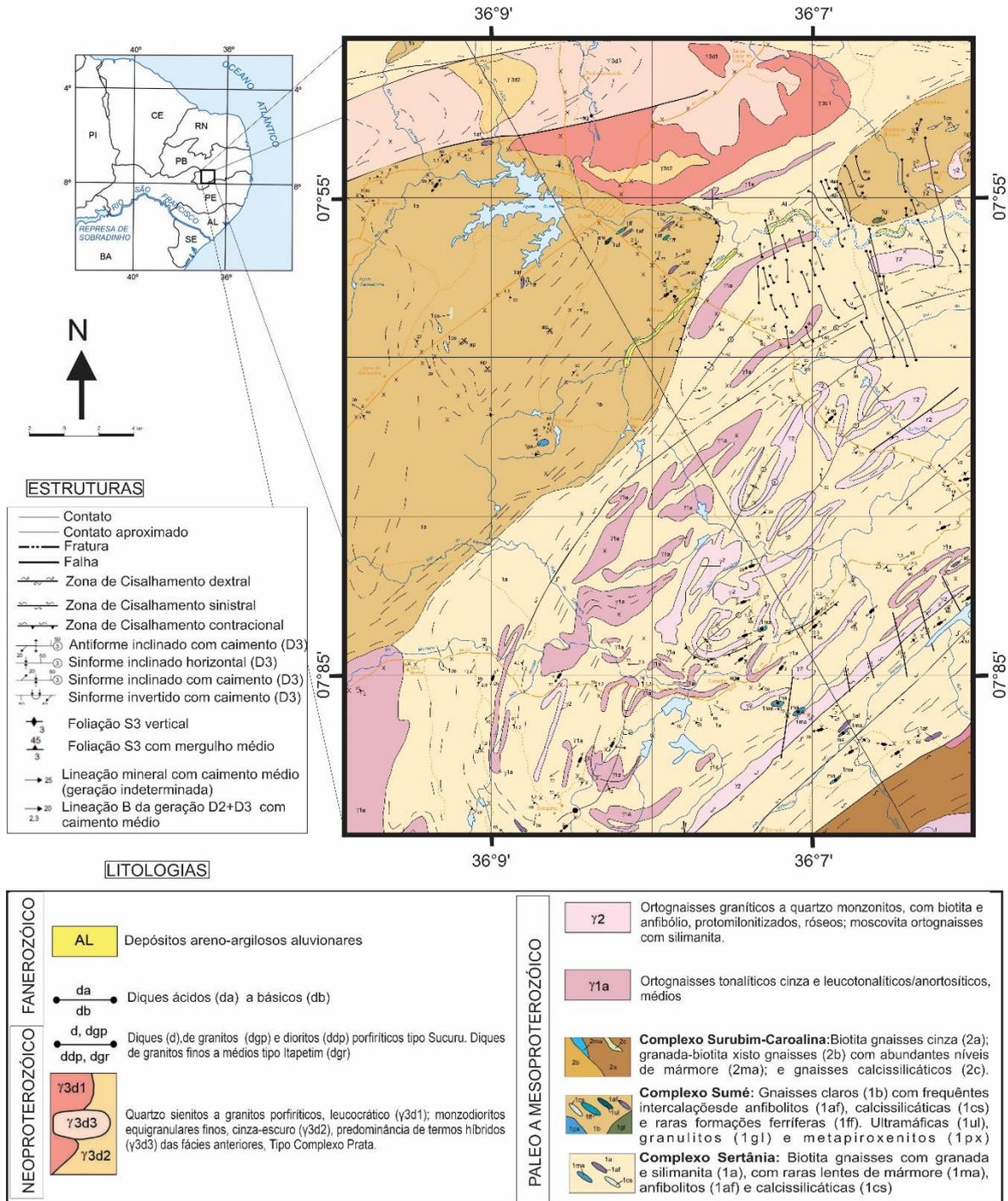
O Complexo Sumé é constituído por gnaisses de alto grau metamórfico, que incluem ortogneisses, paragneisses e migmatitos, com intercalações de metabasitos, metagabros, granada metagabros, metassienitos, calcários cristalinos, skarns, raras formações ferríferas, granulitos, metapiroxenitos e prováveis retroeclogitos (Medeiros & Torres 2000). De acordo com Silva et al., (2006) as rochas desse Complexo apresentam idades de aproximadamente 600 Ma, em contrapartida Santos e Santos (2019), analisando rochas metaplutônicas típicas deste Complexo, obtiveram através de datação U-Pb em zircão, idades de 1,97 Ga, tais valores são condizentes com dados geocronológicos característico do TAM (e.g. Santos et al., 2015, 2017; Lages et al., 2019).

2.1.2 Breve descrição sobre a geologia da região de Sumé

A Suíte Granítica Camalaú é constituída por dezenas de *stocks* deformados e intrusões tabulares (*sheets*, *sills* e *diques*), incluindo granitoides tonalíticos e trondjemíticos (Medeiros e Torres, 2000). A Suíte Olho D'Água do Cunha é formada por metaquartzo-sienitos e metapiroxenitos com skarns relacionados, que ocorrem intrusivos no Complexo Floresta. Os metaquartzo-sienitos apresentam textura granoblástica, com granulação média a grossa, devido à tectônica transcorrente que ocorreu na região, habitualmente essas rochas são foliadas, a porção máfica desta fácies é representada por cristais estirados de hornblenda e diopsídio (Nascimento 2013). Os metapiroxenitos possuem granulação fina a média, podendo apresentar grandes quantidades de plagioclásio. A ocorrência de epidoto indica que esta unidade sofreu metassomatismo, esses epidotos também são responsáveis pela coloração esverdeada no solo e são encontrados principalmente em forma de blocos ou afloramentos rasteiros associados aos metaquartzo-sienitos (Vieira, 2017).

É observado que os litotipos desta suíte são cortados por diques e veios pegmatíticos com turmalina e/ou diques aparentemente de composição diorítica, além da presença de pequenas fraturas que permitem a percolação de água, favorecendo a alteração da rocha (Nascimento, 2013). Por fim, a unidade supracrustal previamente descrita mais importante é o Complexo Sumé. Além do que foi descrito previamente para esta unidade, na região destaca-se a presença de skarns, os quais são mineralizados em apatitas gemológicas, cuja gênese está ligada também a percolação de fluídos durante o evento orogênico Brasileiro, favorecido pela ampla rede de zonas de cisalhamento que ocorrem ao longo do Terreno Alto Moxotó, conforme descrevem Nascimento (2013) e Vieira (2017). De acordo com Nascimento (2013), a mineralização de apatida é datada em torno de 557 Ma; ou seja, relacionada a um episódio hidrotermal *tardi*-Brasiliano.

Figura 5 - Recorte da área de estudo, retirado do mapa geológico da folha SB.24-Z-D-V- SUMÉ.

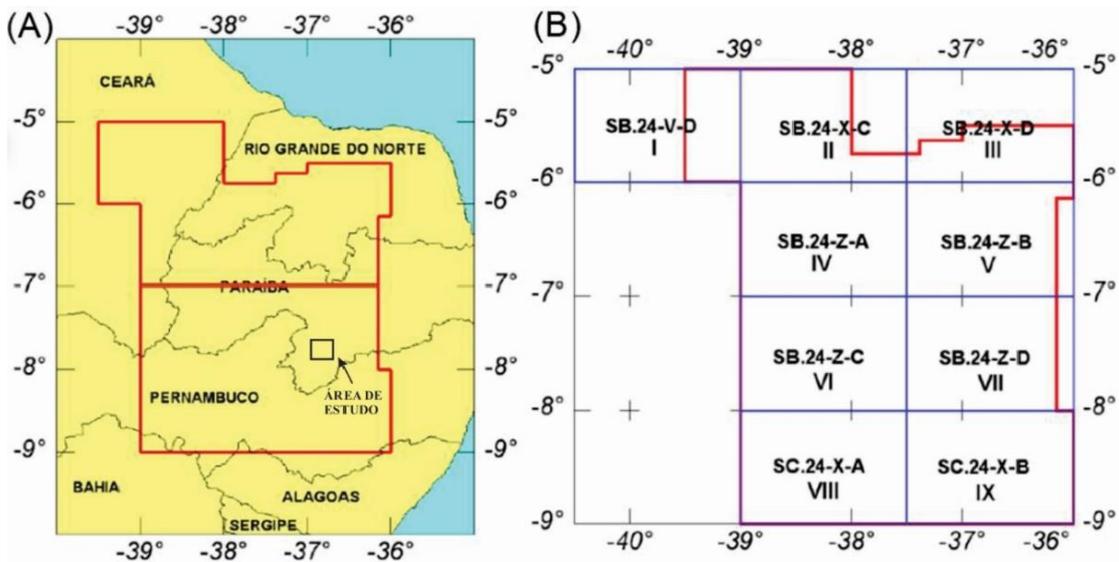


Fonte: Medeiros e Torres (2000).

3 AEROGEOFÍSICA

Todos os dados aerogeofísicos utilizados na presente dissertação estão disponíveis e foram obtidos pelo banco de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), por meio do site <http://geosgb.cprm.gov.br/>, baixados no formato GEOTIFF. A presente área de pesquisa encontra-se inserida no projeto Pernambuco-Paraíba, cujo código dentro do levantamento aerogeofísico é 1091 (Figura 6). O levantamento que originou esses dados foi realizado em um contrato de parceria entre a CPRM e as empresas Lasa Engenharia e Prospecções S/A e Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gama-espectrométricos da região que cobre parcialmente os estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Alguns dos principais métodos e parâmetros para a realização desses projetos estão listados na Tabela 1.

Figura 6 - Figura 6: a) Mapa de localização referente aos projetos de aerolevantamento Pernambuco-Paraíba (1091), representado pela área inferior e Paraíba- Rio Grande do Norte (1092), representado pelo quadrante superior, área de estudo delimitada pelo retângulo preto; B) Encarte das folhas com escala de 1:250.000 obtidas com o levantamento (CPRM).



Fonte: CPRM (2010).

Tabela 1 - Resumo dos principais parâmetros do aerolevante dos projetos 1091 e 1092.

Métodos:	Magnetometria e Gama-espectrometria
Contratante:	CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Contratado:	LASA Engenharia e Prospecções S.A. e PROSPECTORS Aerolevante e Sistemas Ltda
Contrato:	064/PR/08
Período:	31/01/2009 a 10/09/2009
Número de áreas:	1
Total de Perfis:	286.377,07 km
Intervalo (AM):	0,1s (magnetometria) 1,0s (gama-espectrometria) (PR-FAS)
Altura de Voo:	100 m
Área Total:	134.644,89 km ²
Direção (LV):	N-S
Espaçamento (LV):	0,5 km
Direção (LC):	E-W
Espaçamento (LC):	10 km
Tempo de Integração Gama (s):	1
Produtos:	Fitas de vídeo com o registro do percurso dos perfis e arquivos digitais xyz dos perfis

Fonte: <https://www.cprm.gov.br/aero/1000/aero1000.htm> (2010).

3.1 GAMAESPECTROMETRIA

Este método, comumente utilizado em levantamentos geológicos regionais, tem como princípio ponderar a radiação emitida pelo potássio (K), tório (Th) e urânio (U) de rochas de superfície. Com a utilização de *softwares* específicos, os valores de concentrações de potássio (dados em porcentagem), urânio equivalente e tório equivalente (dados em partes por milhão), são transformados em mapas para cada elemento, podendo também ser apresentados como mapas de razões (U/Th, Th/K, U/K, K.U/Th), contagem total e ternário. Embora a coleta dos dados seja possível apenas em rochas superficiais ou em baixíssimas profundidades, e também as limitações em regiões que apresentam solos muito profundos ou vegetação intensa,

a aerogama-espectrometria é uma importante ferramenta para trabalhos de mapeamento geológico em regiões semiáridas como a proposta para este estudo.

3.2 MAGNETOMETRIA

A magnetometria tem como princípio a medição das variações naturais do campo magnético terrestre. Essas mudanças ocorrem por contrastes nos teores de minerais ferromagnéticos (*e.g.* magnetita, ilmenita e pirrotita), que são responsáveis pela diferença de susceptibilidade magnética em rochas crustais. Este método é bastante utilizado para a delimitação estrutural, principalmente em regiões afetadas por zonas de cisalhamento, uma vez que sua resposta é dependente da profundidade. Por ser considerado um método relativamente rápido e apresentar respostas bastante significativas, é uma das ferramentas da geofísica mais utilizadas para prospecção de minerais metálicos em áreas caracterizadas por anomalias magnéticas positivas.

3.3 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Todos os mapas aerogeofísicos aqui apresentados foram confeccionados através do *software* Oasis Montaj, versão 6.4.3 da *Geosoft Inc.* A partir dos mapas individuais de contornos radiométricos do potássio, tório equivalente e urânio equivalente gerados através do levantamento de gamaespectrometria, foi produzido um novo mapa de distribuição ternária dos três elementos, com padrões de cores RGB (*Red, Green e Blue*), onde: R = Potássio; G = Tório e B= Urânio (Figura 7).

A junção das informações desses três canais tem como objetivo auxiliar na interpretação litológica da região, com base na observação de variações das tonalidades de cores geradas a partir da interação do RGB, possibilitando a área ser dividida em dez domínios litogeofísicos (Figura 8), sendo eles definidos como:

- Domínio 1: Localizado na porção sudoeste da área de estudo, é caracterizada por apresentar valores altos de potássio, com aproximadamente 7,872%,

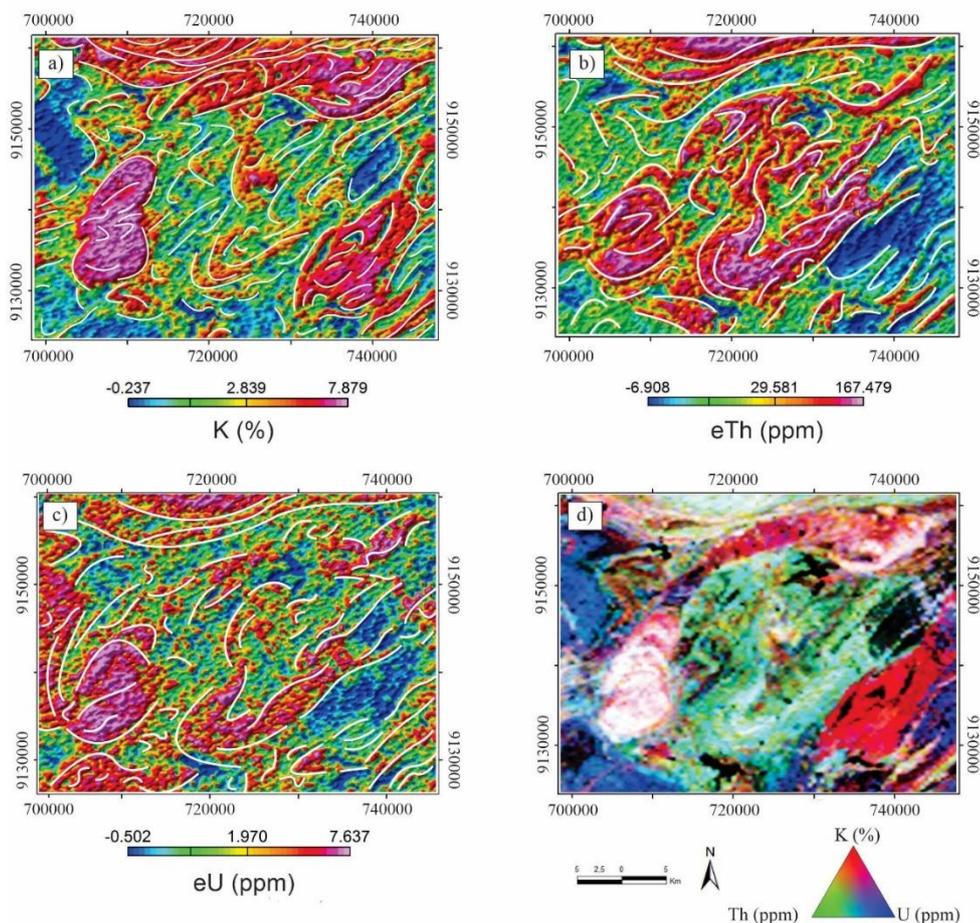
concentrações muito baixas de tório equivalente (em torno de -6,908 ppm) e urânio equivalente exibindo valores em torno de -0,502 ppm.

- Domínio 2: Situado na região N-NE da área, assim como o domínio 1, apresenta altos teores de potássio, variando entre 4,900% e 7,872%, baixos valores de tório equivalente, além de médios teores de urânio equivalente, em torno de 1,970 ppm, com ocorrências pontuais de teores levemente mais altos.
- Domínio 3: Distribuído nas porções NW e SE, este domínio é caracterizado por altos valores de porcentagem em potássio e tório equivalente, e baixo em urânio equivalente.
- Domínio 4: Caracterizado por apresentar variações de valores medianos a altos em porcentagem de potássio, e baixas concentrações de tório equivalente e urânio equivalente, isto caracteriza a coloração avermelhada e levemente esbranquiçada que definiu esse domínio, claramente observado na figura 7d.
- Domínio 5: Distribuído nas regiões NE, S-SW e NW, este domínio apresenta altas concentrações de tório equivalente, chegando a conter valores em torno de 167 ppm, além de valores médios na porcentagem de potássio e baixos teores em urânio equivalente.
- Domínio 6: Por possuir respostas similares ao do domínio cinco, onde, em comparação, apresenta valores menores a porcentagem de potássio, e continua com altos teores de tório equivalente e baixos em urânio equivalente.
- Domínio 7: Disseminado nas regiões NW, SW e SE, este domínio, tem como sua principal característica, variações de altos teores de urânio equivalente, podendo conter valores aproximados de 7,600 ppm, além de contém valores médios de porcentagem em potássio e baixos de tório equivalente.
- Domínio 8: Posicionado nas seções W e SE, este domínio é formado por altos valores em urânio equivalente, mas com valores um pouco menores em comparação ao domínio sete, e teores médios em porcentagem de potássio e tório equivalente.

- Domínio 9: Inserido nas porções NW e NE, este domínio é caracterizado por elevados valores nos canais do potássio e urânio equivalente, além de valores baixos no canal do tório equivalente.
- Domínio 10: Caracterizado pela ausência dos três elementos, esta resposta é típica de corpos d'água. Onde, por exemplo, podemos definir claramente na região N-NE, o Açude Sumé.

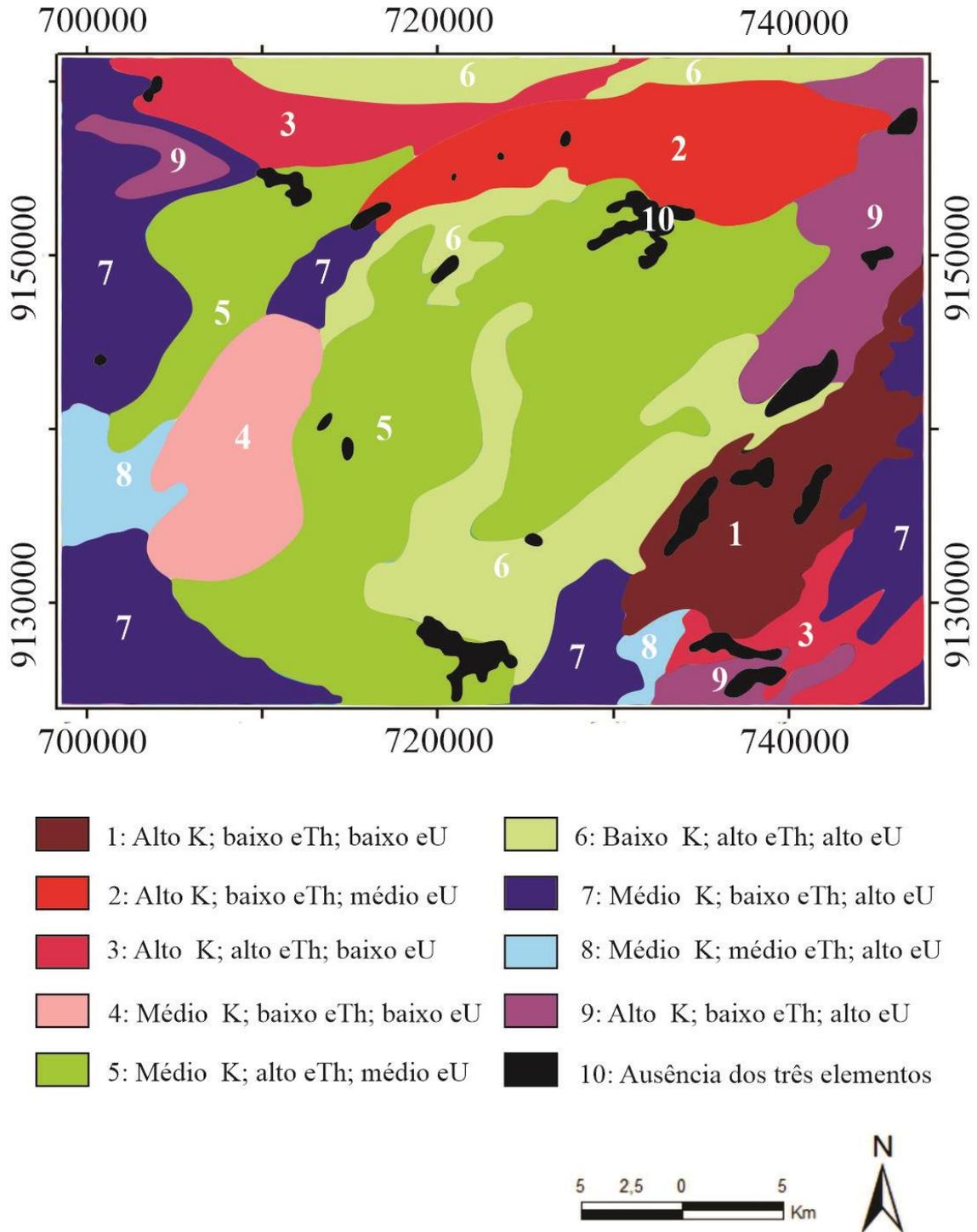
Além disso, foram interpretadas estruturas gama-espectrométricas que possuem *trends* nas direções E-W e NE-SW, principalmente associadas às anomalias de K (estruturas E-W à norte da área), eTh (estruturas produzindo dobras fechadas e abertas na porção central da área) e eU (estruturas NE-SW associadas a anomalias localizadas na porção SE da área).

Figura 7 - Mapas individuais de contornos radiométricos dos canais dos três elementos, com linhas brancas destacando lineamentos gama-espectrométricos: a) Potássio; b) Tório equivalente; c) Urânio equivalente, d) Mapa ternário RGB gerado a partir da compilação dos mapas individuais. O traçado branco nas figuras (a), (b) e (c) corresponde a lineamentos gama-espectrométricos interpretados.



Fonte: O Autor (2022).

Figura 8 - Mapa litogeofísico com base nos domínios gama-espectrométricos da área de estudo a partir da interpretação do mapa ternário RGB.



Fonte: O Autor (2022).

Os dados aeromagnéticos foram tratados para correção da variação diurna e remoção do campo geomagnético internacional de referência (IGRF – *International Geomagnetic Reference Field*). Este método consiste na definição da superfície de

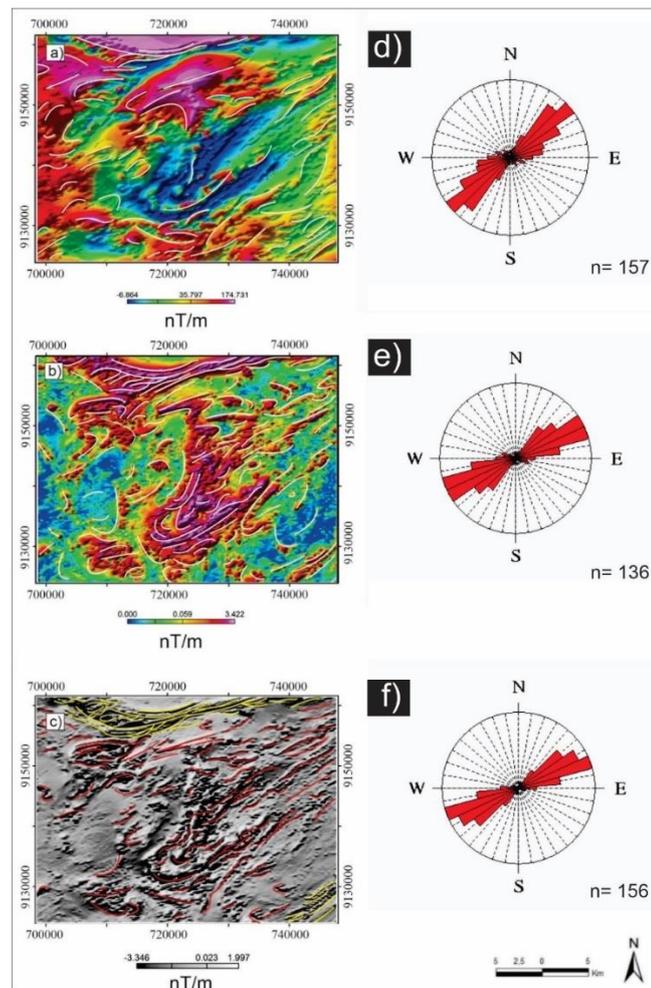
tendência que expressa o comportamento do campo geomagnético internacional na área de estudo, os valores do IGRF foram considerados a uma altitude de 500m, referente ao ano de 2005, mas corrigida para a data de 22/05/2009. A gridagem utilizada nos dados magnetométricos foi a bidirecional. Já os mapas de contorno, foram gerados a partir de *grids* regulares, sendo interpolados em malha quadrada, apresentando extensão de 125 m x 125 m, este valor é equivalente a um quarto do espaçamento entre as linhas de voo do aerolevanteamento. Os produtos utilizados nesta pesquisa buscaram delimitar as principais estruturas que controlam a tectônica da região de Sumé, cuja resposta para estruturas profundas foi obtida principalmente utilizando os mapas de Amplitude do Sinal Analítico (ASA), Campo Magnético Anômalo (CMA) e de primeira derivada vertical (DZ), por meio das anomalias magnéticas, tornou-se possível interpretar e determinar as principais estruturas regionais da área (Figura 9).

A escolha dos mapas seguiu a importância e características individuais. O CMA apresenta um caráter dipolar, apresentando sempre duas respostas, um alto e outro baixo, essa característica dificulta um pouco sua interpretação, contudo, é uma ferramenta que contribui para a interpretação de estruturas (Sordi, 2007). Já o mapa ASA, tem sua importância por se tratar de um mapa monopolar, retirando assim a distorção dipolar do mapa magnético, bastante utilizado por limitar muito bem bordas de corpos largos e centro em corpos estreitos (Blum et al. 1999). O DZ é utilizado para realçar corpos na direção vertical, com isso, é possível definir limites das anomalias magnéticas e destacar as altas frequências com baixo comprimento de onda (Ferreira, 2018 e referências ali contidas).

O *trend* geofísico dominante na magnetometria segue a mesma estruturação dos lineamentos traçados por meio da gama-espectrometria, seguindo a direção geral NE-SW e E-W, sempre associados à pares positivo-negativo de anomalias magnéticas. A análise de todos os mapas permite claramente interpretar que as estruturas profundas respondem a forte influência da Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste, que limita os terrenos Altos Moxotó e Rio Capibaribe na porção sul da área de estudo, enquanto o segundo predomina na porção norte da área de trabalho, seguindo um padrão característico da Zona de Cisalhamento Coxixola, apresentando transcorrência sinistral e dextral, respectivamente.

Por outro lado, as anomalias magnéticas revelam forte dobramento regional em escala de mapa, o que pode ser preliminarmente interpretado pelo efeito da tectônica transcorrente, uma vez que os planos axiais teóricos regionais estariam orientados paralelamente a essas estruturas. Por outro lado, o dobramento da foliação caracterizado por lineamentos magnéticos sinuosos, pode ser indicativo de que mais componentes estruturais atuaram na área de estudo, o que é típico de deformação progressiva ou polifásica; hipóteses discutidas nos capítulos a seguir.

Figura 9 - a) Campo Magnético Anômalo, com as linhas em branco destacando as principais estruturas interpretadas, b) Mapa de Amplitude do Sinal Analítico, com linhas em branco destacando as principais estruturas interpretadas, c) mapa derivada DZ, com as linhas amarelas destacando estruturas de primeira ordem, relacionadas a zonas de Cisalhamento Coxixola a norte e Congo Cruzeiro do Nordeste a sudeste, e linhas vermelhas interpretadas como estruturas de segunda ordem, relacionadas a planos de foliações e dobras, d) diagrama de rosetas com *trend* preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa CMA, e) diagrama de rosetas com *trend* preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa ASA, f) diagrama de rosetas com *trend* preferencial NE-SW feitos a partir das estruturas do mapa DZ.



Fonte: O Autor (2022).

4 GEOLOGIA ESTUTURAL

Toda a área de estudo é caracterizada por apresentar intensa deformação, com sobreposições estruturais bastante profundas, específico de uma crosta que sofreu vários estágios deformacionais, controlados essencialmente pelas zonas de cisalhamento regionais e locais, que apresentam fortes anomalias magnéticas ao longo do *trend* NE-SW. O primeiro estágio de deformação (D_1) mapeado é marcado por intensa migmatização, com posterior retrabalhamento de fases deformacionais mais jovens. Essas estruturas são encontradas essencialmente nas unidades do Complexo Sertânia, e, em alguns casos, nos metatexitos ortoderivados pré-brasileiros que ocorrem na região. Dobras ptigmáticas (f_1), com mesossoma e leucossoma bem definidos, são bem marcadas nas rochas ortoderivadas (Figura 10), onde, segundo Santos *et al.* (2020), apresentam composição gabro/diorítica e tonalítica.

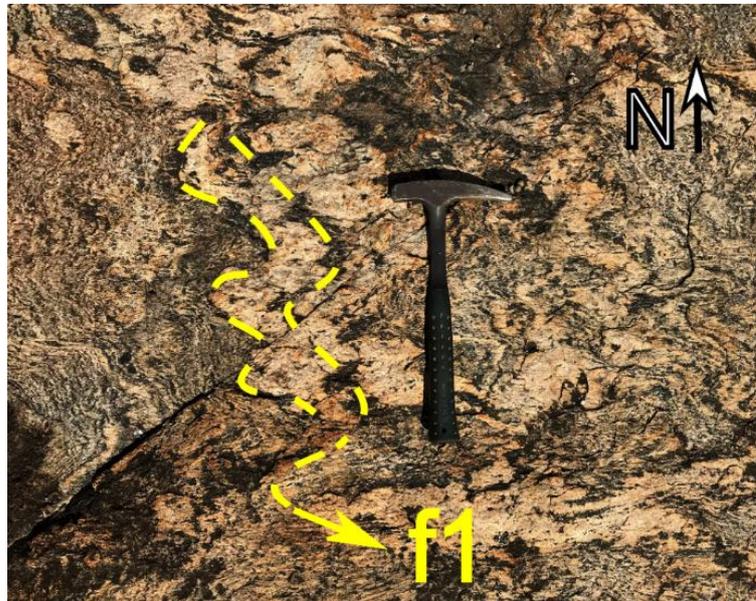
A segunda fase de deformação (D_2), representa os eventos com componentes de empurrão e transcorrência, caracterizados zona de cisalhamento dextral de Piões, que apresenta transporte tectônico NW, marcado nos ortognaisses da região. Responsável também pelo dobramento em D_1 , os principais marcadores estruturais que caracterizam este evento, são *sheets* gnáissicos protomiloníticos e tectonitos. A foliação S_2 , é encontrada nos xistos do Complexo Sertânia, apresentando mergulho para S-SE de aproximadamente 4 a 12° (figura 11a e 11b).

Lineações de estiramento mineral (L_2), estão associadas a esta foliação de baixo ângulo, e se apresentam de forma oblíqua ou vertical em relação a foliação S_2 , são formadas essencialmente pela orientação de anfibólios e pequenos cristais de turmalina. Dobras f_2 se apresentam com *trend* preferencial NW-SE, apresentando plano axial horizontal ou oblíquo, variando de inclinadas à recumbentes com geometria isoclinal (Figura 12).

A fase deformacional D_3 é caracterizada pela deformação transcorrente sinistral da zona de cisalhamento Xinxó, presente nos milonitos da Suíte Carnaió, seguindo a orientação do *trend* NE-SW de caráter regional (Figura 13a). Já a foliação S_3 (Figura 13b) apresenta alto ângulo de mergulho com direção NE-SW, nas proximidades da zona de cisalhamento, exibe mergulho NW ou SE. De forma

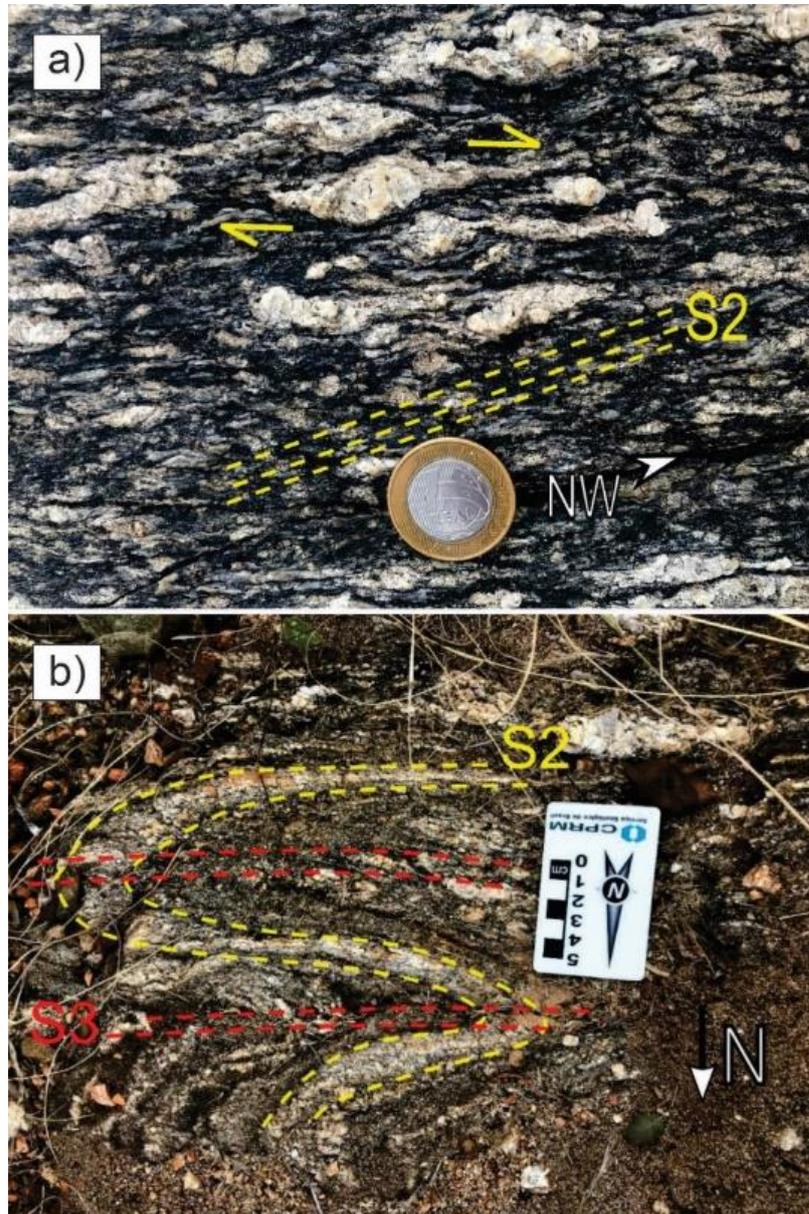
paralela aos planos XY Lineações de estiramento L_3 (Figura 13c) se encontram paralelamente aos planos XY do elipsoide de deformação, contendo alinhamento mineral sub-horizontal em relação ao S_3 . As dobras f_3 contém plano axial vertical NE-SW decorrente do redobramento das estruturas S_2 (Figura 13d), com orientação preferencial NW-SE, sendo capaz de apresentar dobras intrafoliais f_2 incorporado nos planos de transcorrência. Por último, a fase deformacional D_4 , é definida pelo regime rúptil, caracterizado por falhas e fraturas verticais a bus-verticais (Figura 14), encontrado em toda área de estudo, apresentando *trends* principais NE-SE e NW-SE.

Figura 10 - Destaque para dobras pitigmáticas (f_1) presente nos ortognaisses da Suíte Carnoió, formadas a partir de altas condições de elasticidade, comum em zonas migmatíticas.



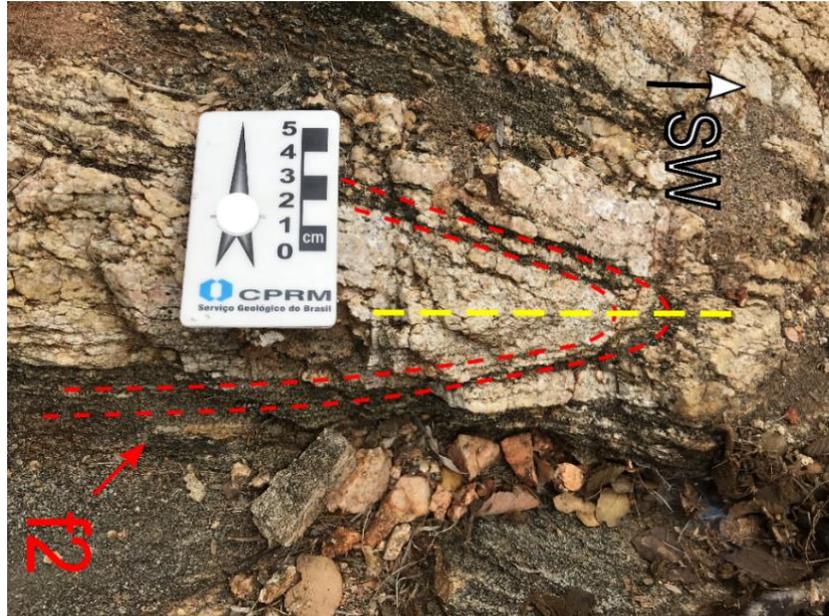
Fonte: O Autor (2022).

Figura 11 - a) Foliação S_2 apresentando mergulho de baixo ângulo em ortogneisse da Suíte Camalaú. Cristal assimétrico de feldspato, exibindo cinemática sinistral, gerada por um evento deformacional D_3 ; b) Foliação S_2 relacionada ao evento deformacional D_3 , que formou dobras sin-tectônicas com geometria isoclinal.



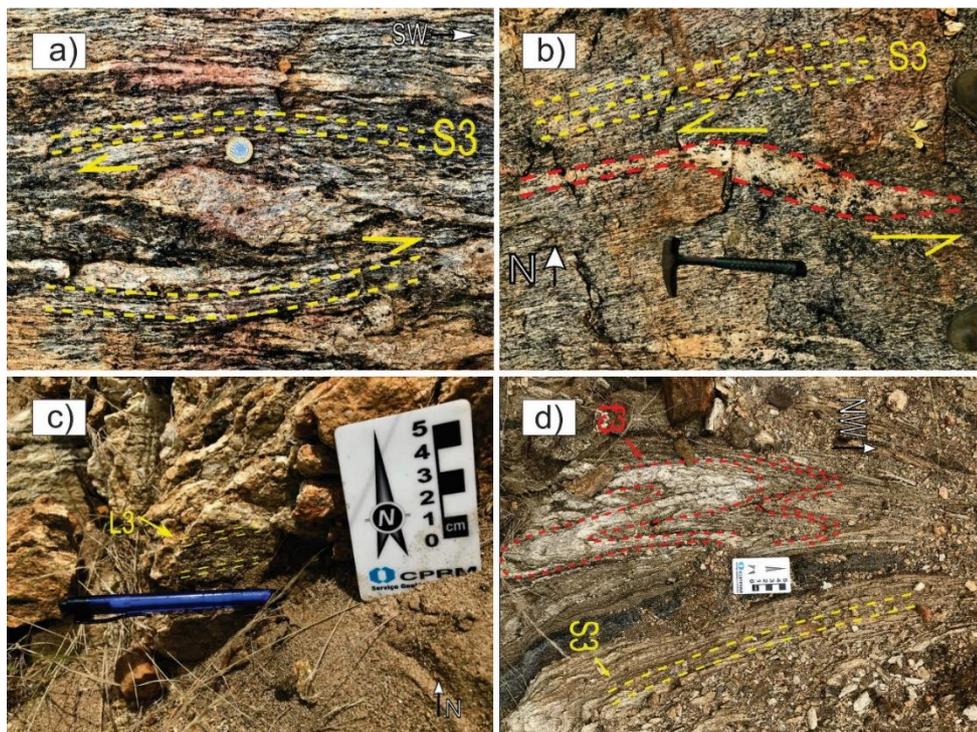
Fonte: O Autor (2022).

Figura 12 - Dobra f_2 , apresentando geometria isoclinal presente no paragnaisse do Complexo Sertânia.



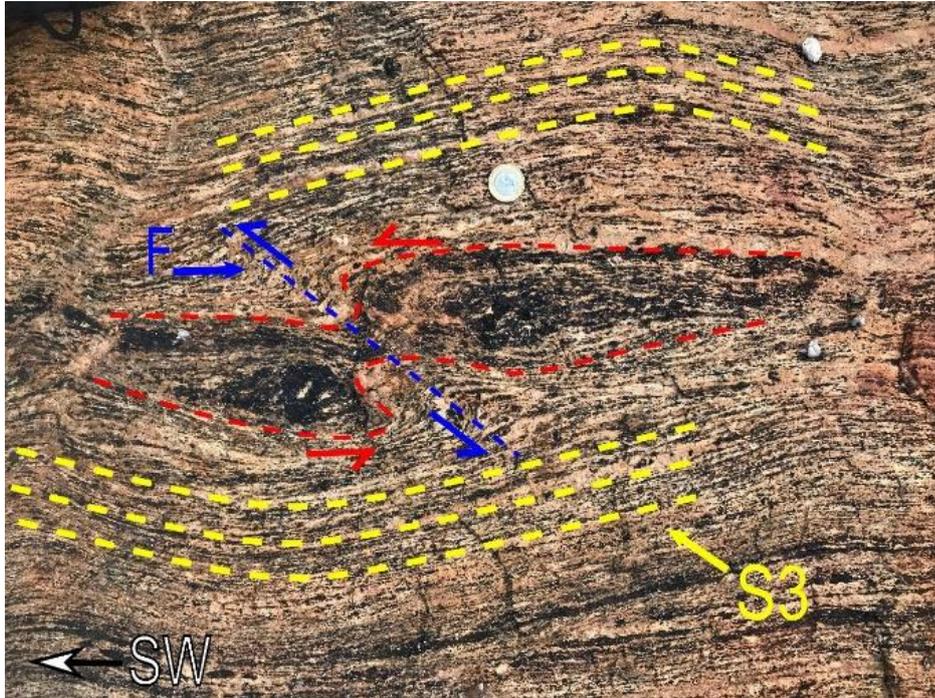
Fonte: O Autor (2022).

Figura 13 - a) Foliação S_3 com orientação NE-SW, contendo cristal assimétrico exibindo cinemática sinistral presente em milonito da Suíte Carnaió; b) Foliação S_3 em minolito, com mergulho de alto ângulo, também em destaque, veio de pegmatito apresentando cinemática sinistral; c) Lineação mineral L_3 sub-horizontal em paragnaisse do Complexo Sertânia; d) Paragnaisse do Complexo Sertânia, destacando em amarelo a foliação transcorrente S_3 , em paralelo, destacado em vermelho, dobras simétricas em M (f_3) resultantes do redobramento das estruturas S_2 .



Fonte: O Autor (2022).

Figura 14 - Foliação S3 em ortognaisse da Suíte Carnoió marcado em amarelo, em seu interior, boudin assimétrico com cinemática sinistral, cortado por fratura (F).



Fonte: O Autor (2022).

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A análise integrada de dados aerogeofísicos com geologia estrutural em escala mesoscópica permitiu detalhar a resposta da crosta paleoproterozoica do Terreno Alto Moxotó à deformação imposta, sobretudo desenvolvida durante a orogênese Brasileira, bem como avaliar a eficiência do método gama-espectrométrico na identificação das principais unidades descritas neste terreno.

Com base nas concentrações dos radioelementos, oito domínios gama-espectrométricos foram definidos e puderam ser comparados com unidades regionais definidas na literatura. Os domínios 1 e 3, caracteristicamente enriquecidos em K, correspondem a ortognaisses e metagranitos interpretados como parte da Suíte Carnoió, datada em 1,6 Ga (Lages et al. 2019). Outro domínio caracteristicamente enriquecido em K é o 2, que corresponde a borda NE do granito de Sumé, um plúton com aproximadamente 533 Ma e 250 km² de extensão. Este granito possui uma variação faciológica considerável, onde interpreta-se que o domínio 2 corresponda ao fácies sienogranítico, enquanto que os domínios 7 e 4 corresponderiam a composições monzograníticas, conforme descrevem Hollanda et al., (2010). Já os domínios 5 e 6 correspondem a rochas metamáficas-ultramáficas e sequências supracrustais, respectivamente. As rochas metamáficas são interpretadas como pertencentes a Suíte Carmo, com idades em torno de 2,15 Ga e interpretadas como lascas ofiolíticas alojadas durante um evento compressivo dessa mesma idade (Santos et al. 2015), enquanto as rochas supracrustais, um pouco mais jovens (ca. 2,0 Ga), são atribuídas ao Complexo Sertânia, principal unidade supracrustal dentro do Terreno Alto Moxotó (Santos et al. 2004). Destaca-se que a aplicação da gama-espectrometria, permitiu revelar que a região apresenta uma variação litológica substancial, comparado ao que havia sido previamente mapeado por Medeiros e Torres (2000), revelando a forte contribuição do método para o mapeamento geológico regional.

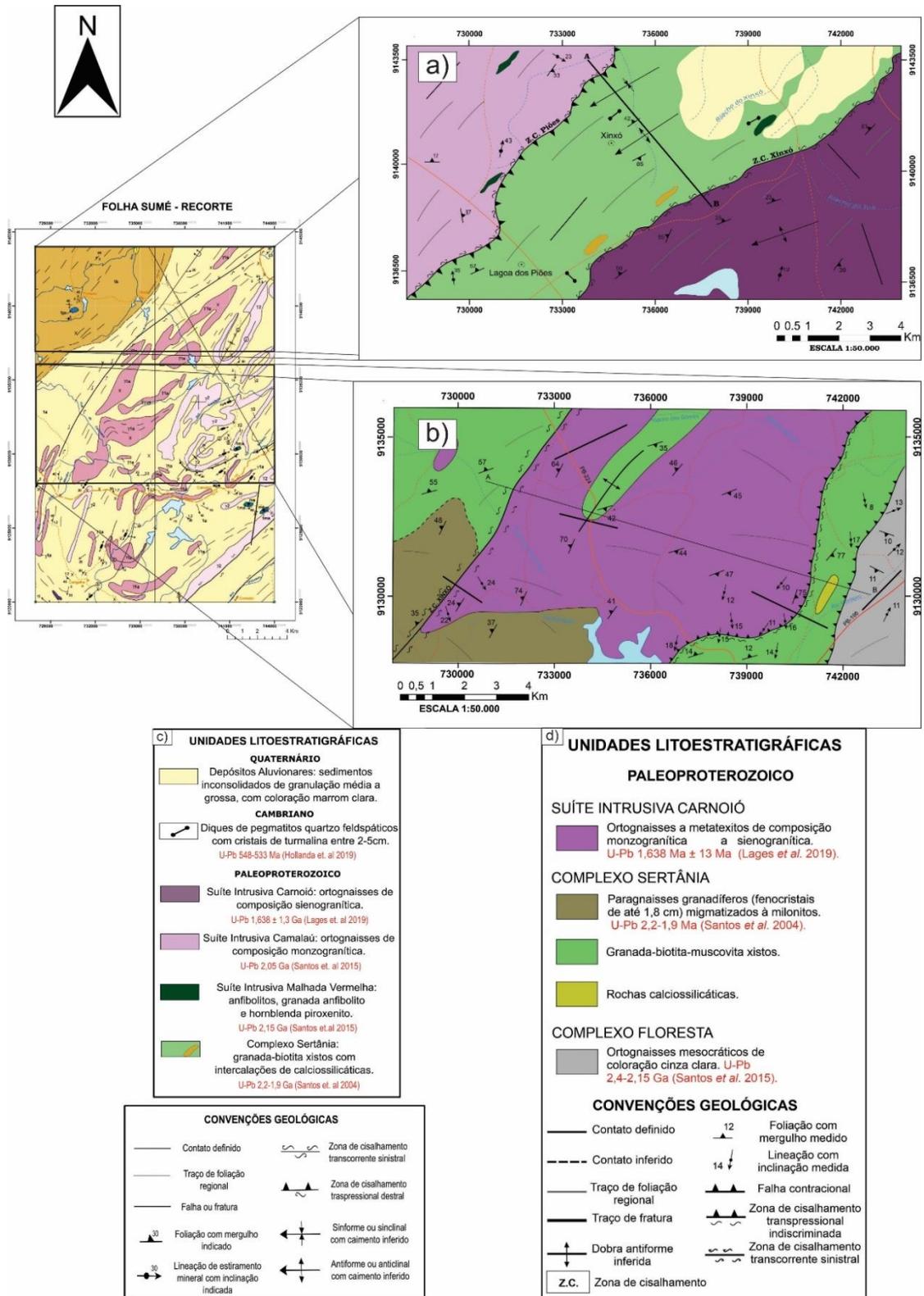
Nessa variação, destacam-se principalmente os gnaisses classificados anteriormente como pertencentes ao Complexo Sumé. A integração dos dados de gama-espectrometria, datações de U-Pb publicados na literatura e mapeamento geológico e petrografia, permitiram uma reavaliação e uma nova proposta litoestratigráfica para região (Figura 15). Através do compilado desses dados, esses

gnaisse foram subdivididos e classificados como Suíte Intrusiva Camalaú e Suíte Intrusiva Carnaió.

A Suíte Intrusiva Camalaú é formada por *sheets* de ortogneisses leucocráticos acinzentados, com foliação bem desenvolvida de baixo ângulo que intrudem os granada-biotita xisto do Complexo Sertânia, em alguns casos, apresentam-se dobrados ou milonitizados, por influência da zona de cisalhamento Xinxó. Santos et al. 2015, através da datação de zircões utilizando o método U-Pb por meio do *Laser ablation-Inductively coupled plasma-Mass Spectrometry* (LA-ICP-MS), obtiveram idades de cristalização do protólito de aproximadamente 2,05 Ga.

A Suíte Intrusiva Carnaió, é caracterizada por ortogneisse de composição sienogranítica de coloração rosada, possuindo foliação de alto ângulo bem desenvolvida e migmatização incipiente, encontram-se bastante deformados com *trend* preferencial NE-SW. Essas rochas apresentam idades de U-Pb de aproximadamente 1,6 Ga (Lages et. Al., 2019), esta idade está relacionada ao ultimo pulso tectônico de grande importância no Terreno Alto Moxotó.

Figura 15 - a); b) Mapas geológicos com nova configuração estratigráfica comparada com folha Sumé (SB.24-Z-D-V); c) unidades litoestratigráfica e estruturas de A; d) unidades litoestratigráfica e estruturas de B.

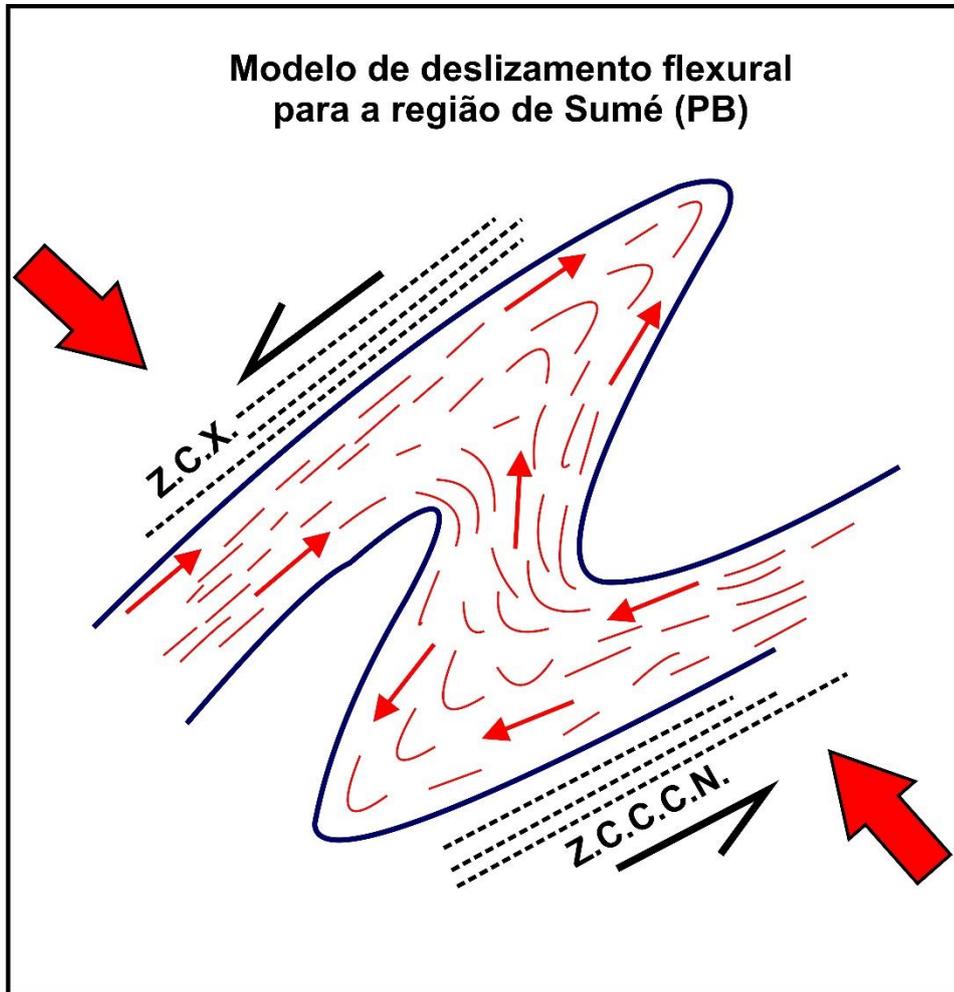


Fonte: O Autor (2022).

Por outro lado, a associação dos produtos da magnetometria com análise estrutural na área, permitiu identificar fases sequenciais de deformação. Dentre elas, a associação entre tectônica compressional e transcorrente é bastante evidente, sobretudo na estruturação do trend regional. A passagem da tectônica compressiva para regime transpressivo-transcorrente é claramente observada pela mudança progressiva do ângulo de mergulho da foliação, do interior da área para suas bordas, controladas por zonas de cisalhamento. Essa mudança, também é acompanhada pela rotação da lineação de estiramento mineral para mergulhos mais suaves, até sua completa horizontalização. Tal variação, foi interpretada por Neves et al., (2005), como relacionada a deformação progressiva em um único regime deformacional, típicos de estabilização orogênica. Por outro lado, Santos et al., (2017), sugerem que tais mudanças possam estar também associadas a ciclos orogênicos diferentes, relacionados ao Evento Cariris Velhos (1000-920) e Brasiliano (650-500 Ma). Como na área de Sumé, a manifestação de rochas tonianas é inexistente, bem como a rotação da lineação exibindo valores intermediários, sugere-se que o comportamento estrutural indicado por Neves et al., (2005), melhor enquadra tais estruturas, fato recentemente observado por Santos et al., (2020).

A estruturação regional é fortemente controlada pela tectônica transcorrente, sobretudo da zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste a sul e a zona de cisalhamento de Xinxó ao Norte, produzindo um mega dobramento de arrasto, representando a configuração geral (Figura 16). Diversos mecanismos são propostos para descrever o desenvolvimento de dobras sin-cinemáticas, incluindo dobramentos flexurais. Neste cenário, 2 modelos são propostos: fluxo e deslizamento (Donath e Parker, 1964) Sugerimos para a área que o deslizamento flexural é o principal mecanismo atuante, uma vez que neste cenário, zonas de cisalhamento tanto em escala regional, quanto em escala de detalhe produziriam pequenos deslocamentos nos limbos das dobras, produzidas por zonas de cisalhamento subsidiárias, processo comum em blocos continentais antigos. Por fim, em função da ausência de plutonismo sin-cinemático e alta preservação da crosta paleoproterozoica do Terreno Alto Moxotó, sugere-se que deformação intracontinental foi o principal mecanismo atuante no terreno (Raimondo et al. 2010), contrastando com os terrenos adjacentes, tais como Rio Capibaribe ao sul e Alto Pajeú ao norte (ver Santos et al. 2021 para detalhes).

Figura 16 - Modelo geológico proposto para a estruturação dobrada da região de Sumé (Paraíba).



Fonte: O Autor (2022).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. de et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981. AMARAL, Wagner da Silva; SANTOS, Ticiano José Saraiva dos. Airborne geophysical and tectonics of the Ceará central domain, eastern region of the Santa Quitéria magmatic arc, Borborema province, NE Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, p. 527-542, 2008.
- ALMEIDA, Cícera Neysi de et al. Evidências de metamorfismo de alta pressão na faixa de dobramentos Pajeú-Paraíba, Província Borborema, nordeste do Brasil: petrografia e química mineral de rochas metamáficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 421-434, 2009.
- AMARAL, Wagner da Silva et al. High-pressure granulites from Cariré, Borborema Province, NE Brazil: tectonic setting, metamorphic conditions and U-Pb, Lu-Hf and Sm-Nd geochronology. **Gondwana Research**, p. 892-909, 2012.
- AMARAL, Wagner Da Silva; SANTOS, Ticiano José Saraiva; WERNICK, Eberhard. Occurrence and geochemistry of metamafic rocks from the Forquilha Eclogite Zone, Central Ceará (NE Brazil): geodynamic implications. **Geological Journal**, v. 46, n. 2-3, p. 137-155, 2011.
- ANCELMI, Matheus Fernando et al. Geology of the Forquilha Eclogite Zone, Ceará Central domain, northwestern Borborema Province. **Braz. J. Geol.**, v. 43, n. 2, p. 235-252, 2013.
- ARAÚJO NETO, José Ferreira de et al. Integration of remote sensing and airborne geophysical data applied to geological mapping: A case study of the Vieirópolis region (Paraíba), Rio Grande do Norte Subprovince, Borborema Province. **Geologia USP. Série Científica**, v. 18, n. 3, p. 89-103, 2018.
- BASTO, Camila Franco. Evolução geológica da sequência metavulcanossedimentar Ipuerinha, província Borborema, Piauí: petrografia, geoquímica e geocronologia. 2018. Tese de Doutorado.
- CARRINO, Thais Andressa; SOUZA FILHO, Carlos Roberto de; LEITE, Emilson Pereira. Avaliação do uso de dados aerogeofísicos para mapeamento geológico e prospecção mineral em terrenos intemperizados: o exemplo de Serra Leste, província mineral de Carajás. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 307-320, 2007.
- CAXITO, Fabrício de Andrade et al. New U-Pb (SHRIMP) and first Hf isotope constraints on the Tonian (1000-920 Ma) Cariris Velhos event, Borborema Province, NE Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 50, 2020.
- CONDIE, Kent C. Breakup of a Paleoproterozoic supercontinent. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 41-43, 2002.
- CORDANI, Umberto Giuseppe et al. THE SIGNIFICANCE OF THE TRANSBRASILIANO-KANDI TECTONIC CORRIDOR FOR THE AMALGAMATION OF WEST GONDWANA. **Brazilian journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 583-597, 2013.

DONATH, Fred A.; PARKER, Ronald B. Folds and folding. **Geological Society of America Bulletin**, v. 75, n. 1, p. 45-62, 1964.

DOS SANTOS, Ticiano José Saraiva et al. U–Pb age of the coesite-bearing eclogite from NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for western Gondwana assembly. **Gondwana Research**, v. 28, n. 3, p. 1183-1196, 2015.

FERREIRA, Alanielson CD et al. Arc accretion and crustal reworking from late Archean to Neoproterozoic in Northeast Brazil. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

FETTER, Allen H. et al. Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of west Gondwana. **Gondwana Research**, v. 6, n. 2, p. 265-273, 2003.

GANADE de Araujo, C. E., CORDANI, U. G., Weinberg, R. F., Basei, M. A., Armstrong, R., & Sato, K. Tracing Neoproterozoic subduction in the Borborema Province (NE-Brazil): Clues from U-Pb geochronology and Sr-Nd-Hf-O isotopes on granitoids and migmatites. **Lithos**, 202, 167-189, 2014.

GOWER, C. F.; RYAN, A. B.; RIVERS, T. Mid-Proterozoic Laurentia–Baltica: an overview of its geological evolution and a summary of the contributions made by this volume. **Mid-Proterozoic Laurentia-Baltica**, v. 38, p. 1-20, 1990.

GUIMARÃES, Ignez P. et al. Petrogenesis of A-type Granitoids from the Alto Moxoto and Alto Pajeu Terranes of the Borborema Province, NE Brazil: constraints from geochemistry and isotopic composition. **Gondwana Research**, v. 8, n. 3, p. 347-362, 2005.

GUSMÃO, O. R.; MEDEIROS, Walter E. Deep crustal framework of the Borborema Province, NE Brazil, derived from gravity and magnetic data. **Precambrian Research**, v. 315, p. 45-65, 2018.

HOFFMAN, Paul F. Speculations on Laurentia's first gigayear (2.0 to 1.0 Ga). **Geology**, v. 17, n. 2, p. 135-138, 1989.

HOLLANDA, Maria Helena BM et al. Cambrian mafic to felsic magmatism and its connections with transcurrent shear zones of the Borborema Province (NE Brazil): implications for the late assembly of the West Gondwana. **Precambrian Research**, v. 178, n. 1-4, p. 1-14, 2010.

JARDIM DE SÁ, E. F. A. 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 803p.

JARDIM DE SÁ, E.F., Legrand, J.M., Hackspacher, P.C. 1981. Contraste de estilos estruturais e metamórficos na Faixa Dobrada Sergipana. **Revista Brasileira de Geociências** v. 11, p. 128-137.

LAGES, Geysson Almeida et al. Statherian-Calymmian (ca. 1.6 Ga) magmatism in the Alto Moxotó Terrane, Borborema Province, northeast Brazil: Implications for within-plate and coeval collisional tectonics in West Gondwana. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 91, p. 116-130, 2019.

- LAGES, Geysson de Almeida; DANTAS, Elton Luiz. Floresta and Bodocó Mafic–Ultramafic Complexes, western Borborema Province, Brazil: Geochemical and isotope constraints for evolution of a Neoproterozoic arc environment and retro-eclogitic hosted Ti-mineralization. **Precambrian Research**, v. 280, p. 95-119, 2016.
- LIMA, M. I. C. et al. Projeto ferro titanado de Floresta. **Geologia. Recife: Minérios de Pernambuco/RadamBrasil**, v. 1, p. 381-401, 1985.
- LIMA, Marcus Vinicius AG et al. Deep seismic refraction experiment in northeast Brazil: New constraints for Borborema province evolution. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 58, p. 335-349, 2015.
- MEDEIROS, Vladimir Cruz de; TORRES, Helton Heleri Falcão; GOMES, Hermanilton Azevedo. Sumé, Folha SB. 24-ZDV. 2000.
- MEDEIROS, Vladimir Cruz de. Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, domínio da zona transversal, NE do Brasil. 2004.
- NASCIMENTO, Gilzenia Henrique do. Estudo geocronológico dos skarns mineralizados em apatita da região de Sumé (PB). 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- NEVES, Benjamim Bley de Brito et al. Arco magmático eoediacarano na porção setentrional da Zona Transversal, sub-província central da Província Borborema, nordeste da América do Sul. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, n. 4, p. 491-508, 2016.
- NEVES, Benjamim Bley de Brito et al. Contribuição à Geologia e à Geocronologia do Terreno Rio Capibaribe (TRC, Província Borborema). **Geologia USP. Série Científica**, v. 13, n. 2, p. 97-122, 2013.
- NEVES, Benjamim B. Brito et al. O TERRENO ALTO MOXOTÓ NO LESTE DA PARAÍBA (" MACIÇO CALDAS BRANDÃO"). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 2, p. 185-194, 2001.
- NEVES, Benjamim Bley Brito. 1975. Regionalização Geotectônica do Pré-Cambriano Nordeste. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 198p.
- NEVES, Benjamim Bley de Brito; FUCK, Reinhardt Adolfo; PIMENTEL, Marcio Martins. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014.
- NEVES, Benjamim Bley Brito; SANTOS, EJ dos; VAN SCHMUS, Williams Randall. Tectonic history of the Borborema Province. **Tectonic Evolution of South America**, v. 31, p. 15, 2000.
- NEVES, Benjamim Bley Brito; PASSARELLI, Cláudia Regina. Terrenos tectonoestratigráficos dispersos do embasamento pré-Brasiliano (São José do Caiana, Açude Coremas e Icaçara) na porção centro-oeste da Zona Transversal (Paraíba, Ceará e Pernambuco). **Geologia USP. Série Científica**, v. 20, n. 3, p. 81-105, 2020.

NEVES, Benjamim Bley de Brito; SCHMUS, William Randall Van; SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira. Alto Moxotó Terrane, a fragment of Columbia supercontinent in the Transversal Zone interior: Borborema Province, Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 50, 2020.

NEVES, Benjamim B. Brito; VAN SCHMUS, William R.; FETTER, Allen H. Noroeste da África-Nordeste do Brasil (Província Borborema) ensaio comparativo e problemas de correlação. **Geologia USP. Série Científica**, v. 1, p. 59-78, 2001.

NEVES, Sérgio P. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 58, p. 150-164, 2015.

NEVES, Sérgio P. et al. Evidence for Early Tonian (Ca. 1000-940 Ma) continental rifting in southern Borborema Province (NE Brazil): tectonic inheritance and shear zone nucleation during assembly of West Gondwana. **International Geology Review**, v. 63, n. 7, p. 851-865, 2021.

NEVES, Sérgio Pacheco. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil): Correlations with neighboring cratons and Pan-African belts and implications for the evolution of western Gondwana. **Tectonics**, v. 22, n. 4, 2003.

NEVES, Sérgio P.; DA SILVA, José Maurício Rangel; BRUGUIER, Olivier. Geometry, kinematics and geochronology of the Sertânia Complex (central Borborema Province, NE Brazil): Assessing the role of accretionary versus intraplate processes during West Gondwana assembly. **Precambrian Research**, v. 298, p. 552-571, 2017.

NEVES, Sérgio Pacheco; DA SILVA, José Maurício Rangel; MARIANO, Gorki. Oblique lineations in orthogneisses and supracrustal rocks: vertical partitioning of strain in a hot crust (eastern Borborema Province, NE Brazil). **Journal of Structural Geology**, v. 27, n. 8, p. 1513-1527, 2005.

NEVES, Sérgio P. et al. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. **Precambrian Research**, v. 149, n. 3-4, p. 197-216, 2006.

OLIVEIRA, Roberto Gusmão de. Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo cenozóico da Província Borborema e de sua margem continental (Nordeste do Brasil). 2008.

PADILHA, Antonio L. et al. Deep magnetotelluric signatures of the early Neoproterozoic Cariris Velhos tectonic event within the Transversal sub-province of the Borborema Province, NE Brazil. **Precambrian Research**, v. 275, p. 70-83, 2016.

PEREIRA, Laís Cristina Leite; SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira; CARRINO, Thais Andressa. The role of airborne geophysics in the investigation of gold occurrences in the Itapetim Region, Borborema Province, Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 49, n. 3, 2019.

- PITOMBEIRA, João Paulo A. et al. A new record of continental arc magmatism in the Ceara Central Domain, Borborema Province (NE Brazil): evidence from the Pacatuba-Maranguape Complex. **Precambrian Research**, v. 359, p. 106-192, 2021.
- REDDY, Steven Michael; EVANS, D. A. D. Palaeoproterozoic supercontinents and global evolution: correlations from core to atmosphere. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 323, n. 1, p. 1-26, 2009.
- RODRIGUES, Sérgio Willians de Oliveira; BRITO NEVES, Benjamin Bley de. Padrões Isotópicos Sm-Nd no limite entre os terrenos Alto Pajeú e Alto Moxotó, PB. 2008
- ROGERS, John JW; SANTOSH, M. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic supercontinent. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 5-22, 2002.
- SALGADO, Silas Santos et al. Geologia, Estratigrafia e Petrografia do Complexo de Brejo Seco, Faixa Riacho do Pontal, sudeste do Piauí. **Geonomos**, 2014.
- SANTOS, E. J. dos et al. An overall view on the displaced terrane arrangement of the Borborema Province, NE Brazil. In: **International Geological Congress, 31th, Rio de Janeiro, Brazil, General Symposia, Tectonic Evolution of South American Platform**. 2000. p. 5-9.
- SANTOS, E. J. dos. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. SBG Salvador, 1996. p. 47-50.
- SANTOS, Edilton José dos. O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SANTOS, E. J. dos et al. Paleoproterozoic Juvenile Accretion in the Alto Moxotó Terrane, Borborema Province, Northeast Brazil. In: **VI South American Symposium on Isotope Geology, San Carlos de Bariloche. Proceedings, CDROM**. 2008. p. 1-4.
- SANTOS, Edilton Jose dos et al. The metacarbonate rocks of Itatuba (Paraíba): A record of sedimentary recycling in a Paleoproterozoic collision zone of the Borborema province, NE Brazil. **Precambrian Research**, v. 224, p. 454-471, 2013.
- Santos, E. J., Accioly, A. C. The pre-Cariris Velhos A-type granites in basement of the Borborema Province, Northeast Brazil. In: IGCP 510_A-type granites through the time. Symposium on magmatism, crustal evolution, and metallogenesis of the Amazonian craton. Belém: SBG_Núcleo Norte. v. Único. p. 71-71, 2006.
- SANTOS, Edilton José dos; SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira. Reappraisal of the Sumé Complex: geochemistry and geochronology of metaigneous rocks and implications for Paleoproterozoic subduction-accretion events in the Borborema Province, NE Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 49, 2019.
- SANTOS, Edilton J.; MEDEIROS, Vladimir C. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 29:73-84 1999.

SANTOS, Edilton José dos; NUTMAN, Allen P.; DE BRITO NEVES, Benjamim Bley. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da zona transversal, Província Borborema. **Geologia USP. Série Científica**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2004.

SANTOS, Edilton José dos. O modelo da evolução pré-cambriana da região de Arcoverde, Pernambuco. **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE**, v. 8, p. 225-245, 1977.

SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira et al. Análise estrutural e metamórfica da região de Sucuru (Paraíba): implicações sobre a evolução do Terreno Alto Moxotó, Província Borborema. **Geologia USP. Série Científica**, v. 12, n. 3, p. 5-20, 2012.

SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira et al. ANÁLISE TECTÔNICA DE TERRENOS: METODOLOGIA, APLICAÇÃO EM CINTURÕES OROGÊNICOS E EXEMPLO DAS PROVÍNCIAS TOCANTINS E BORBOREMA, BRASIL. **Geonomos**, 2015.

SANTOS, Lauro César Montefalco de Lira. Processos acrescionários na porção central de Gondwana: exemplos de terrenos Alto Moxotó e Alto Pajeú da província Borborema, NE do Brasil. 2017.

Santos, Lauro César Montefalco de Lira., Dantas, E. L., Lima, H. M., & Pimentel, M. M., Fuck, R. A. Geochemical and detrital zircon geochronological investigation of the metavolcanosedimentary Araticum complex, sergipano fold belt: Implications for the evolution of the Borborema Province, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 86, 176-192, 2018.

SILVA, Luiz Carlos da. Geocronologia aplicada ao mapeamento regional com ênfase na técnica U-Pb SHRIMP e ilustrada com estudos de casos brasileiros. 2006.

VAN SCHMUS, W. Rs et al. UPb and SmNd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3-4, p. 267-288, 1995.

VIEIRA, Fabrício Fernandes et al. Caracterização e tratamento térmico das fluorapatitas gemológicas de Sumé-Paraíba. 2017.

WANDERLEY, A. A. Programa levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenético/previsional-Escala 1: 1000.000 (folha SB. 24-ZD-IVMonteiro) Estados de Pernambuco e Paraíba. **Brasília. DNPM/CPRM**, 1990.

ZACCHI, Érico Natal Pedro; SILVA, Adalene Moreira; ROLIM, Vassily Khoury. Análise integrada de dados multifonte e sua aplicação no mapeamento geológico das formações ferríferas da Serra de Itapanhoacanga, Alvorada de Minas, MG. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, p. 643-656, 2010.

ZHAO, Guochun et al. A Paleo-Mesoproterozoic supercontinent: assembly, growth and breakup. **Earth-Science Reviews**, v. 67, n. 1-2, p. 91-123, 2004.