

Reflectância espectral e caracterização dos plútons da porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia, Província Borborema, Nordeste do Brasil

Spectral reflectance and characterization of the plutons of the West portion of the Ipojuca-Atalaia Batolith, Borborema province, Northeast of Brazil

DOI:10.34115/basrv5n5-001

Recebimento dos originais: 16/08/2021

Aceitação para publicação: 16/09/2021

Sanmy Silveira Lima

Doutorando em Geociências

Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária- CTG, Recife - PE, CEP: 50740-550

E-mail: sanmylima@hotmail.com

Gabriela Menezes Almeida

Doutoranda em Geologia

Universidade de Brasília

Instituto de Geociências, Universidade de Brasília Campus Universitário Darcy Ribeiro
ICC - Ala Central CEP: 70910-900 - Brasília DF

E-mail: geol.gmalmeida@gmail.com

RESUMO

O uso da reflectância como meio de caracterização de alvos naturais apresentou significativos avanços na última década. A área de estudo está localizada na Zona da Mata e é caracterizada por altos índices pluviométricos, indicando forte intemperismo e erosão. Os granitóides que compõem essa região, são formados em sua maioria por quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita. Esses minerais tendem a apresentar comportamento espectral predominantemente transparente no intervalo entre 400 e 2500 nm. As medidas de reflectância foram feitas em 9 amostras obtidas com de sonda de contato portadora de lâmpada halógena com o intuito de captar as faixas do VNIR (*Visible-Near Infrared*) e SWIR (*Short Wave Infrared*). O objetivo deste artigo foi caracterizar os principais plútons da área estudada através da análise mesoscópica de amostras e da curva de reflectância para compreender a influência da composição mineralógica e dos processos físico-químicos atuantes na porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia.

Palavras-Chave: Granitóides, VNIR, SWIR, Processos Físico-Químicos, Curva de Reflectância.

ABSTRACT

The use of reflectance as a means of characterizing natural targets has made significant advances in the last decade. The study area is in the Zona da Mata and is characterized by high rainfall, indicating strong weathering and erosion. The granitoids that make up this region are formed mostly by quartz, K-feldspar, plagioclase, and biotite. These minerals tend to show predominantly transparent spectral behavior in the range between 400 and 2500 nm. Reflectance measurements were performed on 9 samples obtained with

a contact probe carrying a halogen lamp to capture the VNIR (Visible-Near Infrared) and SWIR (Short Wave Infrared) bands. This article aimed to characterize the main plutons in the studied area through mesoscopic analysis of samples and the reflectance curve to understand the influence of mineralogical composition and physicochemical processes acting in the western portion of the Ipojuca-Atalaia Batholith.

Keywords: Granitoids, VNIR, SWIR, Physicochemical Processes, Reflectance Curve.

1 INTRODUÇÃO

A reflectância espectral vem auxiliando na identificação e quantificação de alvos naturais e artificiais. Tal procedimento utiliza o fluxo da radiação eletromagnética refletido por objetos. Por meio das diferenciações do comportamento espectral é possível fazer a identificação dos minerais, constituinte básico das rochas, por meio dos fenômenos de transições eletrônicas ou vibracionais resultantes da interação da energia eletromagnética com os átomos e as moléculas que compõem o alvo estudado (DALMOLIN et al., 2005; MARTINS, 2017).

Segundo Martins (2017), as curvas espectrais possuem papel significativo, devido ao seu comportamento estar ligado à estrutura do átomo. Os átomos de um determinado elemento químico geram um espectro diferente de outros elementos, tendo a capacidade de irradiar (vibrar) numa determinada faixa de comprimentos de onda. Portanto, a análise espectral é o método de definir a composição química da substância através do seu espectro (HUNT et al., 1971; 1974; MARTINS, 2017).

As rochas ígneas são divididas conforme o seu teor de sílica em quatro categorias: ácidas, intermediárias, básicas e ultrabásicas (WERNICK, 2004). Os corpos ígneos de composição ácida são normalmente de cores claras (tons variando entre, o branco, bege e rosáceo) apresentam maior incidência dos minerais ricos em Si, Na e K. Elementos como Fe, Ti Ca e Mg constituem sua fase acessória (> 5% da composição total da rocha; WERNICK, 2004).

As rochas ácidas tendem a apresentar comportamento espectral de materiais predominantemente transparente no intervalo entre 400 e 2500 nm, por serem constituídas principalmente de K-feldspato, quartzo e plagioclásio (HUNT et al., 1971; 1974). De acordo com Hunt et al. (1970; 1971; 1973; 1974) e Martins (2017), este comportamento pode ser alterado pelo intemperismo ou mesmo por inclusões e alterações hidrotermais, geradores de argilominerais, micas e cloritas, que produziram feições de absorção definidas em 1400, 1900 e 2200 nm. As ligações que podem ocorrer entre 2300 e 2350

nm são provenientes de Mg-OH presentes na biotita e em anfibólios (HUNT et al., 1971; 1974).

A química mineral da biotita, de fórmula $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ apresenta altas concentrações do elemento Fe e Mg. Por sua vez a muscovita com sua fórmula química $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$ apresenta concentrações elevadas de Al. A goethita, mineral de alteração, apresenta fórmula química $Fe^{3+}O(OH)$ com altas concentrações de Fe^{3+} . De acordo com Hunt et al., (1971, 1974), tais elementos são identificados através de altas taxas vibracionais nas faixas do VNIR (*Visible-Near Infrared*) e SWIR (*Short Wave Infrared*).

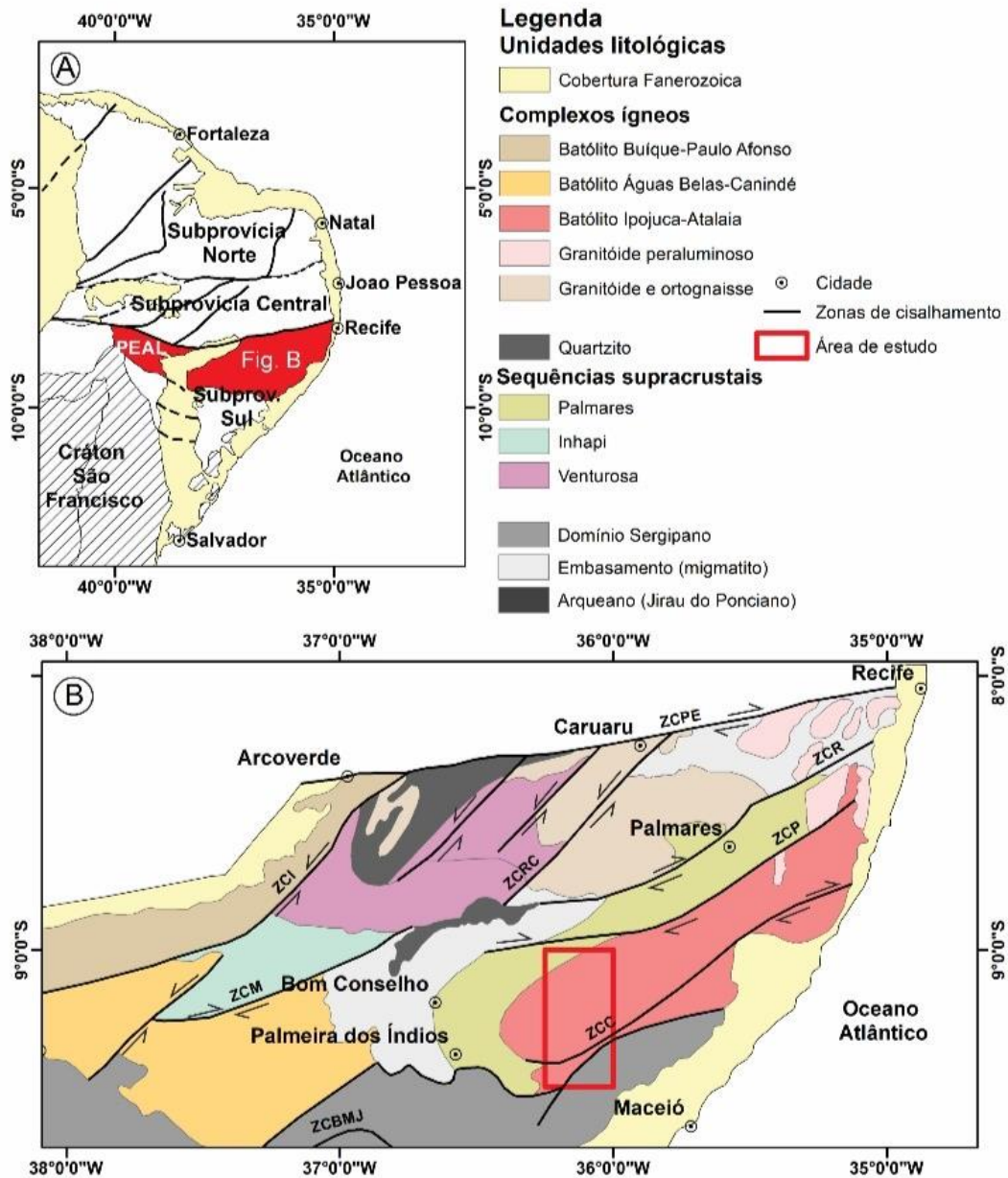
Segundo Oliveira & Antônio (2015), o período de chuvas nos municípios que compõem a porção oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia começa em fevereiro e termina em outubro com precipitação média anual de 1.634,2 mm. A alta precipitação presente nesta zona acelera os processos de erosão e intemperismo (DUARTE E LOPES, 2021; OLIVEIRA E ANTÔNIO, 2015), levando ao aparecimento de espessos perfis de solo do tipo argiloso vermelho-amarelo no domínio de morros baixos e montanhas (SANTOS ET AL., 2018; OLIVEIRA E ANTÔNIO, 2015).

Este artigo tem como objetivo caracterizar os principais plútons da porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia através da análise mesoscópica de amostras e da curva de refletância para compreender a influência da composição mineralógica e dos processos físico-químicos atuantes na área de estudos.

2 GEOLOGIA REGIONAL: A PROVÍNCIA BORBOREMA, O DOMÍNIO PERNAMBUCO-ALAGOAS E O BATÓLITO IPOJUCA-ATALAIA

A Província Borborema (Figura 1) foi formada pela convergência e colisão entre os crátons do Oeste da África, Congo-São Francisco e Amazônico, há cerca de 600 Ma. (TROMPETTE, 1994; VAN SCHMUS et al., 1995, 2008, 2011; TOTEU et al., 2001; DANTAS et al., 2003). Essa colisão resultou na amalgamação de segmentos litosféricos distintos, associados concomitantemente a diferentes tipos de bacias com crostas proto-oceânicas formadas entre eles. As subsequentes interações entre estes blocos, descendentes de Rodínia (FRASCA, 2015; BRITO NEVES & SILVA FILHO, 2019), ocorreram de acordo com as circunstâncias tectônicas locais por todo o Neoproterozóico, desde o Toniano ao Cambriano (FRASCA, 2015).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. (A) Mapa simplificado da Província Borborema (VAN SCHUMUS et al. 2008); (B) Mapa do Domínio Pernambuco-Alagoas (PEAL) (SILVA FILHO et al. 2016), com identificação da área de estudos em vermelho. Zonas de cisalhamento (ZC): ZCBMJ - Belo Monte Jeremoabo, ZCC - Cajueiro, ZCI - Itaíba, ZCM - Maravilha, ZCP - Palmares; ZCPA - Patos, ZCPE - Pernambuco, ZCR - Ribeirão, ZCRC - Rio da Chata.



O Domínio Pernambuco-Alagoas (PEAL; Figura 1B) ocorre ao longo da parte sudeste da Província Borborema. Essa entidade tectônica é delimitada, a norte e a sul, por falhamentos com mergulho para dentro da mesma e é caracterizada por gnaisses de alto grau, migmatitos e granitoides brasileiros que surgiram como largos maciços estruturais (SILVA FILHO et al. 2002, 2006, 2016; VAN SCHMUS et al. 2008; BRITO NEVES & SILVA FILHO, 2019). O PEAL é formado por três grandes complexos ígneos (batólitos)

sendo eles, Buíque-Paulo Afonso, Águas Belas-Canindé e o Ipojuca-Atalaia, todos formados durante a Orogêneses Brasileira (SILVA FILHO et al. 2002).

O Batólito Ipojuca-Atalaia (Figura 1B) ocorre com forma alongada, segundo eixo NNE-SSW, entre as cidades de Ipojuca (PE) e Atalaia (AL). Constitui-se, predominantemente, por plútons cálcio-alcálicos, que intrudem ortognaisses proterozoicos. Estes plútons apresentam litologia variada destacando-se, pela ordem, granitos com álcali-feldspatos, sienogranitos, monzogranitos e granodioritos (BRITO NEVES E SILVA FILHO, 2019). Os principais plútons presentes na região são: Braquinha, Cajueiro, Viçosa, Santana do Mundaú, Poço Feio, Mangape e União dos Palmares.

3 METODOLOGIA

A área de estudos está localizada no estado de Alagoas e compreende os municípios de São José da Laje, Santana do Mundaú, Viçosa Branquinha, Atalaia, Cajueiro e União dos Palmares. A região está inserida na Zona da Mata, apresentando clima úmido e altas taxas de precipitação (DUARTE E LOPES 2021).

Os trabalhos de coleta de amostras foram realizados no período de estiagem. Em campo foi elaborada uma descrição das principais feições geológicas dos plútons da região. Em laboratório as amostras mesoscópicas coletadas foram descritas e catalogadas, sendo as que tinham menor capa de alteração enviadas para a análise de reflectância.

As medidas de reflectância foram feitas em 9 amostras de rocha com base no uso do espectrorradiômetro portátil FieldSpec-4 Standard Resolution, da Analytical Spectral Devices, pertencente ao Laboratório de Espectroscopia de Reflexão do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Este instrumento opera na faixa espectral de 350 a 2500 nm, totalizando 2151 canais. A resolução espectral compreende 3 nm na faixa VNIR (visible-near infrared: 350-1000 nm), e 10 nm na faixa SWIR (short wave infrared: 1000-2500 nm) (Malvern Panalytical, 2018).

As medidas foram obtidas com de sonda de contato portadora de lâmpada halógena, sendo que, inicialmente, a calibração foi feita com uso de placa lambertiana Spectralon® da Labsphere. Entre 3 e 4 medidas de reflectância foram obtidas para cada amostra, totalizando 29 espectros descritos através da metodologia empregada por Pontual (2008).

4 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DOS PLÚTONS DA PORÇÃO OESTE DO BATÓLITO IPOJUCA-ATALAIA

Os plútons graníticos da porção oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia apresentam características distintas de composição mineralógica, coloração, granulometria, tectônica de *emplacement* e estruturas que serão descritas a seguir.

Branquinha: Localizado na porção centro-leste da área de estudo (Figura 2), limitado ao norte pelo Plúton União dos Palmares, e ao sul pelo Plúton Riacho Cabeça de Porco. O corpo ígneo possui forma lenticular alongada, com direção ENE-WSW, foliação sub-horizontal e enclaves máficos. É constituído predominantemente por biotita, piroxênio, plagioclásio e quartzo como minerais acessórios são encontrados zircão, titanita e minerais opacos (ferrosos). A rocha é um monzogranito de granulação fina a média, equigranular a levemente porfirítica, com a presença de raros fenocristais de quartzo (Figura 3A).

Figura 2: Mapa geológico simplificado. Zonas de cisalhamento e seus indicadores cinemáticos (ZC): ZCP - Zona de Cisalhamento Palmares; ZCPI - Zona de Cisalhamento Palmeira dos Índios; ZCC - Zona de Cisalhamento Cajueiro.

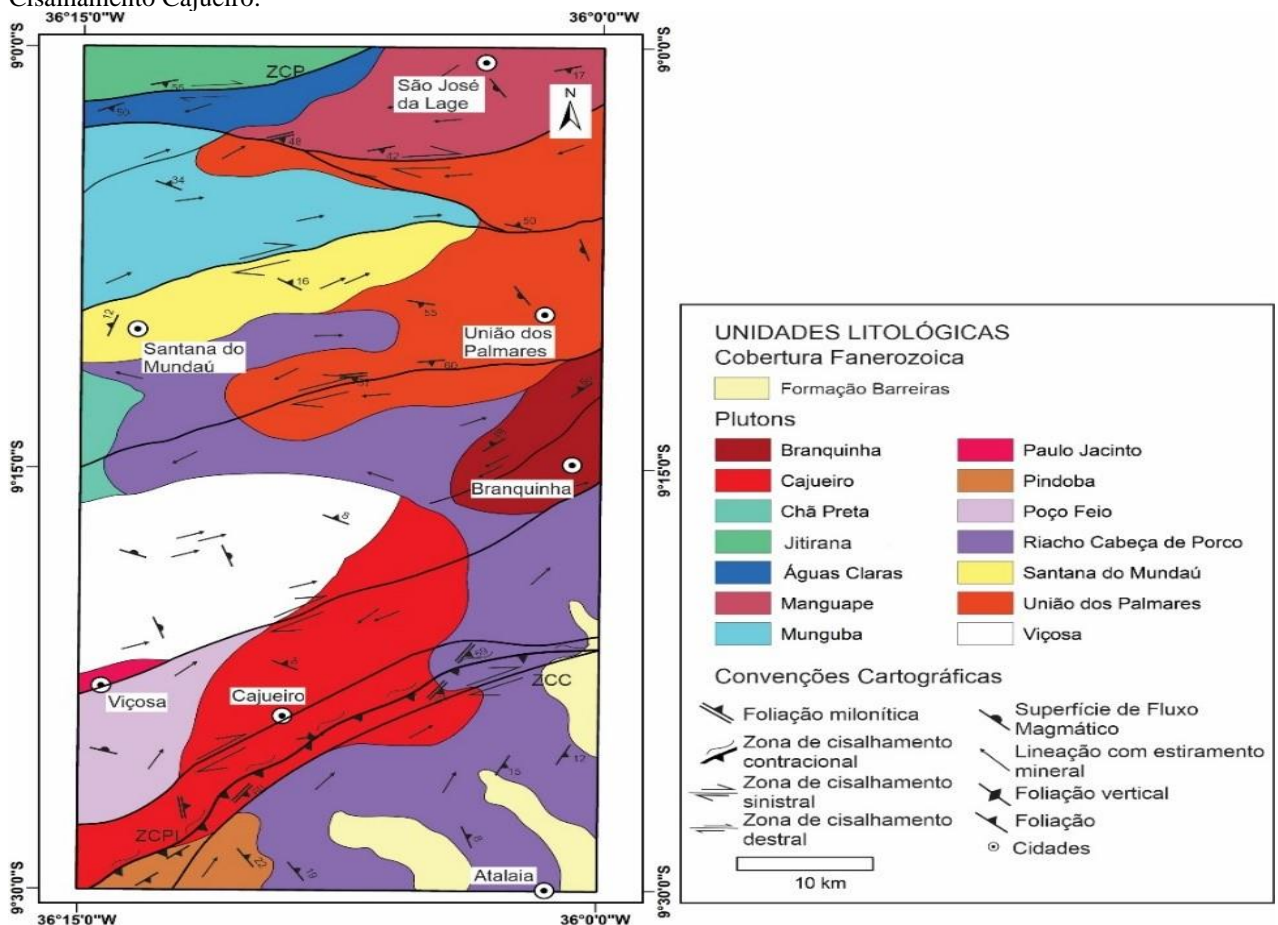
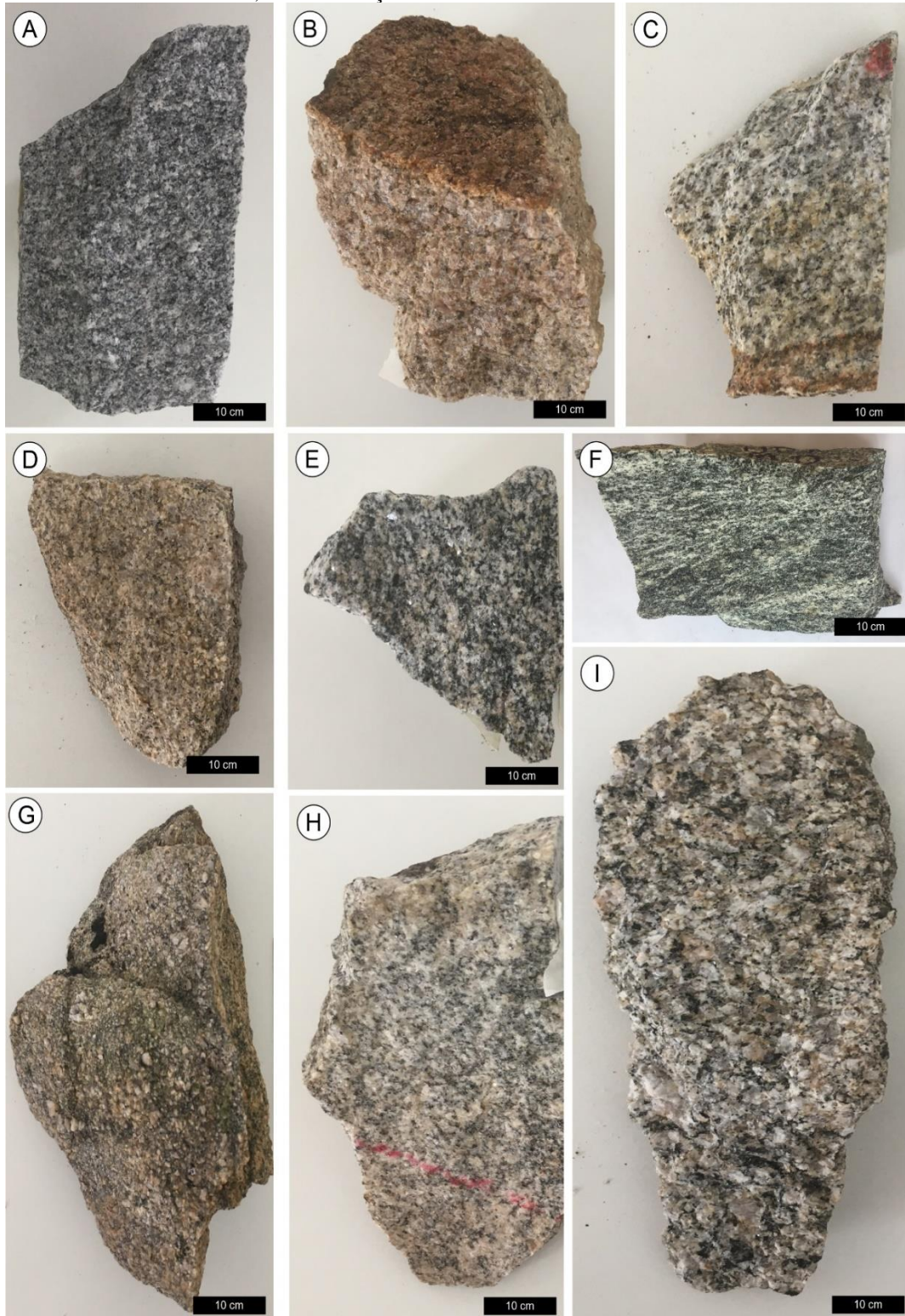


Figura 3: Amostras mesoscópicas coletadas para a análise de reflectância dos principais plútons da porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia. A- Plúton Branquinha; B- Plúton Cajueiro; C- Plúton Manguape; D- Plúton Munguba; E- Plúton Poço Feio; F- Plúton Riacho Cabeça de Porco; G- Plúton Santana do Mundaú; H- Plúton União dos Palmares; I- Plúton Viçosa.



Cajueiro: Localizado na região sudoeste da área de estudo, limitado ao norte pelo plúton Poço Feio, ao sul pelo plúton Pindoba e a leste pelo plúton Riacho Cabeça de Porco

(Figura 2). Possui forma alongada de tendência NE-SW, foliação magmática subhorizontal. A rocha é um sienogranito cinza-rosado (Figura 3B) constituído de biotita, microclina, quartzo e plagioclásio. Os minerais acessórios presentes na rocha são epidoto, titanita, alanita, zircão e minerais opacos.

Manguape: Intrudido na extremidade nordeste da área levantada é limitado ao sul pelo plúton União dos Palmares e a oeste pelo Gnaiss Águas Claras e pelo Paragnaisse Jitirana (Figura 2). Os afloramentos são escassos e a maioria forma blocos fortemente intemperizados com presença de veios pegmatíticos. A rocha é um monzogranito de cor cinza, textura equigranular de granulação fina (Figura 3C), composta predominantemente por biotita, piroxênio e quartzo. Zircão, titanita e epidoto são minerais acessórios.

Munguba: Localizado na porção central da área de estudo, é limitado ao norte pelo gnaiss Águas Claras, ao sul pelos plútons Viçosa e Riacho Cabeça de Porco e a leste pelo plúton União dos Palmares (Figura 2). É composto por feldspato alcalino, quartzo e biotita. Os minerais acessórios consistem em zircão e titanita. Esse corpo ígneo é formado por rocha de coloração acinzentada, textura equigranular e composição monzogranítica (Figura 3D). O Plúton Munguba dispõe de enclaves máficos ricos em anfibólios, além de feições do tipo schlieren marcadas por biotita.

Poço Feio: Limitado ao norte com o Plúton Viçosa e ao sul com o Plúton Cajueiro (Figura 2). Em geral, sua forma é esférica, mas na extremidade nordeste do corpo, é possível destacar um alongamento do plúton possivelmente controlado por uma zona de cisalhamento. É composto por monzogranito porfirítico cinza médio a grosso (Figura 3E) é formado por quartzo, feldspato alcalino, piroxênio e biotita. Ocasionalmente, minerais máficos mostram orientação com tendência NE-SW.

Riacho Cabeça de Porco: É limitado ao norte pelo Plúton Santana do Mundaú, a oeste pelos plútons Cajueiro, Viçosa e Munguba, e a leste pelos plútons Branquinha e União dos Palmares (Figura 2). Formam granodiorito porfirítico cinza claro de granulação média (Figura 3F), foliação sub-horizontal com tendência ENE-WSW foi encontrada por todo corpo, essa foliação foi essencialmente definida pela orientação dos minerais máficos. Os constituintes primários do Plúton Riacho Cabeça de Porco são Plagioclásio, biotita, piroxênio e anfibólio. Relações geológicas e geomorfológicas de campo indicam que este plúton apresenta indicativos de ser o embasamento da área.

Santana do Mundaú: Este plúton foi inicialmente descrito por Silva Filho et al. (2002). É limitado ao norte pelo plúton Munguba e ao sul pelo plúton Riacho Cabeça de Porco (Figura 2). O plúton tem uma forma lenticular alongada com direção ENE-WSW.

Cristais de quartzo alongados indicando cinemática sinistral são frequentes. A rocha foi identificada como um quartzo-monozodiorito porfirítico com fenocristais de quartzo centimétricos (Figura 3G). Quartzo, plagioclásio, piroxênio e biotita constituem a mineralogia principal, enquanto hornblenda, epidoto, titanita e zircão representam as fases acessórias.

União dos Palmares: Este plúton está localizado na porção sudeste da área de estudo, limitado ao sul pelos plútons Branquinha e Riacho Cabeça de Porco e ao norte pelo plúton Manguape (Figura 2). O plúton União dos Palmares compreende monzogranitos porfiríticos de granulação média a grossa (Figura 3H), com foliação sub-horizontal penetrativa, e enclaves máficos orientados para NE-SW. Biotita, K-feldspato, hornblenda e quartzo constituem a mineralogia principal.

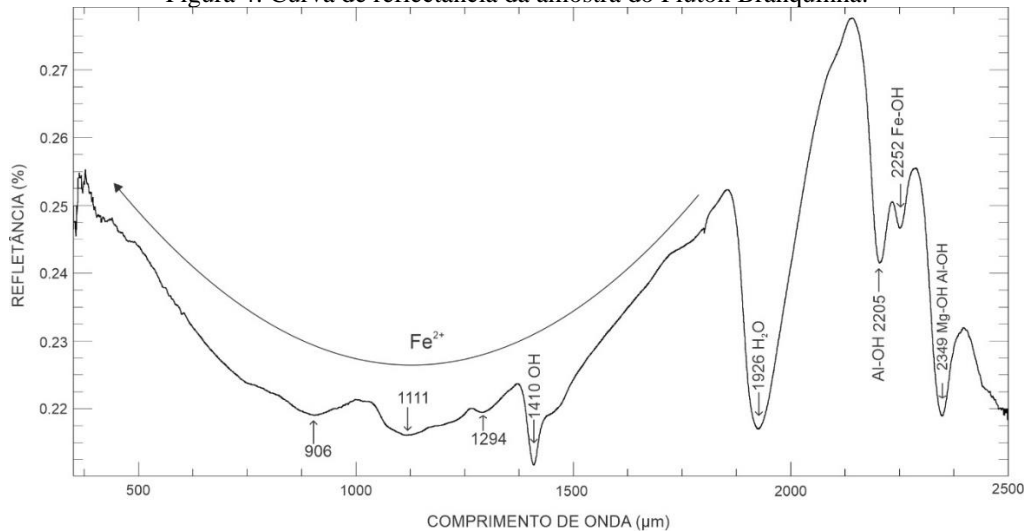
Viçosa: Constitui uma intrusão alongada com eixo de tendência NE-SW, limitada ao norte pelo Plúton Munguba e ao sul pelo Plúton Cajueiro (Figura 2). É composto por monzogranitos de coloração cinza (Figura 3I), granulometria de média a grossa, textura porfirítica, contendo fenocristais centimétricos (2 a 4 cm) de quartzo e plagioclásio geralmente estirados. K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita constituem a mineralogia principal, enquanto zircão, titanita e epidoto constituem os minerais acessórios. Os enclaves do tipo Schlieren e máficos ocorrem localmente.

5 REFLECTÂNCIA DOS CORPOS ÍGNEOS DA PORÇÃO OESTE DO BATÓLITO IPOJUCA-ATALAIA

As medidas de reflectância foram feitas em 9 amostras (Figura 3) representativa de cada um dos plútons que fazem parte da Porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia.

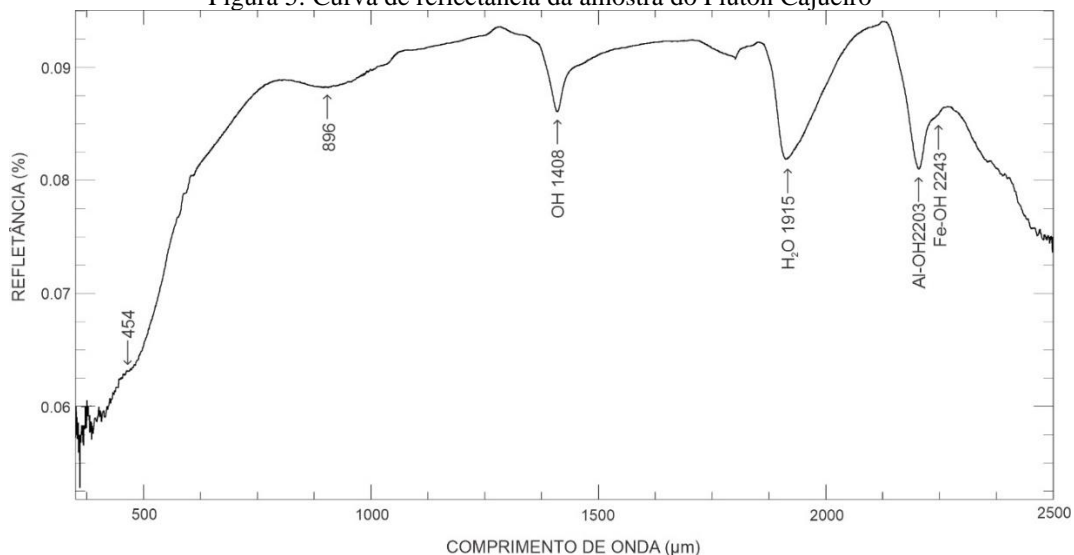
Branquinha: O monzogranito do Plúton Branquinha é composto, essencialmente, de quartzo, plagioclásio, piroxênio, muscovita e biotita. Este corpo ígneo é marcado, espectralmente, por muscovita, caracterizada por feições de absorção em 2205 e ~2350 nm, derivadas de vibração da ligação Al-OH, e pela biotita, que têm feições em 2252 (Fe-OH) e ~2349 nm (Mg-OH; PONTUAL et al., 2008). A amostra do Plúton Branquinha (Figura 3A) está pouco afetada por intemperismo, havendo a presença de ampla absorção na faixa do VNIR derivada de ferro ferroso da biotita (Fe^{2+}) nos intervalos de aproximadamente ~906, ~1111 e ~1294 nm.

Figura 4: Curva de reflectância da amostra do Plúton Branquinha.



Cajueiro: Este plúton é representado por um biotita-sienogranito, composto por quartzo, feldspato, biotita e muscovita. A amostra do Plúton Cajueiro (Figura 3B) apresenta um maior teor de minerais félsicos e está fortemente intemperizada, foi possível analisar feições de goethita em ~450, ~660 e 896 nm (Fe^{3+}). Nesta amostra, predomina a assinatura espectral de muscovita, com feições em ~2203, ~2350 e ~2440 nm (Al-OH; PONTUAL et al., 2008) e feição sutil de biotita aparece em cerca de ~2243 nm, refletindo ligação Fe-OH.

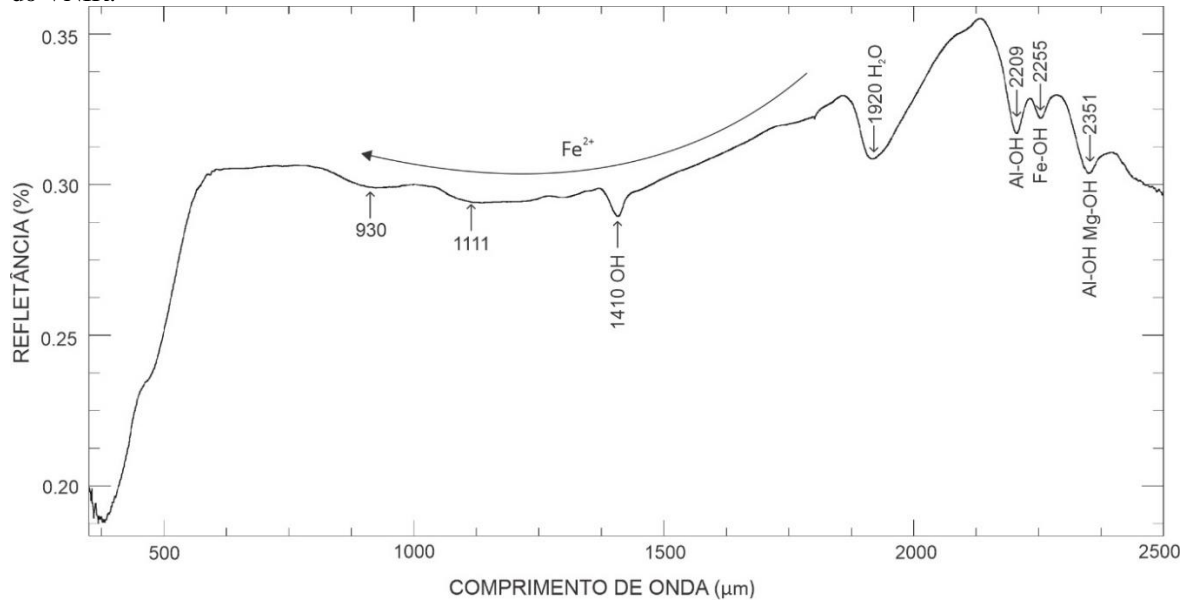
Figura 5: Curva de reflectância da amostra do Plúton Cajueiro



Manguape: O monzogranito de coloração cinza (Figura 3C) é composto, essencialmente, de quartzo, plagioclásio, piroxênio e biotita. Este corpo ígneo é marcado, espectralmente, por traços de muscovita, caracterizada por feições de absorção em 2209

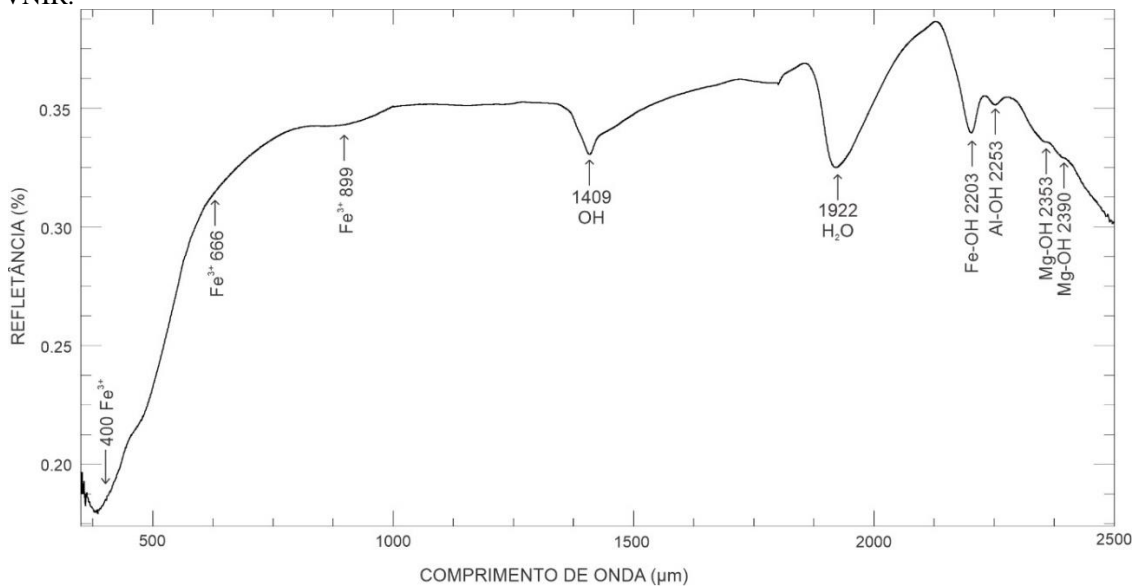
e ~2351 nm, derivadas de vibração da ligação Al-OH, e pela biotita, que têm feições em 2255 (Fe-OH) e ~2351 nm (PONTUAL et al., 2008). A amostra deste plúton apresenta nível intempérico aparente (Figura 3C), e feições de biotita em cerca de ~930 e ~1111 nm (Fe^{2+}).

Figura 6: Curva de reflectância da amostra do Plúton Manguape destacando a absorção moderada na faixa do VNIR.



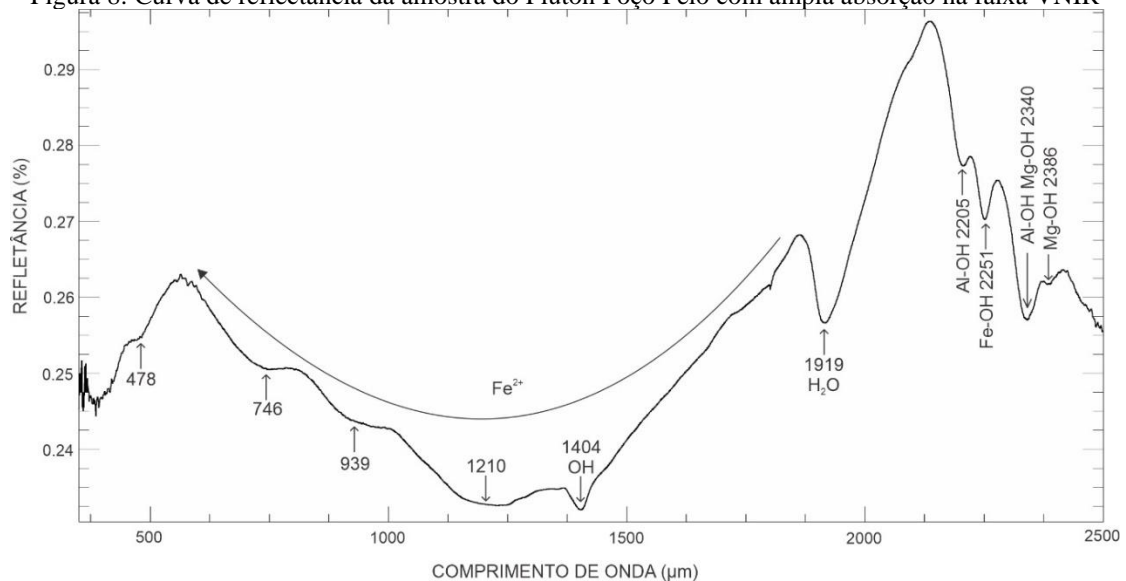
Munguba: Localizado na porção central da área de estudo. Esse corpo ígneo é formado por rochas de coloração acinzentada e composição monzogranítica com alta concentração de biotita (Figura 3D). A amostra representante do Plúton Munguba (Figura 3D) é caracterizada por feições de absorção referentes a biotita nos intervalos de ~2203, ~2353 e ~2390 nm. Também foi possível observar, mesmo que de forma sutil, a presença de Al-OH no intervalo de absorção de ~2209 nm. A amostra apresenta-se intemperizada marcando a pouca absorção na faixa do VNIR (PONTUAL et al., 2008).

Figura 7: Curva de reflectância da amostra do Plúton Munguba destacando a baixa absorção na faixa do VNIR.



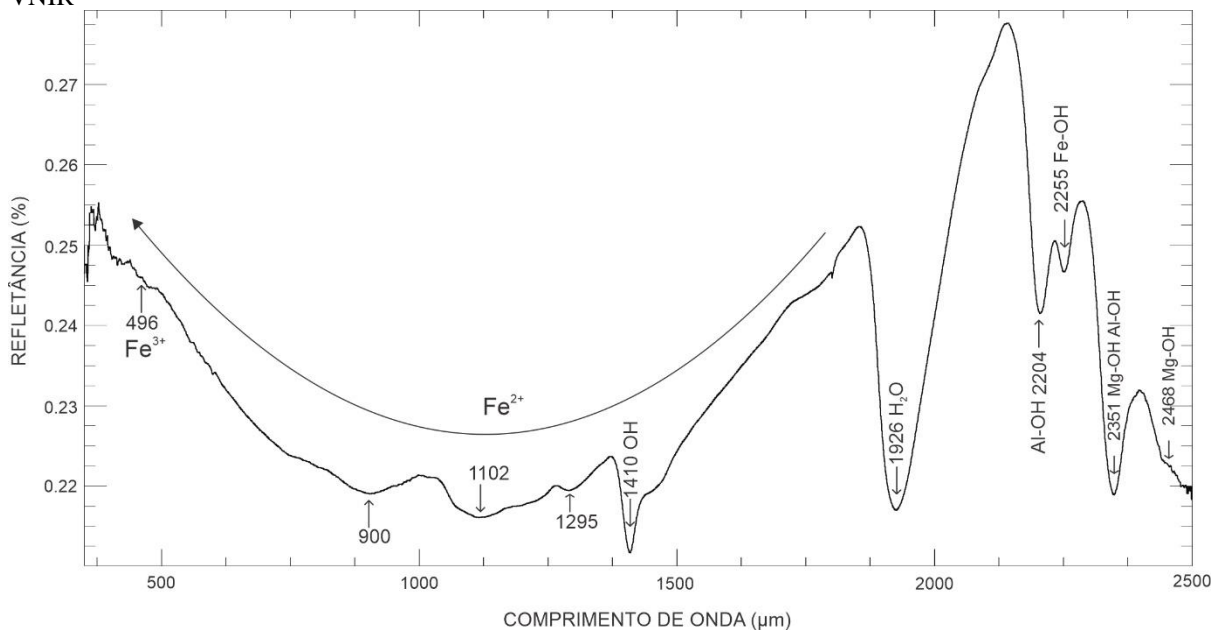
Poço Feio: A amostra representada do monzogranito do Plúton Poço Feio apresenta ampla feição na faixa do VNIR derivada de ferro ferroso da biotita, e, no SWIR, aparecem feições deste mesmo mineral em ~2251 nm (Fe-OH) e em ~2340 e ~2386 nm (Mg-OH), bem como da muscovita, em cerca de ~2205 e ~2340 nm, relacionadas com a vibração de ligação de Al-OH (Figura 3). Também podem ser encontrados sinais de goethita em 478 nm. Essa amostra conta com ampla absorção na faixa do VNIR derivada de ferro ferroso da biotita (Fe^{2+}) nos intervalos de aproximadamente ~746, ~939 e ~1210 nm.

Figura 8: Curva de reflectância da amostra do Plúton Poço Feio com ampla absorção na faixa VNIR



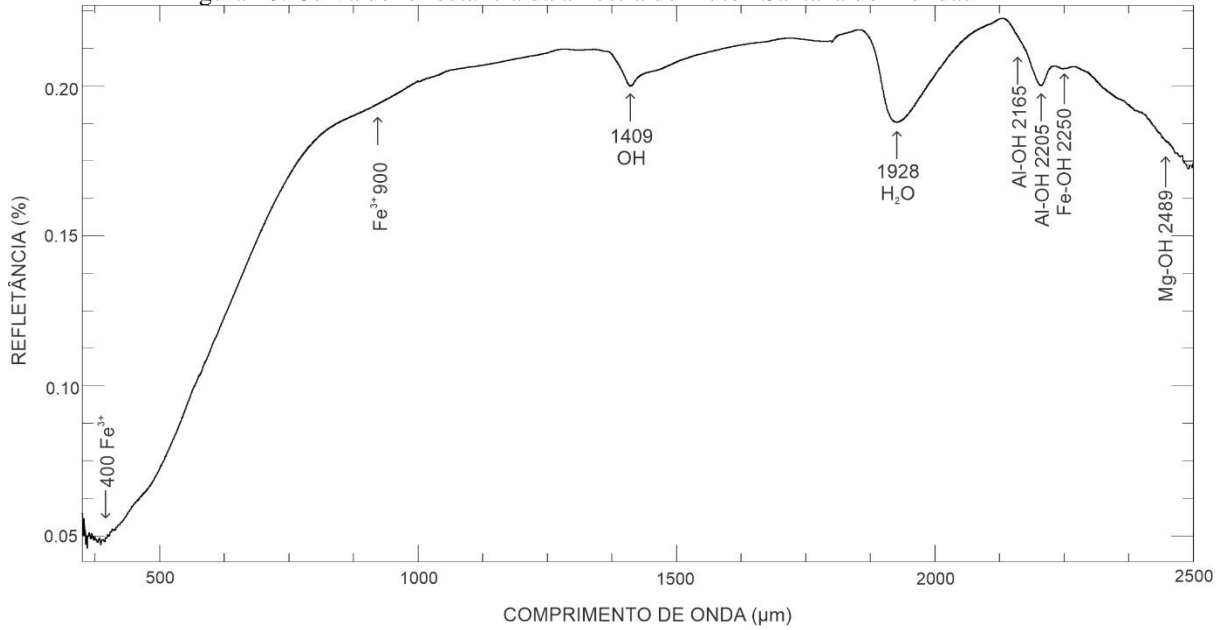
Riacho Cabeça de porco: A amostra referente ao Plúton Riacho Cabeça de Porco (Figura 3F) conta com ampla absorção na faixa do VNIR derivada de ferro ferroso da biotita (Fe^{2+}) nos intervalos de aproximadamente ~ 900 , ~ 1100 e ~ 1295 nm. Nesta amostra foi possível analisar feições de goethita em ~ 496 nm referentes ao Fe^{3+} . Na faixa do SWIR, aparecem feições da biotita em ~ 2255 nm (Fe-OH) e em ~ 2351 e ~ 2468 nm (Mg-OH), bem como da muscovita, em cerca de ~ 2204 e ~ 2351 nm, relacionadas com a vibração de ligação de Al-OH.

Figura 9: Curva de reflectância da amostra do Plúton Riacho Cabeça de Porco com ampla absorção na faixa VNIR



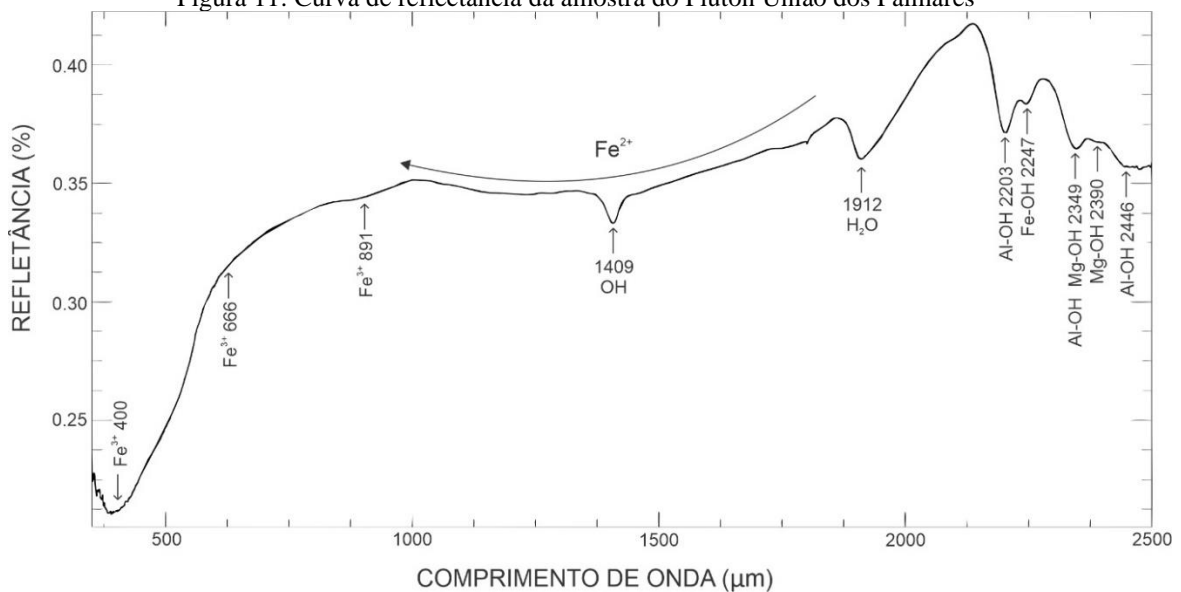
Santana do Mundaú: O quartzo-monzodiorito de coloração cinza rósea (Figura 3G) é composto, essencialmente, de quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita. A amostra (Figura 3G) apresenta baixa absorção na faixa do VNIR, destacando a anomalia em ~ 400 nm referente ao mineral de alteração goethita. no SWIR, aparecem feições da biotita em ~ 2250 nm (Fe-OH) e em ~ 2340 e ~ 2386 nm (Mg-OH), bem como da muscovita, em cerca de ~ 2205 e ~ 2340 nm, relacionadas a vibração da ligação entre o elemento Al e a hidroxila (OH).

Figura 10: Curva de reflectância da amostra do Plúton Santana do Mundaú

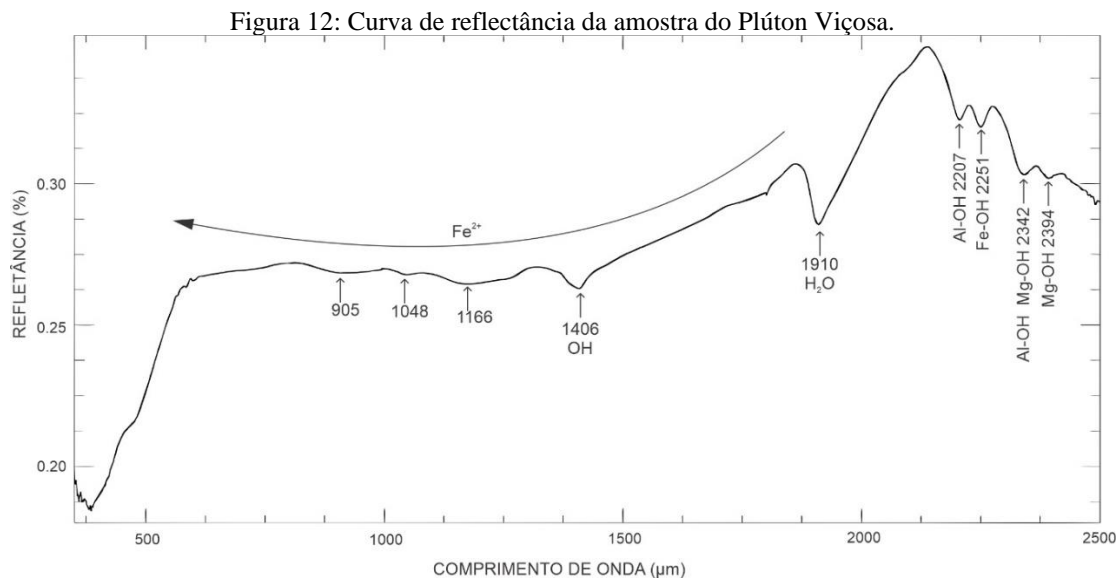


União dos Palmares: Este plúton está localizado na porção sudeste da área de estudo (Figura 2). A amostra representativa do Plúton União dos Palmares é um monzogranito porfirítico de granulação média a grossa (Figura 3H). Essa amostra apresenta feições moderadas na faixa do VNIR derivada de ferro ferroso (Fe^{2+}) da biotita e do ferro férrico (Fe^{3+}) da goethita nos intervalos de ~ 400 , ~ 666 e ~ 891 nm. Na faixa SWIR, são encontradas feições concordantes com o mineral biotita nos intervalos entre ~ 2247 nm (Fe-OH) e em ~ 2349 e ~ 2390 nm (Mg-OH), bem como da muscovita, em cerca de ~ 2203 , ~ 2349 e ~ 2446 nm, relacionadas ao Al.

Figura 11: Curva de reflectância da amostra do Plúton União dos Palmares



Viçosa: O monzogranito do Plúton Viçosa é composto, essencialmente, de quartzo, plagioclasio, K-feldspato, piroxênio, muscovita e biotita. Este corpo ígneo é marcado, espectralmente, por muscovita sendo ela caracterizada por feições de absorção em 2207 e ~2342 nm (faixa SWIR). A biotita apresenta feições na faixa VNIR oriundas do Fe^{2+} nos intervalos de ~905, ~1048 e ~1166 nm. Na faixa do SWIR foi possível destacar variações referentes a muscovita nos intervalos de ~2207 e ~2342 nm, bem como identificar moléculas de Fe-OH e Mg-OH constituintes do mineral biotita, presentes nos intervalos de ~2251, ~2394, ~2394 nm.



6 CORRELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E OS DADOS DE REFLECTÂNCIA PARA OS PLÚTONS DA PORÇÃO OESTE DO BATÓLITO IPOJUCA-ATALAIA

A partir dos dados de campo e da análise mesoscópica das amostras foi possível identificar que a maioria dos granitóides que compõem a porção Oeste da Batólito Ipojuca-Atalaia apresentam o mineral biotita como constituinte acessório, dado que corrobora com as curvas espectrais que apresentam vibrações correspondentes nas faixas do VNIR e do SWIR. No entanto, a muscovita que foi amplamente observada nas curvas espectrais apresenta difícil identificação nas amostras mesoscópicas, sendo ela classificada como mineral traço, portanto, o estudo da reflectância espectral foi indispensável para a caracterização e identificação deste mineral nas amostras de mão.

O clima úmido relatado por Oliveira & Antônio (2015) é um dos principais fatores para a aceleração dos processos intempéricos e erosivos na área de estudo. As capas de intemperismo são encontradas nas amostras dos plútons Cajueiro (Figura 3B), Manguape

(Figura 3D) e Santana do Mundaú (Figura 3G). O intemperismo causou alterações significativas na mineralogia da rocha, bem como nas curvas espectrais, destacando a baixa absorção na faixa do VNIR (Figuras 5, 6 e 10).

A goethita, mineral de alteração na área estudada, foi formado a partir da alteração por intemperismo das moléculas de Fe^{2+} , presentes na biotita, em Fe^{3+} . Este mineral é um claro marcador dos processos de alteração por entrada de OH no sistema. Os indicadores de vibração da goethita foram destacados no início da faixa do VNIR com feições próximas de ~450 nm.

Os sienogranitos (Plúton Cajueiro) e os quartzo-monzodioritos (Plúton Santana do Mundaú), que apresentam como mineralogia principal o quartzo, K-feldspato e plagioclásio tendem a demonstrar uma baixa absorção na faixa do VNIR (Figuras 5 e 10), indicativo de uma menor concentração de minerais máficos que apresentam Fe e Mg em sua composição.

Com base na análise da curva espectral os mozogranitos foram divididos em dois grupos. O grupo 1, representado pelos plútons Branquinha, Riacho Cabeça de Porco, Poço Feio e Viçosa, onde foi observada uma ampla absorção na faixa VNIR (Figuras 4, 8, 9 e 12) decorrente da abundância do mineral biotita e da pouca exposição das rochas ao intemperismo. O grupo 2 é formado pelos plútons monzograníticos Manguape, Munguba e União dos Palmares, onde a absorção na faixa do VNIR foi baixa ou moderada (Figuras 6, 7 e 11). A maior parte das amostras do grupo dois apresentam o mineral goethita, marcador de processos de alteração decorrentes do intemperismo descrito em toda área estudada, uma vez que o mineral em questão foi formado pela alteração das moléculas de Fe^{2+} , presentes na biotita, em Fe^{3+} .

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos plútons estudados e dos dados de reflectância ficou evidente a ação dos processos intempéricos a longo prazo na região. A alteração causada por esses processos ficou impressa nos corpos graníticos através da reação entre a hidroxila e os elementos formadores dos minerais máficos.

As curvas de Reflectância apresentaram nítida diferença entre os granitos com maior composição de minerais félsicos, onde a absorção no VNIR foi menor. Os dados de reflectância permitiram a identificação do mineral muscovita, através da vibração da partícula Al-OH no espectro.

Os dados aqui apresentados reforçam o entendimento dos processos químicos acerca da evolução da porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia, e como sua ação pode obliterar ou modificar as feições originais dos corpos ígneos de uma localidade com alto índice pluviométrico. Portanto, as técnicas de reflectância para o reconhecimento de características geológicas são adequadas para aplicação em outras localidades da Província Borborema, ampliando o conhecimento e as informações geológicas da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Espectroscopia de Reflexão do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos modalidade doutorado, processo 143557/2017-3. O segundo autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos modalidade doutorado, processo 88887.137872/2017-00.

REFERÊNCIAS

BRITO NEVES, B.; SILVA FILHO, A. Superterreno Pernambuco-Alagoas (PEAL) na Província Borborema: ensaio de regionalização tectônica. **Geologia USP. Série Científica**, 19(2), p. 3-28. 2019.

DALMOLIN, R. S. D., GONÇALVES, C.G., KLAMT, E., DICK, D.P. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 481–489, 2005.

DANTAS, E. L.; SILVA, A.D.; ALMEIDA, T.; MORAES, E. Old geophysical data applied to modern geological mapping problems: a study case in Seridó Belt, NE Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, p.65-72. 2003.

DUARTE, S.D., LOPES, J.L.S. Gestão territorial e zoneamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe-AL: embates territoriais e perspectivas geográficas. **Diversitas Journal**, 1(6): 957-975. 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i1-1578

FRASCA, A.S. **Amálgamas do W-Gondwana na Província Tocantins**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 172p. 2015.

HUNT, G.R. SALISBURY, J.W.; LENHOF, C. J. Visible and infrared spectra of minerals and rocks: IX basic and ultrabasic igneous rocks. **Modern Geology**, v.5, p.15-22, 1974.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W. Visible and infrared spectra of minerals and rocks: I. Silicate minerals. **Modern Geology**, v.1, p.283-300, 1970.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: III. oxides and hydroxides. **Modern Geology**, v.2, p.195-205, 1971.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J. Visible and near-infrared spectra of mineral and rocks: VI. Additional Silicates. **Modern Geology**, v.4, p.85-106, 1973.

MALVERN PANALYTICAL. 2018. Disponível em: <<https://www.malvernpanalytical.com/en/products/product-range/asd-range/fieldspec-range/fieldspec-4-standard-res-spectroradiometer>>. Acesso em 27 de junho de 2018.

MARTINS, T.M.O. **Espetro radiometria aplicada à caracterização mineral de rochas e solos do Greenstone Belt Rio Itapicuru – Ba**. Dissertação de mestrado. UEFS-Feira de Santana, 2017. 135 p.

OLIVEIRA, B.R., ANTÔNIO, G.B. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento cartográfico do município de União dos Palmares-AL. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** 19(3): 136-146. 2015. DOI: 105902/2236117017757

PONTUAL, S., MERRY, N., GAMSON, P. Spectral interpretation - Field manual. GMEX. **Spectral Analysis guides for mineral exploration: AusSpec International**. Pty. Ltd., 189 p. 2008.

SANTOS, H.G., JOCOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., ARAÚJO FILHO, J.C., OLIVEIRA, J.B., CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA, Brasília, Brasil. 356 p. 2018.

SILVA FILHO, A.F.; GUIMARÃES, I.P.; SANTOS, L.; ARMSTRONG, R.; VAN SCHMUS, W.R. Geochemistry, U-Pb geochronology, Sm-Nd and O isotopes of ca. 50 Ma long Ediacaran High-K Syn-Collisional Magmatism in the Pernambuco Alagoas Domain, Borborema Province, NE Brasil. **Journal of South American Earth Sciences**, 68:134-154. 2016

SILVA FILHO, A.F.; GUIMARÃES, I.P.; SILVA, J.M.R.; OSAKO, L.; VAN SCHMUS, W.R.; COCENTINO, L.; VERDE, V.V. Sm-Nd isotopic mapping and tectonic setting of Proterozoic metamorphic successions, orthogneisses and Neoproterozoic granites from the PEAL massif and its relevance for the crustal evolution of the Borborema Province, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Aracajú, Brazil, **Abstract**, 20 p. 1 CD-ROM. 2006

SILVA FILHO, A.F.; GUIMARÃES, I.P.; VAN SCHMUS, W.R. Crustal evolution of the Pernambuco–Alagoas complex, Borborema Province, NE Brazil, Nd isotopic data from Neoproterozoic granitoids. **Gondwana Research**. 5. p. 409–422. 2002.

TOTEU, S.F.; VAN SCHMUS, W.R.; PENAYE, J.; MICHARD, A. New U-Pb and Sm-Nd data from north-central Cameroon and its bearing on pre-Pan African history of central Africa. **Precambrian Research**, v.108, p.45-73. 2001.

TROMPETTE, R. **Geology of Western Gondwana, Pan-african-brasiliano: Aggregation of South America and Africa**. A.A. Balkema, Rotterdam, p. 350. 1994.

VAN SCHMUS W.R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B.B. 2011. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil; Insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, p.227-252. 2011.

VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B.B.; HACKSPACHER, P.C.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeast Brazil: initial conclusions. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, p.267-288. 1995.

VAN SCHMUS, W.R.; OLIVEIRA, E.P.; SILVA FILHO, A.F.; TOTEU, F.; PENAYE, J., GUIMARÃES, I.P. Proterozoic links between the Borborema province, NE Brazil, and the central African fold belt. **Geological Society of London**, v. 294, p.66-69. 2008.
WERNICK, E. **Rochas magmáticas conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. UNESP: São Paulo. 655 p. 2004