



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRORRADIOMÉTRICA DE SOLOS PARA  
A DETERMINAÇÃO DA EVOLUÇÃO PEDOGENÉTICA DOS  
REGOLITOS DA REGIÃO DE ALVORADA DO NORTE, GOIÁS.**

**Filipy Ferreira de Mesquita**

MONOGRAFIA

BRASÍLIA

2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Filipy Ferreira de Mesquita**

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRORRADIOMÉTRICA DE SOLOS PARA  
A DETERMINAÇÃO DA EVOLUÇÃO PEDOGENÉTICA DOS  
REGOLITOS DA REGIÃO DE ALVORADA DO NORTE, GOIÁS.**

**Monografia de especialização em  
Geoprocessamento Ambiental apresentada a  
banca examinadora do Instituto de Geociências  
como exigência para a obtenção do título de  
especialista em Geoprocessamento**

**Aprovada em 16/03/2018**

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tati Almeida (orientadora)

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Edson Eyji Sano

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jérémie Garnier

\_\_\_\_\_

# Caracterização Espectrorradiométrica de solos para a determinação da evolução pedogenética dos regolitos da região de Alvorada do Norte, Goiás.

Mesquita, F.F. Almeida, T. Campos, JEG.

*Universidade de Brasília, Brasília, Brasil*

**RESUMO:** Apesar de sua ampla distribuição em diferentes padrões de relevo e suas possíveis aplicações geotécnicas e hidrogeológicas, os solos derivados de rochas do Grupo Bambuí e Urucuia carecem de estudos voltados para a área de mineralogia e pedogênese. A fim de superar essa escassez de conhecimento, a espectrorradiometria vem mostrando-se promissora, visto que é um método rápido, eficiente e de fácil compreensão que, associado aos dados de declividade e de difratometria de raios-X, fornece informações importantes a respeito da evolução, mineralogia e quantidade de matéria orgânica de cada solo. A porção nordeste do estado de Goiás, mais especificamente os municípios de Simolândia e Alvorada do Norte, por exemplo, nas últimas décadas têm experimentado um crescimento econômico, porém a falta de informações pedológicas dificulta o manejo, uso e a proteção dos solos presentes na área: neossolos da formação Serra da Saudade; cambissolos das formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias; associação de chernossolos, argissolos e nitossolos da formação Lagoa do Jacaré e, por fim, latossolos do Grupo Urucuia. Nesse cenário, a área contou com quarenta e seis pontos de observação de perfis de solos, sendo que a retirada de amostra, os primeiros cinco centímetros do horizonte A, ocorreu em vinte e seis pontos. Parte das amostras passou por processo de secagem ao ar e, em seguida, retirou-se a fração menor que dois milímetros para análises espectrais utilizando o Sensor FieldSpec 3 no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial da Universidade de Brasília (UnB). Concomitantemente efetuou-se as análises de difratometria de raios-X no Laboratório de Difratometria de Raios-X da UnB. Ademais, gerou-se o mapa de declividade da área a partir do Modelo Digital de Elevação, nesse caso foi utilizado a imagem ALOS que possui 12,5 metros de resolução espacial e a ferramenta SLOPE do Software ArcGIS 10.2. A interpretação das curvas espectrais possibilitou a obtenção de informações sobre a mineralogia e, conseqüentemente, o grau de evolução de cada solo. Além de informações qualitativas, a análise da profundidade de absorção, a partir de espectro com remoção do contínuo, viabilizou a comparação das amostras em relação a quantidade de óxidos de ferro, matéria orgânica, água e caulinita. Por fim, os resultados qualitativos da espectrorradiometria foram validados e complementados pelos da difratometria de raios-X. Ambos os resultados foram confrontados com os dados de declividade, visto que a mineralogia, de forma qualitativa ou quantitativa, está ligada aos diferentes padrões geomorfológicos na região. Dessa forma, constatou-se que os dados espectrais estão de acordo com a declividade e os dados de mineralogia. Além disso, fornecem informações sobre a espessura do horizonte A e a evolução pedogenética dos solos, principalmente se forem comparados solos de mesma classe. Os solos oriundos da formação Lagoa do Jacaré, apresentam assinaturas espectrais com morfologia análoga. A composição mineralógica, a declividade, o material parental semelhante e a presença de rochividade e pedregosidade no horizonte A são as razões para tal observação. Apesar da semelhança, a análise da profundidade de absorção na faixa espectral referente a matéria orgânica permite a individualização de solos em associação, principalmente dos chernossolos.

**Palavras - chave:** Espectrorradiometria; Evolução pedogenética; Biblioteca espectral; Grupo Bambuí e Urucuia.

## 1. INTRODUÇÃO

A compreensão das características gerais e da distribuição dos solos é de extrema importância, visto que tal meio influencia na qualidade e no fornecimento de recursos naturais, sendo assim, está diretamente ligado a ocupação e prosperidade econômica de uma região. Apesar de toda sua importância, o Brasil carece de informações pedológicas, sendo que apenas 2,34% do Bioma Cerrado possui mapas de solos na escala entre 1:250.000 e 1:100.000. Nas escalas entre 1:100.000 e 1:20.000 esse número cai para 0,95% (Reatto *et al* 2008).

A ausência de informações pedológicas se deve muito a lentidão e aos altos custos dos métodos tradicionais de mapeamento (McBratney *et al* 2003). Além disso, o caráter qualitativo, espontâneo e subjetivo atrapalha consideravelmente. Dessa forma, novas ferramentas que facilitem a aquisição de dados pedológicos devem ser propostas e utilizadas. A espectrorradiometria, juntamente com a análise dos perfis de solo e análises de difratometria de raios-X, vêm com o intuito de ajudar no estudo sobre a distribuição, gênese e classificação dos solos, visto que os valores de reflectância em cada comprimento de onda são função direta da composição química e física do meio, o que permite avaliar algumas características, como: arranjo, composição e constituição.

Dessa forma, espera-se que os chernossolos, solos constituídos por material mineral e que apresentam alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico, sejam distinguidos dos argissolos e nitossolos, visto que a análise da profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo permite a avaliação da quantidade de material orgânica. Além disso, espera-se que a análise da matéria orgânica pode auxiliar na classificação e na distinção de solos de mesma classe, já que a análise dos primeiros centímetros através da espectrorradiometria pode permitir inferências sobre o horizonte diagnóstico superficial e, conseqüentemente ajudar na classificação em níveis categóricos.

Por fim, por meio de análises espectrais, difratogramas e mapa de declividade, pretende-se, em um mesmo tipo de solo, avaliar o grau de evolução de cada um a partir do teor de óxido de ferro e a presença de minerais primários.

## 2. ÁREA DE TRABALHO

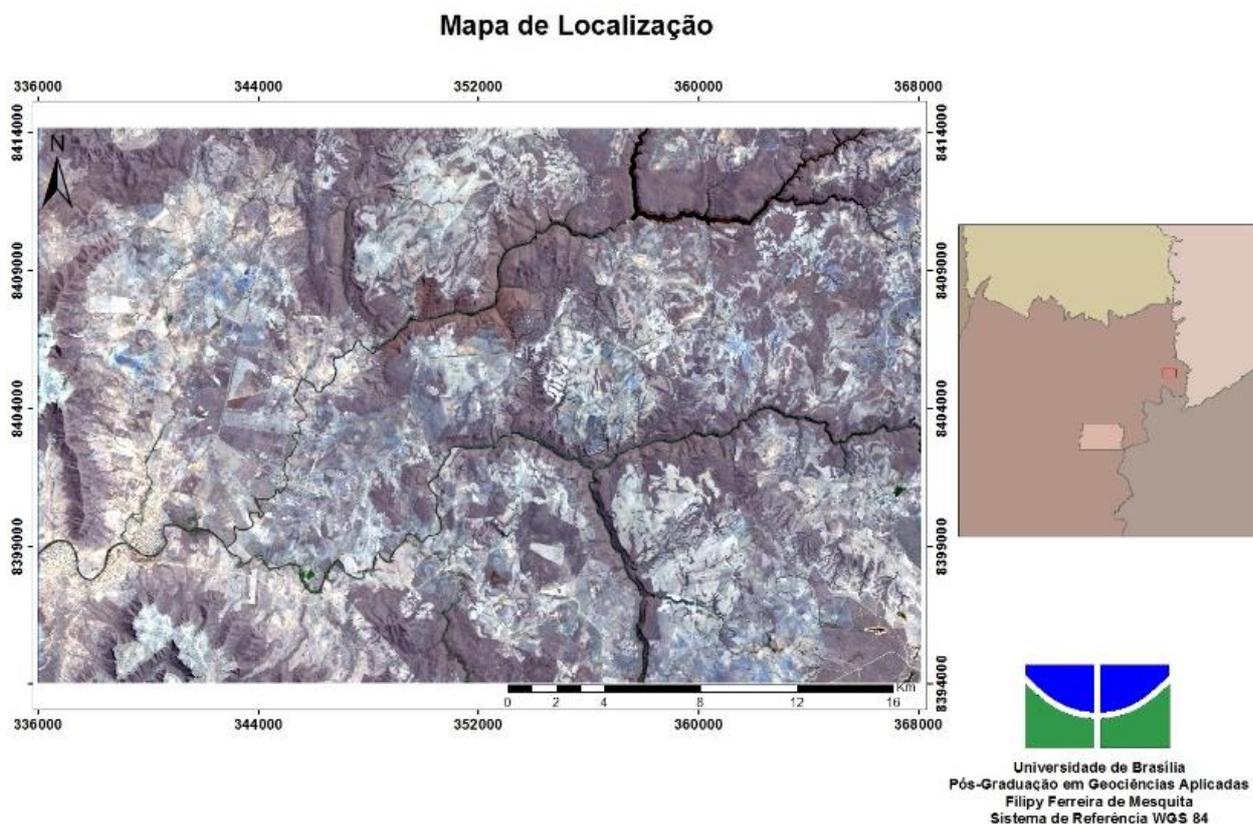
A área se localiza na região Centro-Oeste do Brasil, estado de Goiás. As cidades de Simolândia de Alvorada do Norte, que ficam cerca de 254 km à nordeste de Brasília serviram como base para os trabalhos de campo. As cidades são seccionadas por uma das mais importantes rodovias do Brasil, a BR-020, também conhecida como Rodovia Presidente Juscelino Kubitschek. O projeto abrange uma área de 640 km<sup>2</sup> próxima à divisa dos estados de Goiás, Bahia e Tocantins.

A vegetação é estritamente do bioma cerrado sendo que nos relevos suave a ondulado há um predomínio do cerrado típico e cerradão. Já nas áreas de maior declividade predomina o campo sujo e campo limpo. Além disso, nas proximidades dos rios, há um domínio das formações florestais, tais como: mata ciliar e mata de galeria. A área apresenta três rios principais: Corrente, Buritis e Vermelho. Sendo que tanto o Buritis como o Vermelho são afluentes do Rio corrente. Este é um dos afluentes do Rio Paranã. Vale ressaltar que todos os rios são do tipo meandrante.

Devido à presença de rochas carbonáticas e ao processo de dissolução dessas rochas, a região é repleta de ambientes cársticos. Sendo que dolinas de colapso ou abatimento estão amplamente distribuídas na área. Além disso, sumidouros e ressurgências estão presentes na região.

A intervenção humana na área se dá principalmente pela urbanização, agronegócio, ecoturismo e na gestão dos recursos hídricos. A urbanização predomina na porção oeste da área com a expansão das cidades de Alvorada do Norte e Simolândia. O agronegócio é voltado para criação de gado para corte, sendo que pequenas e grandes propriedades estão espalhadas por toda

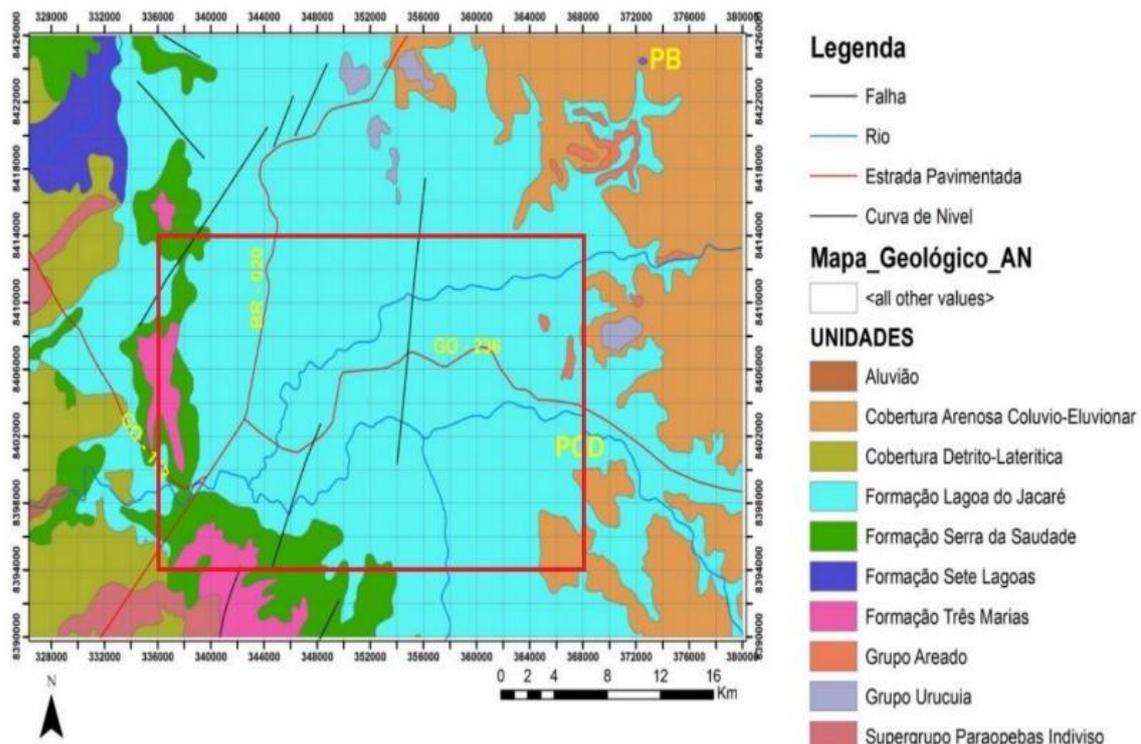
a área. Já o ecoturismo se concentra na porção nordeste da área, nas proximidades da cidade de Mambáí, onde há uma maior concentração de cachoeiras e cânions. Por fim, a gestão de recursos hídricos é direcionada para a geração de eletricidade, visto que trechos de alguns rios foram barrados para construção de pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Na área houve o barramento do Rio Buritis para instalação da subestação Santa Edwiges III. A figura 1 representa uma imagem Landsat da área.



*Figura 1 - Imagem Landsat da área.*

A região em estudo tem como substrato geológico rochas pelíticas, carbonáticas e arcoseanas do Grupo Bambuí. Segundo Cruz (2012), a região de Alvorada do Norte apresenta uma grande diversidade de rochas, sendo pertencentes ao Grupo Areado, Bambuí, Urucuia e Supergrupo Paraobeba. A área de estudo abrange somente formações neoproterozóicas pertencentes ao Grupo Bambuí, são elas da base para o topo: Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (Figura 2).

Cruz (2012) destaca que a formação Lagoa do Jacaré é caracterizada por folhelhos calcíferos laminados, siltitos e calcários, sendo que representam as rochas mais abundantes da região. A ocorrência de argissolos, nitossolos e chernossolos eutróficos (associação) está diretamente ligada a esse substrato e, além disso, ao relevo suave ondulado e ondulado da região.



**Figura 2 - Mapa geológico da região de Alvorada do Norte. (PB – Pedreira Britalcal; PCD- Paredão Córrego das Dores, Retângulo Vermelho – Área de estudo). Retirado de Cruz (2012) e modificado da carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha SD-23.**

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2013), os argissolos são solos com sequência de horizonte A ou E – Bt – C – R e com argila de baixa atividade. Caso ocorra os horizontes B plíntico (Bp) ou B glei (Bg) estes estão posicionados acima do B textural (Bt). Os argissolos correspondem a parte dos antigos solos podzólicos com horizonte B textural.

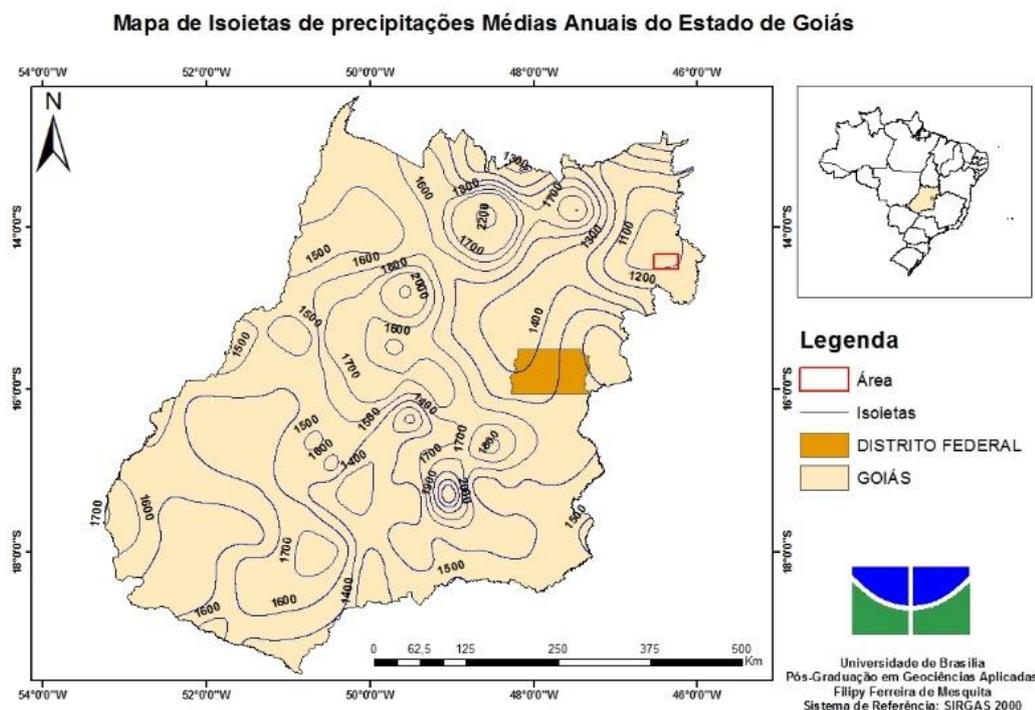
A Formação Serra da Saudade é caracterizada por siltitos marrons, folhelhos, verdetes e restritas lentes de calcário. Nessa formação predomina neossolos e cambissolos, visto que o relevo forte ondulado e escarpado impossibilita o avanço da pedogênese. Os neossolos são solos pouco evoluídos pedogeneticamente, sendo assim não apresentam horizonte B. Logo, a sequência de horizontes é A – C – R ou A – R.

Já os cambissolos apresentam sequência de horizonte A ou H – Bi – C – R. Comumente, exibem pedregosidade e rochiosidade, sendo que podem ou não apresentar horizonte.

Por fim, a Formação Três Marias, que aflora nas cotas mais elevadas e planas na área de estudo, é caracterizada predominantemente por siltitos, arcóseos e/ou arenitos arcoseanos. Devido à uniformidade do material e a baixa susceptibilidade a alteração, os cambissolos predominam nessa formação.

As rochas do Grupo Urucuia já não estão presentes na área, no entanto, manchas de latossolos arenosos são procedentes do retrabalhamento desses materiais. Os latossolos que possuem horizonte A – Bw – C – R são solos homogêneos com transição difusa entre os horizontes, sem fragmentos do material parental. Geralmente, apresentam estrutura grumosa no horizonte Bw e granular no horizonte A.

De acordo com os dados disponíveis no site do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pode-se dizer que a precipitação média anual varia em torno de 900 a 1200 milímetros de chuva, sendo que a maior parte da precipitação ocorre entre os meses de novembro e março (Figura 3).



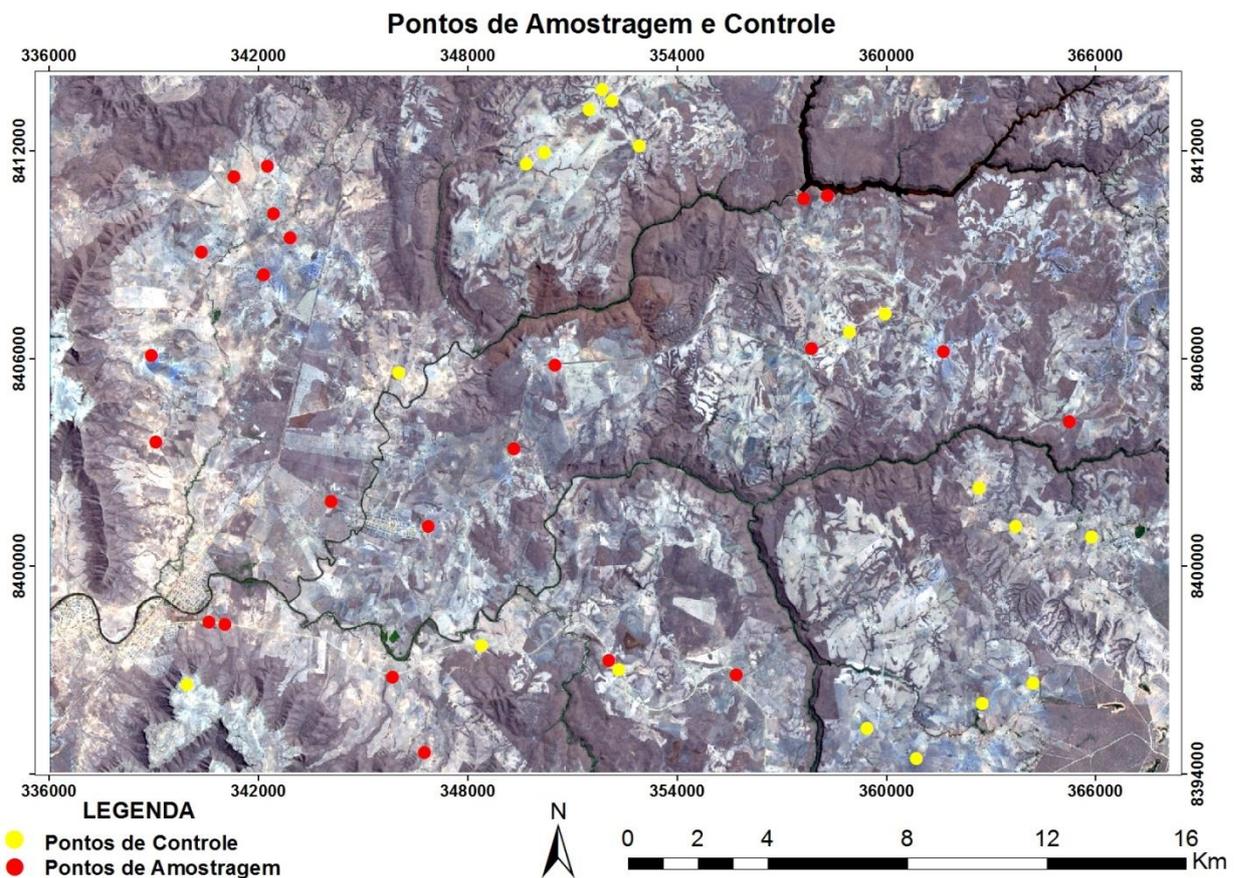
**Figura 3 - Mapa de isoietas de precipitações médias anuais do Estado de Goiás. Dados retirados no site da CPRM. Isoietas Anuais na escala 1:5.000.000.**

Em observações de campo, percebe-se que a área apresenta desde áreas planas até áreas com forte declividade, sendo que em alguns locais a presença de cânions nas encostas dos rios. Ademais, a altimetria varia muito na região posto que o ponto de menor altimetria apresenta 514 metros já o de maior apresenta 972 metros, ou seja, uma diferença de quase 460 metros.

### 3. METODOLOGIA

Os trabalhos de campo foram realizados nas áreas dos municípios de Alvorada do Norte e Simolândia, no estado de Goiás. As amostras foram submetidas às análises de espectrorradiometria para determinação da curva espectral de cada solo e a difratometria de raios-X para validação dos dados espectrais.

Com o avanço de técnicas, a espectrorradiometria vem se destacando na caracterização e discriminação dos diversos tipos de solos, visto que o comportamento espectral do solo depende diretamente de sua composição química, biológica, física e mineralógica (Sousa Junior et al., 2008). Sendo assim, a análise dos espectros de solo pode permitir a identificação de seus componentes mineralógicos. Tais componentes podem ser de grande valia aos estudos de gênese, classificação e de manejo dos solos. No total foram feitos 46 pontos, sendo que 26 pontos de amostragem na profundidade de 0-5 cm (Figura 4).



*Figura 4 - Mapa de Pontos de Amostragem e Controle.*

Após a amostragem de campo, as amostras ficaram expostas ao ar para secagem durante sete dias. Em seguida, foram encaminhadas para análise espectral bidirecional (350 – 2500 nm) sendo que a calibração foi feita utilizando uma placa de referência Spectralon (100% de reflectância). O sensor utilizado foi o FieldSpec 2 (Figura 5).

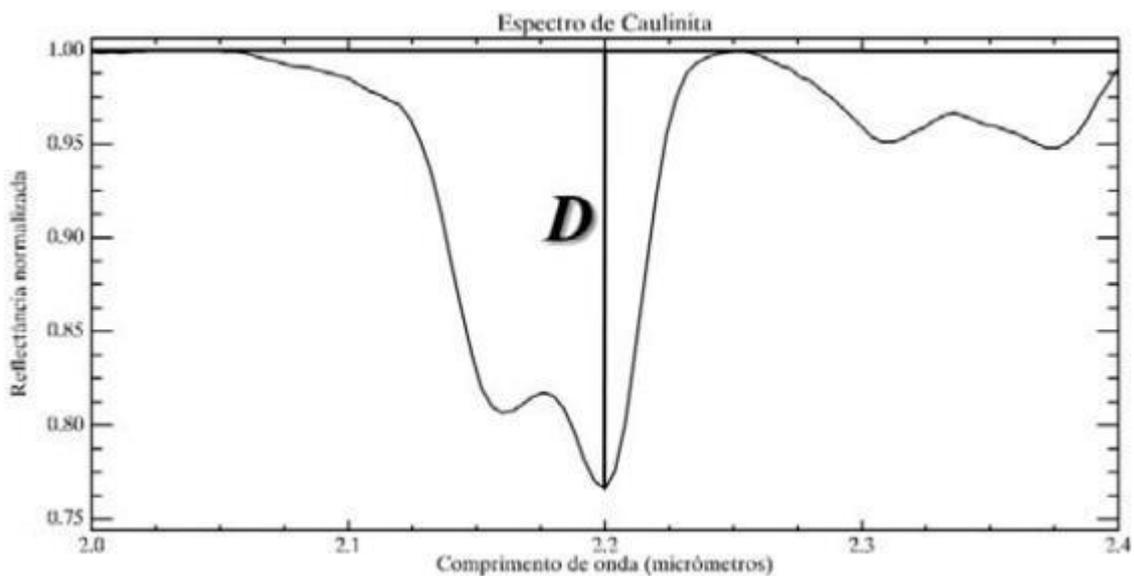


*Figura 5 - Sensor FieldSpec utilizado para obtenção das curvas espectrais.*

Cada amostra gerou quatro curvas espectrais sendo que apenas a mais representativa foi analisada.

Existem diversas formas para a análise de espectros, porém o trabalho utilizou a técnica de remoção do contínuo por se tratar, segundo Clark e Roush (1984), de um procedimento simples que permite acentuar feições, diminuir efeitos externos e identificar elementos. Com a remoção do contínuo, os espectros são normalizados a partir de uma linha de base comum que deve tangenciar ao máximo a curva espectral. Sendo assim, a técnica de remoção do contínuo permite que se removam interferências causadas por substâncias que estão presentes na amostra e não estão sendo estudadas.

Após a remoção do contínuo, são de extrema importância a medição e a análise da intensidade das feições espectrais, visto que existe uma relação linear entre a intensidade da absorção e o conteúdo do mineral. De acordo com Baptista (2012) *in* Meneses e Almeida (2012), para determinar a intensidade da feição de absorção pode-se adotar a equação abaixo, onde:  $D$  é a profundidade da banda de absorção e  $R'$  é o valor de reflectância correspondente ao ponto de absorção no espectro com o contínuo removido (Figura 6).



**Figura 6 - Conceito de profundidade de absorção a partir de espectro com remoção do contínuo. Imagem retirada do Livro Introdução ao Processamento de Imagens e Sensoriamento Remoto. Processamento de Dados Hiperespectrais, Capítulo 14. Baptista (2012) *in* Meneses**

No caso da caulinita que possui dupla banda de absorção, o valor de  $R'$  será a média aritmética dos dois picos de absorção. Todos os dados relacionados à espectroscopia foram avaliados e manipulados a partir da ferramenta Spectral Library Viewer do software ENVI 5.4 Classic.

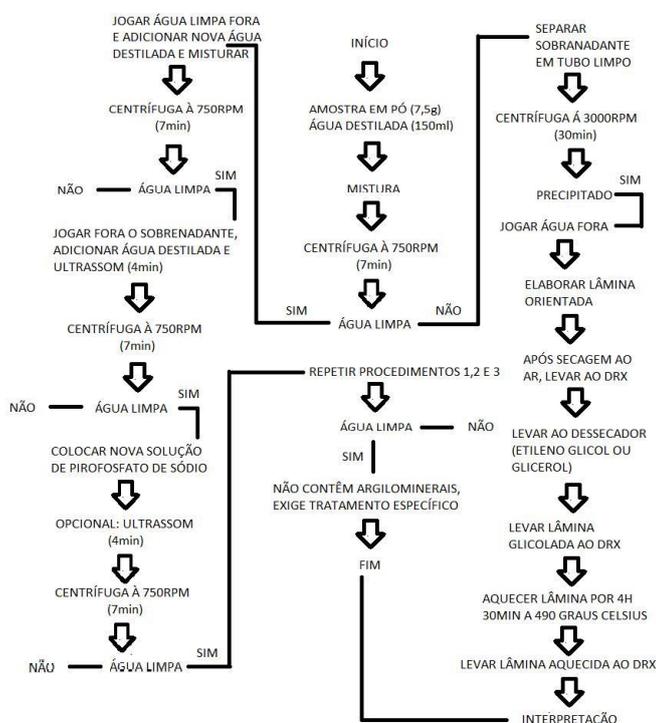
Com o intuito de validar e complementar os dados espectrais, análises de difratometria de raios - X também foram feitas nas 26 amostras. Utilizada desde a década de 30 para determinação da estrutura cristalina, a difratometria de raios-X é essencial para caracterização mineralógica dos argilominerais e de outros constituintes de granulação fina dos solos, sendo assim as análises composicionais serão feitas através do uso de Difração de Raios - X (DRX).

Inicialmente, as amostras passam por diversos tipos de procedimentos a fim de que a fração total e argila sejam obtidas (Figura 7).



**Figura 7 - Lâminas para análise da fração total e fração argila.**

Posteriormente, as lâminas de fração argila são aquecidas e submetidas a tratamento com etileno-glicol e glicerol. Todo o procedimento realizado está resumido no fluxograma a seguir (Figura 8).



**Figura 8 - Fluxograma da preparação de amostra para DRX.**

Na fração argila predominam os minerais de estrutura mal definida, como os argilominerais e vários hidróxidos, enquanto são menos abundantes os minerais com estrutura cristalina bem definida como o quartzo. Difrátogramas de amostras contendo vários tipos de minerais evidenciam estes últimos em detrimento dos constituintes mal cristalizados. É sempre importante lembrar que a intensidade do pico característico de um mineral não corresponde à sua proporção na amostra. Além das condições de operação do equipamento, a intensidade depende da estrutura cristalina, composição química dos minerais da amostra e outros fatores.

No Laboratório de difratometria de raios-X da Universidade de Brasília, as análises são realizadas em difratômetro RIGAKU – ULTIMA IV, operando com tubo de cobre e filtro de níquel, sob 30 kV e 15 mA. A partir dos difratogramas, os minerais são identificados, com apoio do software JADE 9.0 da MDI, que dispõem de rotinas de busca automática de picos e pesquisa de possíveis minerais nos bancos de dados mineralógicos do International Centre for Diffraction Data (ICDD).

Por último, tem-se a análise da declividade da área. Os dados de declividade foram obtidos com a ajuda da ferramenta SLOPE do Software ArcGIS 10.2. Vale ressaltar que a imagem ALOS que possui 12,5 metros de resolução espacial foi usada como Modelo Digital de Elevação para a área.

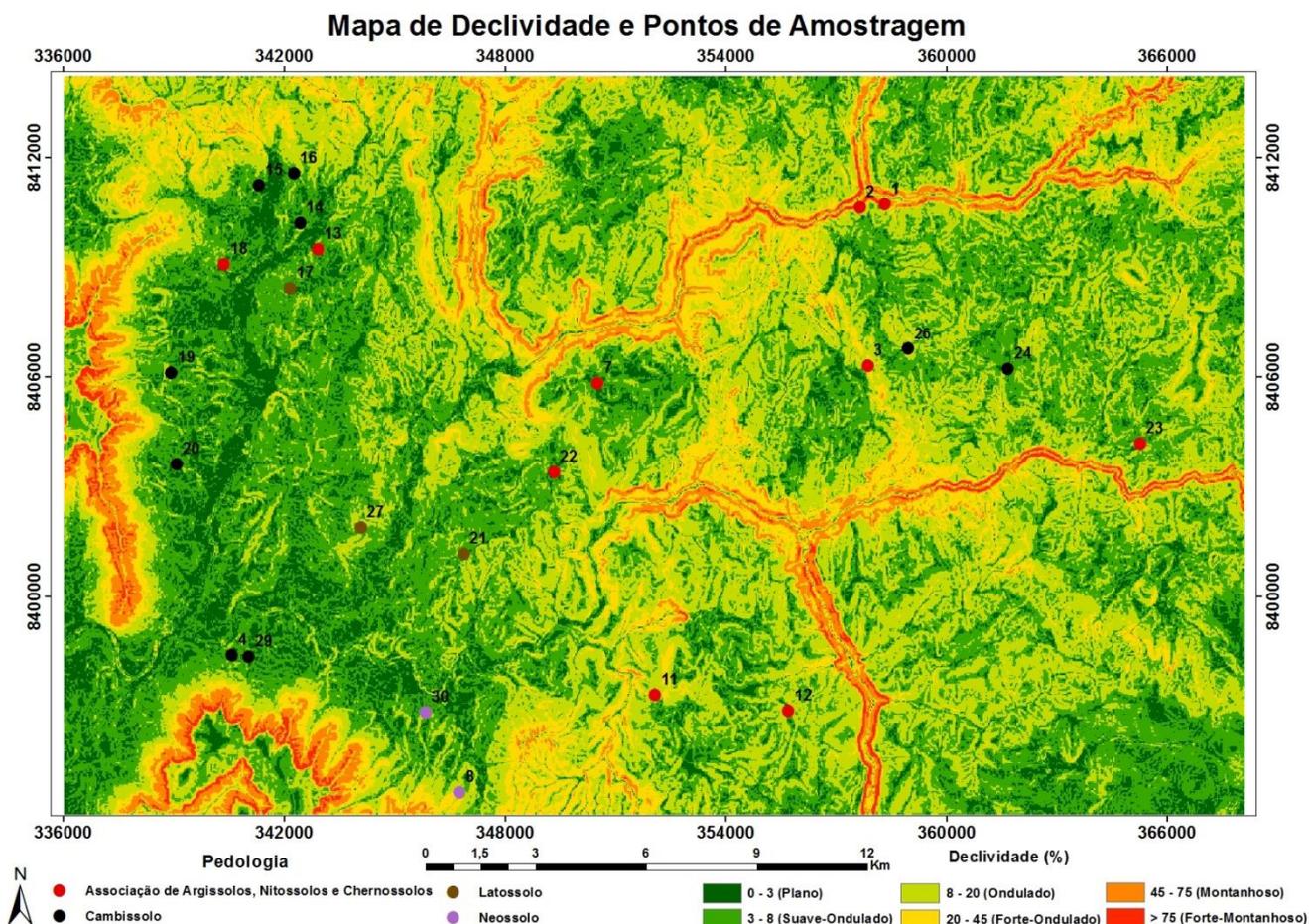
Como pode ser visto na tabela 2, as classes de declividade geradas foram reclassificadas em seis intervalos distintos e sugeridos pela Embrapa (1979).

*Tabela 1 - Classificação do relevo utilizando o critério de declividade média da bacia, segundo a Embrapa, (1979).*

Declividade (%)	Tipo de Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte Ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Forte Montanhoso

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando a Figura 9, percebe-se que predominam os relevos suaves ondulados a ondulados, sendo que na porção oeste há uma maior concentração de relevos planos. A análise da declividade é extremamente importante, visto que os tipos de solos presentes na área estão correlacionados com a declividade.



*Figura 9 - Mapa de declividade da área gerado a partir do Modelo Digital de Elevação – MDE e classificado de acordo com Embrapa (1979). O mapa apresenta os pontos de amostragem com o tipo de solo.*

Para melhor compreensão e análise dos resultados, decidiu-se separá-los em grupos, sendo que no primeiro grupo estão os cambissolos, no segundo a associação de argissolos, nitossolos e chernossolos, o terceiro engloba neossolos e o último é formado por latossolos.

#### •GRUPO 1: CAMBISSOLOS

A amostragem ocorreu em dez pontos distribuídos de forma aleatória na área. Dessa forma, como pode ser visto na tabela 2, foram coletados solos oriundos de diversas formações geológicas.

*Tabela 2 – Amostras de Cambissolos.*

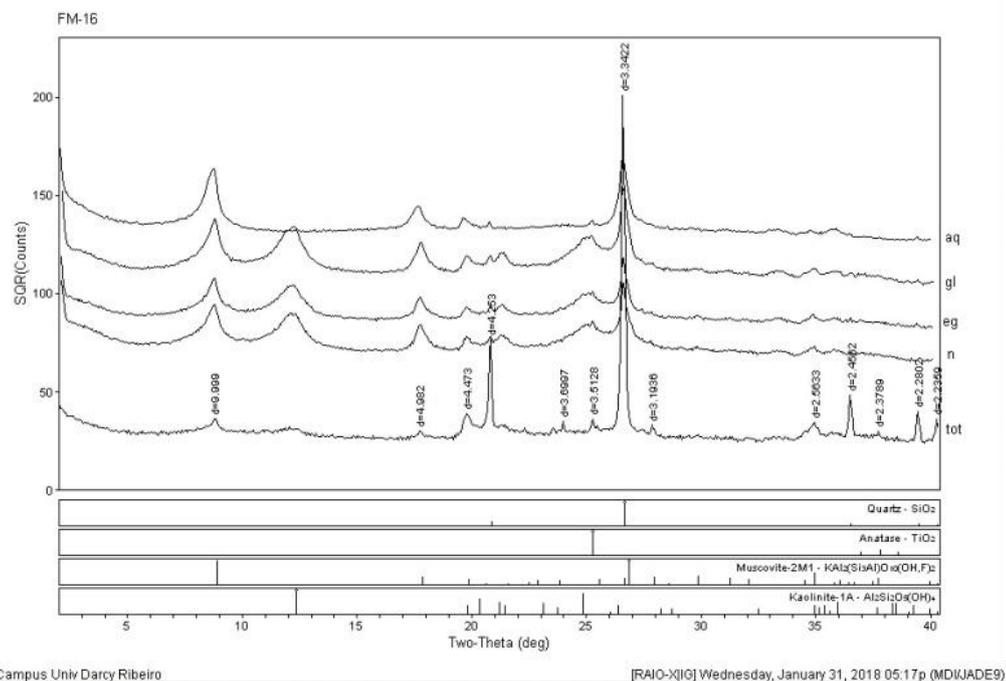
FM – 14	Lagoa do Jacaré
FM – 15	Lagoa do Jacaré
FM – 16	Lagoa do Jacaré
FM – 24	Lagoa do Jacaré
FM – 26	Lagoa do Jacaré
FM – 4	Serra da Saudade
FM – 19	Serra da Saudade
FM – 20	Serra da Saudade
FM – 29	Serra da Saudade
FM – 9	Três Marias

Os cambissolos eutróficos, na região de Alvorada do Norte, têm como material parental as margas da Formação Lagoa do Jacaré. No geral, como pode ser visto na Figura 10, os solos apresentam horizonte A moderado de aproximadamente 10 centímetros. Em seguida, possuem horizonte Bi entre 10 – 22 centímetros. Logo, a partir de 22 centímetros de profundidade o material parental já está presente. A textura desses solos varia de siltosa à argilosa.



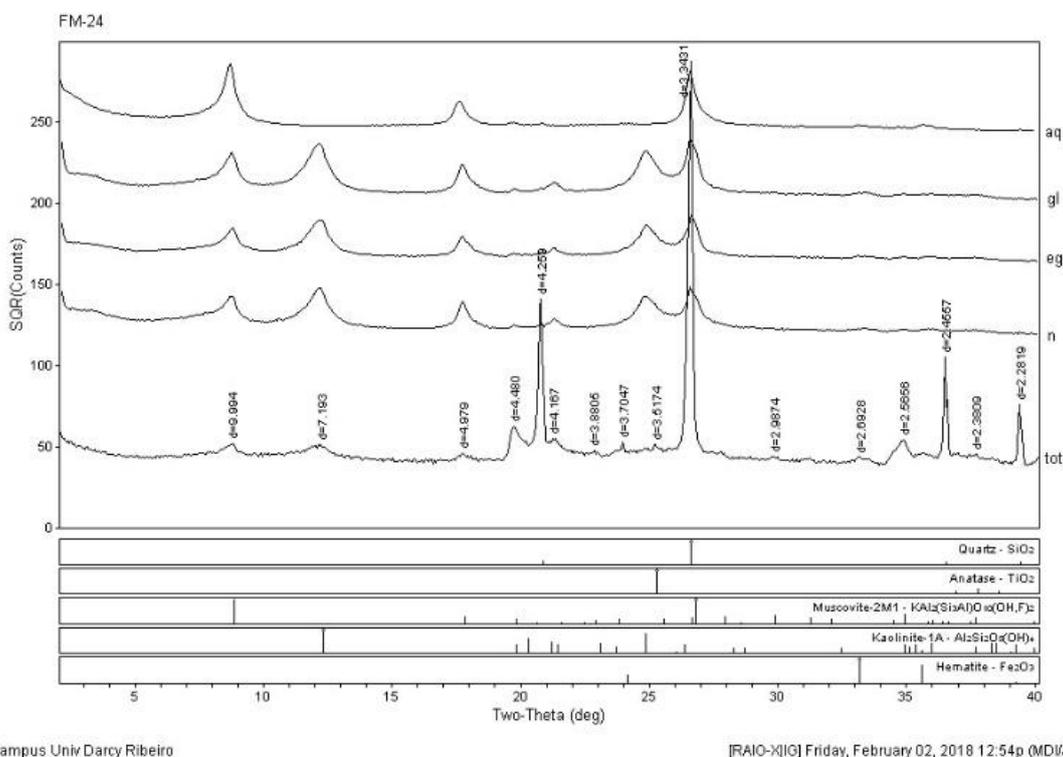
*Figura 10 - Cambissolo eutrófico oriundo de margas da Formação Lagoa do Jacaré – Grupo Bambuí.*

Esses solos, de acordo com os resultados de difratometria de raios-X, apresentam composição mineralógica simples: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita e hematita, sendo que das cinco amostras apenas duas apresentaram hematita: FM – 24 e FM – 26. (Figura 16 e Figura 17).



Campus Univ Darcy Ribeiro [RAIO-X]IG Wednesday, January 31, 2018 05:17p (MDI/JADE9)

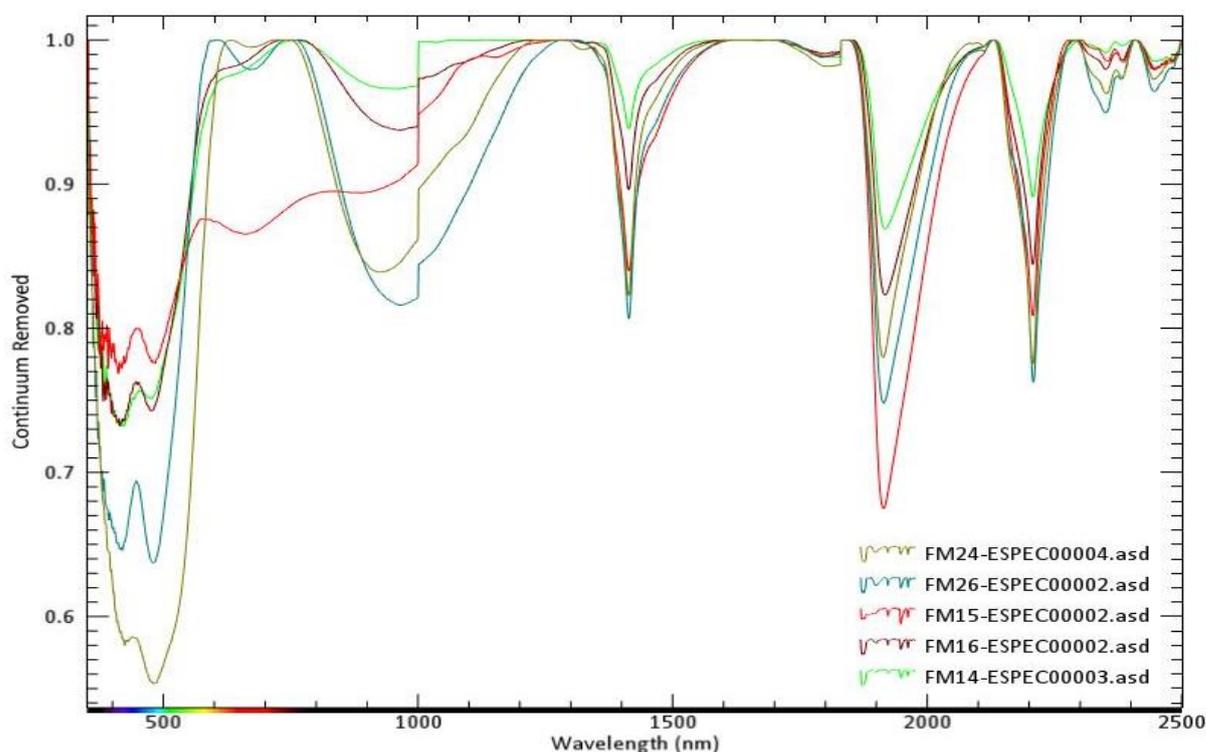
**Figura 11 - Difratoograma da amostra FM – 16. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita e caulinita. As amostras FM – 14 e FM – 15 apresentam mesma composição.**



Campus Univ Darcy Ribeiro [RAIO-X]IG Friday, February 02, 2018 12:54p (MDI/JADE9)

**Figura 12 - Difratoograma da amostra FM – 24. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita e caulinita e hematita. A amostra FM – 26 apresenta mesma composição.**

As curvas espectrais dos cambissolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré (Figura 13) apresentam morfologia semelhante, porém com diferenças importantes principalmente na profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo.



*Figura 13 - Curvas Espectrais dos cambissolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré.*

Os diferentes picos na faixa do espectro de 350 – 1000 nm estão relacionados principalmente às interações da radiação eletromagnética com os óxidos e hidróxidos de ferro (TERRA, 2011). Sendo que as feições em 480 e 530 nm estão relacionadas, respectivamente, a goethita e hematita.

As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. Já o pico em 2200 nm se refere à presença de caulinita, produto de alteração de feldspatos, feldspatóides e outros silicatos.

Na faixa do espectro de 2300 – 2500 nm (Figura 13), as amostras apresentam comportamento espectral semelhante com picos de absorção baixos em 2352, 2383 e 2444 nm.

De acordo com os resultados mostrados, apenas as amostras FM – 24 e FM – 26 apresentam hematita. No entanto, os diferentes picos referentes à presença de óxidos de ferro, principalmente o da goethita (480 nm), estão presentes em todas as amostras. Ou seja, os óxidos de ferro não foram identificados pela difratometria, no entanto, sua presença foi verificada pela espectrorradiometria. Tal fato está relacionado com a concentração da hematita e goethita nas diferentes amostras. Se comparado com a espectrorradiometria, a difratometria é um método com menor grau de detecção. Sendo assim, baixas concentrações de óxido de ferro não são identificadas pela difratometria.

Analisando a profundidade de absorção na faixa do espectro de 350 – 540 nm (Figura 13), pode-se notar que as curvas com maior quantidade de óxido de ferro (FM – 24 e FM – 26) são as mesmas em que foi detectado hematita pela difratometria de raios-X (Figura 12). Já as curvas com menores concentrações de óxido de ferro, ou seja, com menores valores de D não foi detectado nenhum tipo de óxido de ferro pela difratometria (FM – 14, FM – 15 e FM – 16).

A partir dos resultados percebe-se também que o valor de D e, conseqüentemente, a concentração de caulinita são maiores nas amostras FM – 24 e FM – 26 (Figura 13). A presença de caulinita é confirmada nos difratogramas (Figuras 11 e 12).

Durante observações de campo notou-se que as amostras FM – 24 e FM – 26 foram coletadas em locais com cotas mais altas, em torno de 700 metros, e com menor declividade se comparadas com as amostras FM – 14, FM – 15 e FM – 16 que apresentam cotas em torno de

580 metros em relevos mais movimentados (Figura 9).

Sendo assim era de se esperar que as amostras FM – 24 e FM - 26 possuam concentrações maiores de caulinita e óxidos de ferro, visto que com o decréscimo da declividade têm-se horizontes mais espessos e, conseqüentemente, maior atuação dos processos pedogenéticos, possibilitando assim a concentração de minerais secundários como a caulinita e os óxidos de ferro.

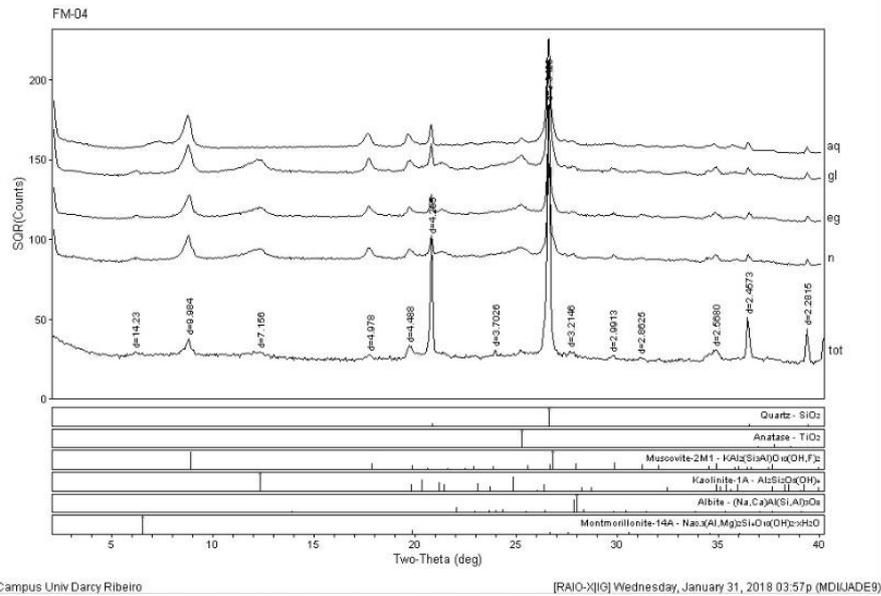
Já os cambissolos distróficos, na região de Alvorada do Norte, têm como material parental os siltitos da Formação Serra da Saudade e os arcóseos da Formação Três Marias.

Comumente, como pode ser visto na Figura 15, os cambissolos distróficos oriundos de siltitos da Formação Serra da Saudade apresentam horizonte A de aproximadamente 5 centímetros. Em seguida, possuem horizonte Bi entre 5 - 15 centímetros. O material parental está a uma profundidade de 30 centímetros. Sendo assim, entre o horizonte Bi e o material parental existe, aproximadamente, 15 centímetros de regolito. A textura siltosa predomina nesses solos.



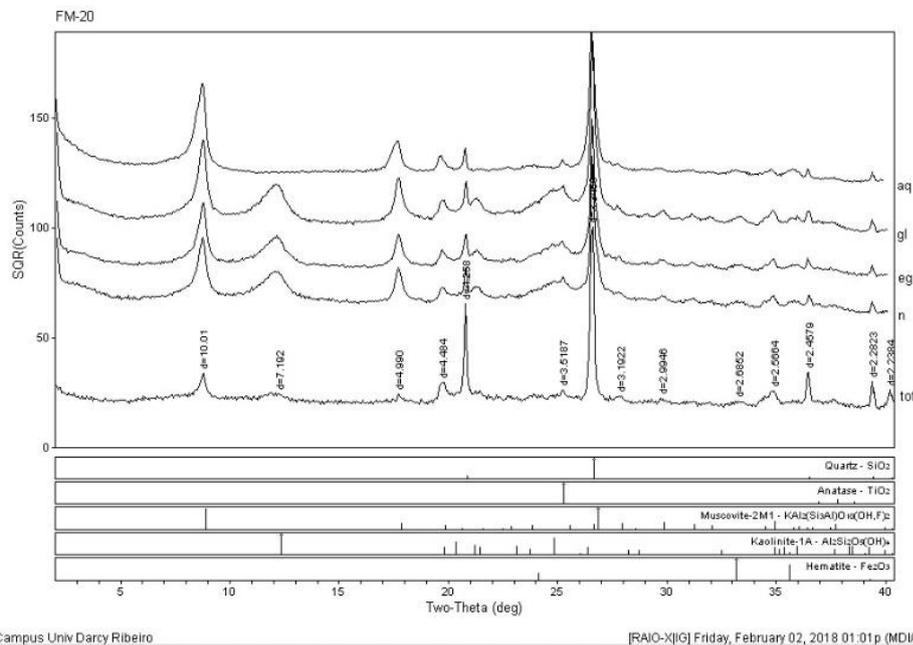
*Figura 14 - Cambissolo distrófico oriundo de siltitos da Formação Serra da Saudade – Grupo Bambuí*

A mineralogia desses solos, de acordo com os resultados de difratometria, é composta por: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, hematita, rutilo, albita e montmorilonita, sendo que a albita e a montmorilonita estão presentes apenas na amostra FM - 04 (Figura 15).



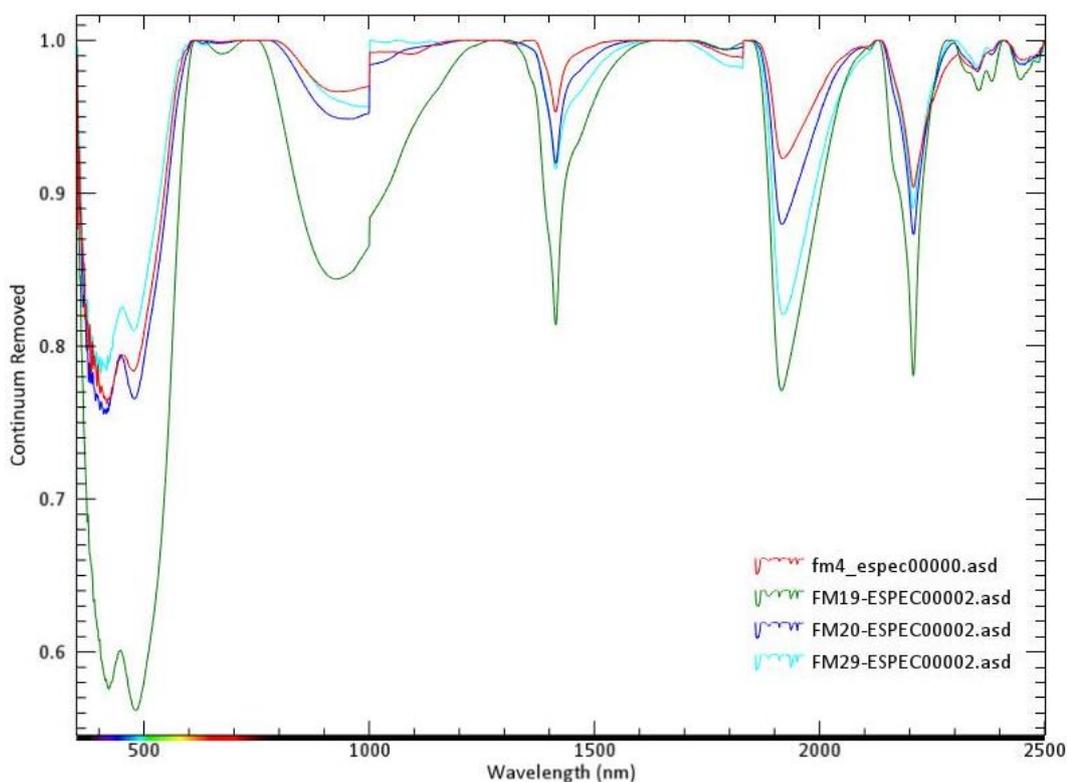
**Figura 15 - Difratoograma da amostra FM – 04. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, albita e montmorilonita.**

Por outro lado, o rutilo está presente apenas na amostra FM – 29. Já a hematita está presente nas amostras FM – 19 e FM – 20 (Figura 16).



**Figura 16 - Difratoograma da amostra FM – 20. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita e hematita. A amostra FM – 19 apresenta a mesma composição.**

As curvas espectrais dos cambissolos oriundos da formação Serra da Saudade (Figura 17) apresentam morfologia semelhante, porém com diferenças importantes principalmente na profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo.



*Figura 17 - Curvas Espectrais dos cambissolos oriundos da formação Serra da Saudade.*

De acordo com os difratogramas, apenas as amostras FM – 19 e FM – 20 apresentam hematita. No entanto, como pode ser visto na Figura 19, os diferentes picos referentes à presença de óxidos de ferro (350 – 1000 nm) estão presentes em todas as amostras. As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. Já o pico em 2200 nm se refere à presença de caulinita.

Na faixa do espectro de 2300 – 2500 nm, as amostras apresentam comportamento espectral semelhante com picos de absorção baixos em 2351, 2382 e 2447 nm. Os picos também estão presentes nos cambissolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré.

Analisando a profundidade de absorção na faixa do espectro de 350 – 540 nm (Figura 17), pode-se notar que as curvas com maior quantidade de óxido de ferro (FM – 19 e FM – 20) são as mesmas em que foi detectado hematita pela difratometria de raios-X (Figura 16). Já as curvas com menores concentrações de óxido de ferro, ou seja, com menores valores de D não foi detectado nenhum tipo de óxido de ferro pela difratometria (FM – 4 e FM – 29).

A partir das curvas espectrais percebe-se também que o valor de D e, conseqüentemente, a concentração de caulinita, assim como as concentrações de óxidos de ferro, são maiores nas amostras FM – 19 e FM – 20. A presença de caulinita é confirmada nos difratogramas.

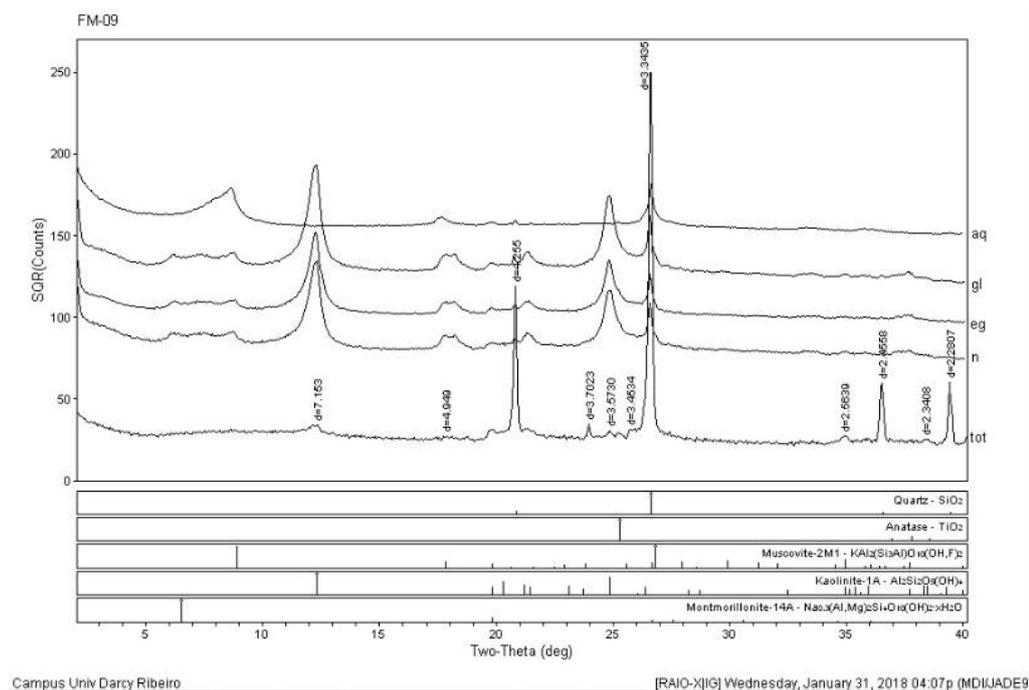
As amostras com maior quantidade de óxido de ferro (FM – 19 e FM – 20) foram coletadas em cotas mais altas, 591 e 545 metros, respectivamente, se comparadas com as amostras FM – 4 e FM – 29 que apresentam cota igual a 514 metros. Como pode ser visto na Figura 17, as amostras FM – 19 e FM – 20 também apresentam concentrações maiores de caulinita. No geral, as amostras foram coletadas onde há domínio de relevo plano a suave ondulado. No entanto, as amostras FM – 19 e FM -20, que estão mais distantes das escarpas e não estão inseridas em nenhuma planície de inundação, sofrem menos influência de processos erosivos, logo possuem horizontes mais espessos e, conseqüentemente, maior concentração de óxidos e caulinita.

Por outro lado, as amostras FM – 04 e FM – 29, por serem solos menos desenvolvidos e localizados em terrenos ondulados próximos a escarpas do Morro do Cruzeiro e sob a influência da planície de inundação do Rio Corrente, possuem os menores valores de reflectância

normalizada. Pode-se inferir que esses solos apresentam horizontes subsuperficiais (A) menos espessos que os das amostras FM – 19 e FM – 20. Além disso, a presença de albita e montmorilonita, mineral primário, no horizonte A (Figura 15) confirma o baixo grau pedogenético desses solos.

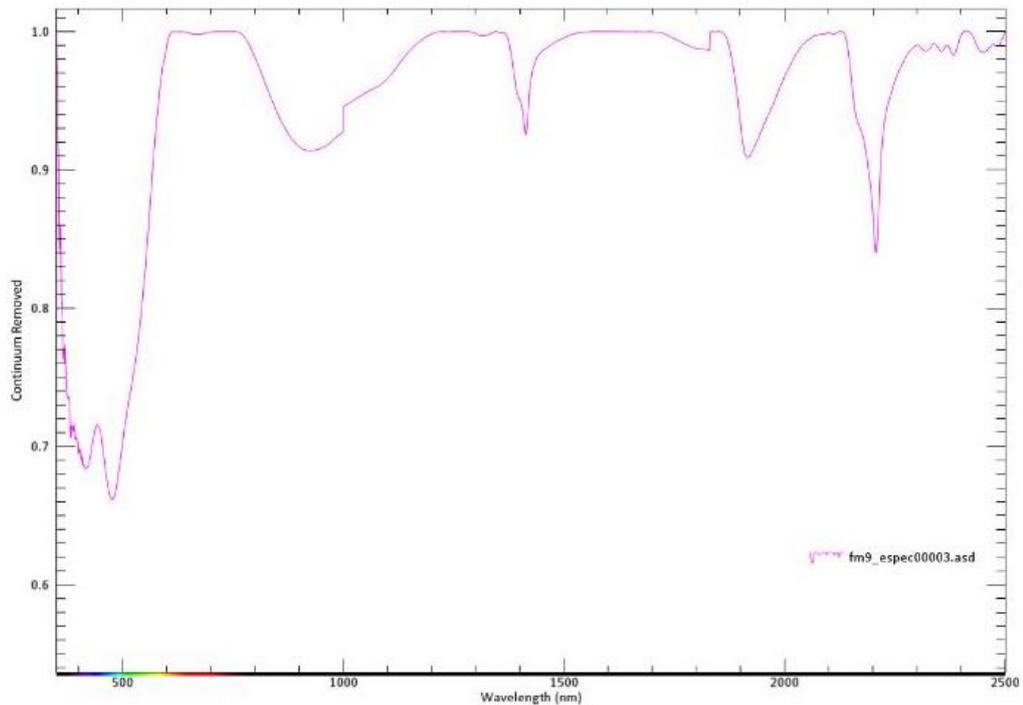
A amostragem dos cambissolos distróficos oriundos de arcóseos da Formação Três Marias foi feita utilizando cavadeira articulada (boca de lobo), visto que não havia perfis disponíveis no Morro do Cruzeiro. O material parental está há poucos centímetros da superfície e o solo apresenta textura predominantemente silto arenosa. Há presença de fragmentos líticos nos horizontes A e Bi.

Como pode ser visto na Figura 18, o cambissolo distrófico oriundo da formação Três Marias (FM – 09) apresenta a seguinte composição mineralógica: montmorillonita, anatásio, muscovita, caulinita e quartzo.



**Figura 18 - Difratograma da amostra FM – 09. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita e albita.**

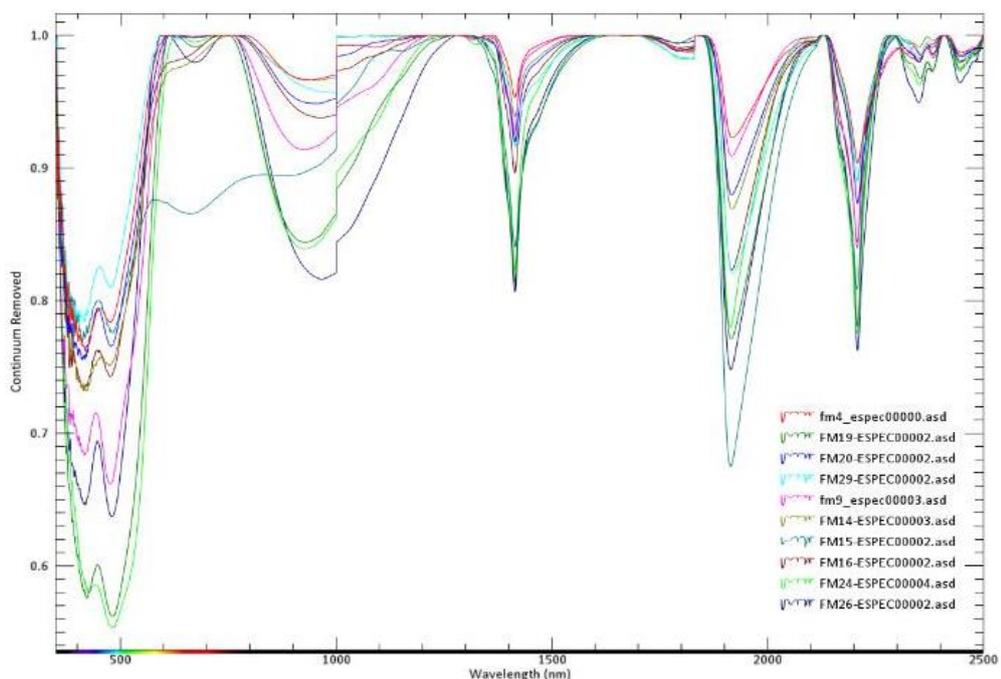
A curva espectral dos cambissolo oriundo da formação Três Marias (Figura 19) apresenta morfologia semelhante aos dos cambissolos já apresentados.



**Figura 19 - Curva Espectral do cambissolo oriundo da formação Três Marias.**

De acordo com o difratograma (Figura 18), a amostra não apresenta nenhum tipo de óxido de ferro, no entanto, os diferentes picos na faixa do espectro de 350–1000 nm, relacionados principalmente às interações da radiação eletromagnética com os óxidos e hidróxidos de ferro, estão presentes. As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. Já o pico em 2200 nm se refere à presença de caulinita. O pico da caulinita é bem distinto, visto que apresenta absorção dupla. Tal feição também pode ser vista nas amostras FM – 19 e FM – 20 (Figura 17).

Analisando as curvas espectrais de todos os cambissolos percebe-se que, no geral, a morfologia das curvas dos cambissolos segue um mesmo padrão (Figura 20). No visível, os picos de absorção em 420 e 480 nm estão presentes em todas as curvas. Em torno de 680 nm há outro pico de menor absorção que também está presente em todas.



*Figura 20 - Curvas Espectrais dos cambissolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias no intervalo entre 350 e 2500 nm.*

Os picos de absorção em 1400, 1900 e 2200 nm referentes, respectivamente, a água e caulinita também podem ser vistos em todas as curvas. Já na porção final do infravermelho, os picos de absorção em 2350, 2383 e 2446 nm também estão presentes em todas as curvas.

- **GRUPO 2: ASSOCIAÇÃO DE ARGISSOLOS, NITOSSOLOS E CHERNOSSOLO**

A associação de solos ocupa a maior parte da área sendo que todos estão no domínio da Formação Lagoa do Jacaré, já que a origem desses solos está estreitamente ligada a grande quantidade de margas e lentes carbonáticas nessa formação (Figura 21).



**Figura 21 - Material parental da associação de Argissolos, Nitossolos e Chernossolos. Lentes Carbonáticas e margas da Formação Lagoa do Jacaré.**

A partir de observações de campo notou-se que há um predomínio de argissolos e nitossolos. Estes apresentam cerosidade alta sendo vista a olho nú, além disso apresentam estrutura granular e em blocos (Figura 22).



**Figura 22 - Imagens enfatizam a presença de cerosidade e a estrutura em bloco e granular desses solos.**

No geral, os solos apresentam horizonte A moderado à proeminente com aproximadamente 10 centímetros de espessura sendo seguido por horizonte B nítico no caso dos nitossolos e B textural nos argissolos. Ademais possuem textura argilosa, rochosidade e pedregosidade ao longo do perfil, inclusive no horizonte A (Figura 23).



**Figura 23 - Perfil mostrando a presença de rochosidade e pedregosidade ao longo do perfil.**

Já os chernossolos estão restritos à pequenas manchas se comparados com os argissolos e nitossolos (Figura 24).



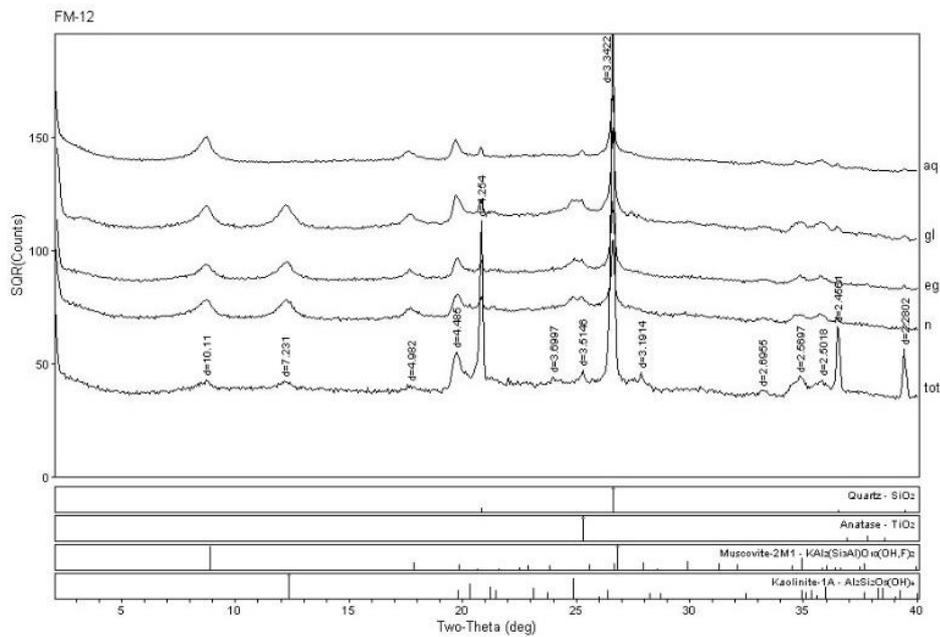
**Figura 24 - Perfil de chernossolo localizado próximo ao vilarejo de Mundo Novo. Solo contendo A chernozêmico.**

A associação atingiu o maior número de amostras devido a sua ampla distribuição e a importância desses solos na área, visto que grande parte das atividades de agronegócio e obras geotécnicas são feitas sob esses solos. No total, foram 10 pontos de amostragem (Tabela 3).

**Tabela 2 - Amostras da associação de argissolos, nitossolos e chernossolos**

<b>Amostra</b>	<b>Formação</b>
FM – 1	Lagoa do Jacaré
FM – 2	Lagoa do Jacaré
FM – 3	Lagoa do Jacaré
FM – 7	Lagoa do Jacaré
FM – 11	Lagoa do Jacaré
FM – 12	Lagoa do Jacaré
FM – 13	Lagoa do Jacaré
FM – 18	Lagoa do Jacaré
FM – 22	Lagoa do Jacaré
FM – 23	Lagoa do Jacaré

A associação oriunda da Formação Lagoa do Jacaré, na região de Alvorada do norte, apresenta a seguinte composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, hematita, albita, rutilo e rectorita, sendo que das dez amostras sete apresentam rutilo (FM – 1, FM – 2, FM – 3, FM – 11, FM – 13, FM – 22 e FM – 23); cinco hematita (FM – 2, FM – 7, FM – 18, FM – 22 e FM – 23); duas albita (FM – 3 e FM – 7) e apenas uma apresenta rectorita (FM – 11) de acordo com os resultados de difratometria de raios-X. Sendo assim, a amostra FM – 12 apresenta a mineralogia mais simples dentre as amostras visto que os minerais presentes nessa amostra também estão presentes em outras amostras da associação (Figura 25).

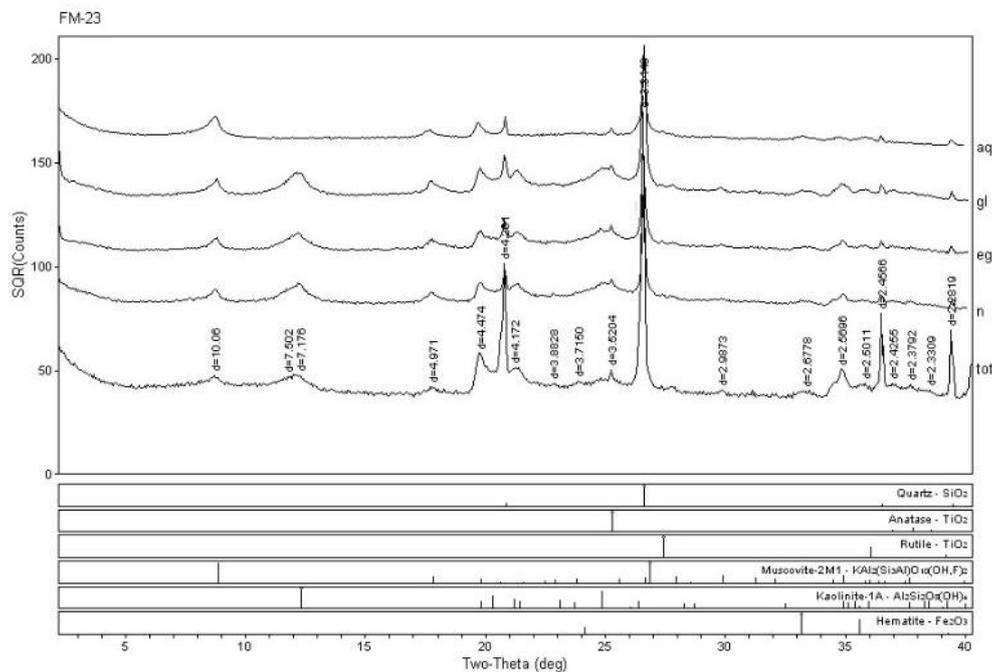


Campus Univ Darcy Ribeiro

[RAIO-X]IG Wednesday, January 31, 2018 05:13p (MDIUJADE9)

**Figura 25 - Difratoograma da amostra FM – 12. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita e caulinita. Tal composição também está presente em outras amostras da associação de argissolos, nitossolos e chernossolos.**

De acordo com a difratometria, apenas as amostras FM – 2, FM – 7, FM – 18, FM – 22 e FM – 23 apresentam hematita (Figura 26).

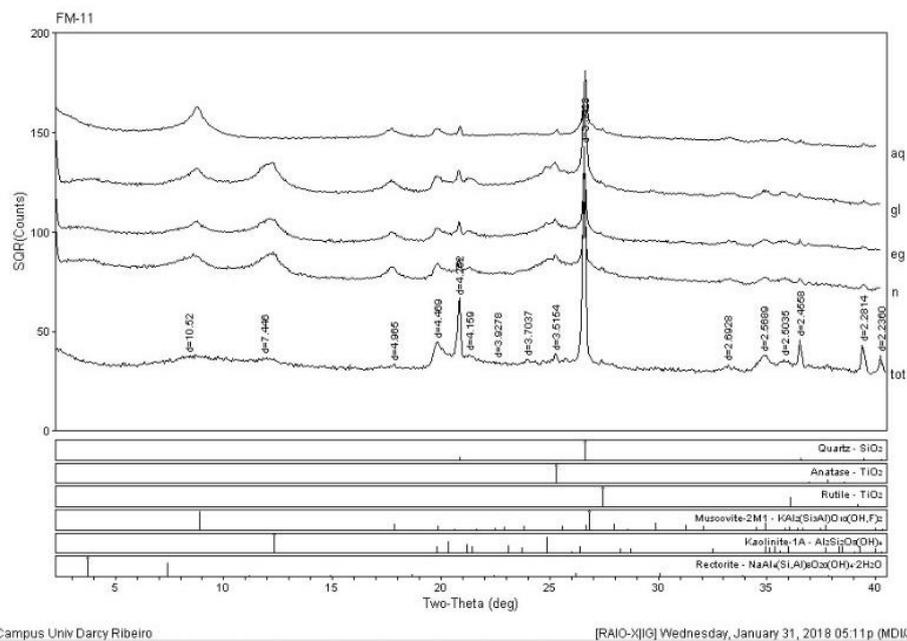


Campus Univ Darcy Ribeiro

[RAIO-X]IG Friday, February 02, 2018 12:56p (MDIUJADE9)

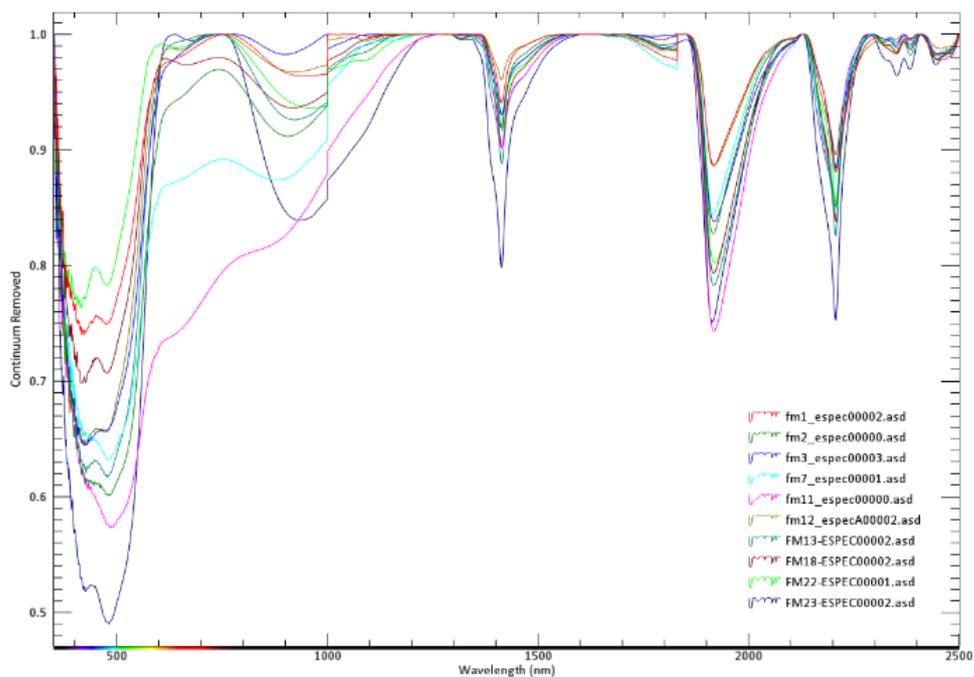
**Figura 26 - Difratoograma da amostra FM – 23. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita e hematita. A amostra FM – 2 e FM – 22 apresentam a mesma composição.**

Por outro lado, óxidos de ferro não foram encontrados na amostra FM – 11 pela difratometria (Figura 27).



**Figura 27 - Difratoograma da amostra FM – 11. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, rutílio, muscovita, caulinita e rectorita.**

As curvas espectrais da associação oriunda da formação Lagoa do Jacaré (Figura 28) apresentam morfologia semelhante, porém com diferenças importantes principalmente na profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo.



**Figura 28 - Curvas Espectrais da associação de Argissolos, nitossolos e chernossolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré.**

Como já foi dito, os diferentes picos na faixa do espectro de 350 – 1000 nm estão relacionados principalmente às interações da radiação eletromagnética com os óxidos e hidróxidos de ferro, sendo que as feições em 480 e 530 nm estão relacionadas, respectivamente, a goethita e hematita. Já na porção final do infravermelho, os picos de absorção em 2352, 2383 e

2445 nm também estão presentes em todas as curvas, sendo que picos análogos a esses também são vistos nos cambissolos oriundos da formação Lagoa do Jacaré.

Vale ressaltar que, de acordo com a difratometria (Figura 26), apenas as amostras FM – 2, FM – 7, FM – 18, FM – 22 e FM – 23 apresentam hematita. No entanto, os diferentes picos referentes à presença de óxidos de ferro, principalmente os de 415 e 480 nm, também presentes nos cambissolos da formação Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias, estão presentes em todas as amostras (Figura 28).

Analisando a profundidade de absorção na faixa do espectro de 350 – 540 nm, pode-se notar que as curvas com maior quantidade de óxido de ferro são, respectivamente, FM – 2, FM – 11 e FM – 23. Vale salientar que óxidos de ferro não foram encontrados na amostra FM – 11 pela difratometria (Figura 27), no entanto, a espectrorradiometria confirma a presença de tais minerais. É provável que a concentração desses minerais seja tão baixa que o método de difratometria não seja eficaz para a detecção dos mesmos.

Apesar de hematita ter sido detectada pela difratometria nas amostras FM – 18 e FM – 22, as amostras FM – 18, FM – 1 e FM – 22, na devida ordem, apresentaram os menores valores de D, ou seja, concentrações mais baixas de óxido de ferro. Era de se esperar que, assim como os cambissolos, a hematita não fosse constatada nas amostras com menores valores de D.

As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. Como pode ser visto na Figura 40, a presença de rectorita na amostra FM - 11 intensifica ainda mais essas bandas de absorção, visto que se trata de um argilomineral com estrutura 2:1 e com moléculas de água entre as camadas unitárias na rectorita. Logo, a presença de minerais 2:1 intensifica os picos de absorção nessas bandas (Hunt e Salisbury, 1970). Dessa forma, solos contendo argilominerais 2:1 terão picos de absorção mais fortes em 1400 e 1900 nm se comparados com solos caulíníticos.

Com relação à caulinita, as amostras com os maiores picos de absorção em 2200 nm são: FM – 23, FM – 13, FM – 18 e FM – 7. Vale ressaltar que as amostras FM – 23 e FM – 13 também apresentam picos de absorção fortes para óxidos de ferro, principalmente hematita.

Para análise da matéria orgânica foram analisados os comprimentos de onda entre 500 e 700 nm visto que quanto menor a reflectância maior é o teor de matéria orgânica (Figura 28).

Como pode ser visto na Figura 28, a amostra FM – 11 se destaca pelos baixos valores de reflectância no intervalo de 500 a 700 nm. Sendo assim, pode-se dizer que a amostra apresenta o maior teor de matéria orgânica se comparada com outras amostras. Tal fato, também foi comprovado no campo, visto que o horizonte A desse solo foi classificado como chernozêmico. Dessa forma, o solo foi classificado como um possível chernossolo.

No geral, se comparados, os cambissolos apresentam maior reflectância que a associação de argissolos, nitossolos e chernossolos. Essa diferença pode estar associada à textura. De acordo com Genú e Demattê (2006), a textura, afeta a intensidade da resposta espectral. Solos mais argilosos absorvem mais energia e refletem menos ao contrário dos solos mais arenosos que, devido à presença de quartzo, refletem a energia eletromagnética. As curvas espectrais também sugerem que a associação tenha maiores teores de matéria orgânica se comparada com os cambissolos. As análises de campo confirmam a hipótese.

Apesar dessas diferenças, no geral, as curvas espectrais dos cambissolos e da associação de argissolos, nitossolos e chernossolos são bem semelhantes (Figura 23 e Figura 31). Além disso, os solos, apesar de serem de classes pedogenéticas diferentes, apresentam assembleia mineralógica semelhante. No entanto, a presença de rectorita e rutilo apenas na associação era esperada, já que esses solos apresentam teor de argila e grau de desenvolvimento maior que os cambissolos.

Os cambissolos e a associação de argissolos, nitossolos e chernossolos também apresentam declividades similares (Figura 9), sendo que são encontrados em relevos planos a montanhosos.

Além da declividade semelhante, os tipos de solos apresentam rochosidade e pedregosidade, ou seja, fragmentos do material parental estão presentes ao longo do perfil do solo, inclusive no horizonte A. Sendo assim, a equivalência na declividade e a presença de rochosidade e pedregosidade nos perfis geram assinaturas espectrais e mineralógicas similares nesses solos.

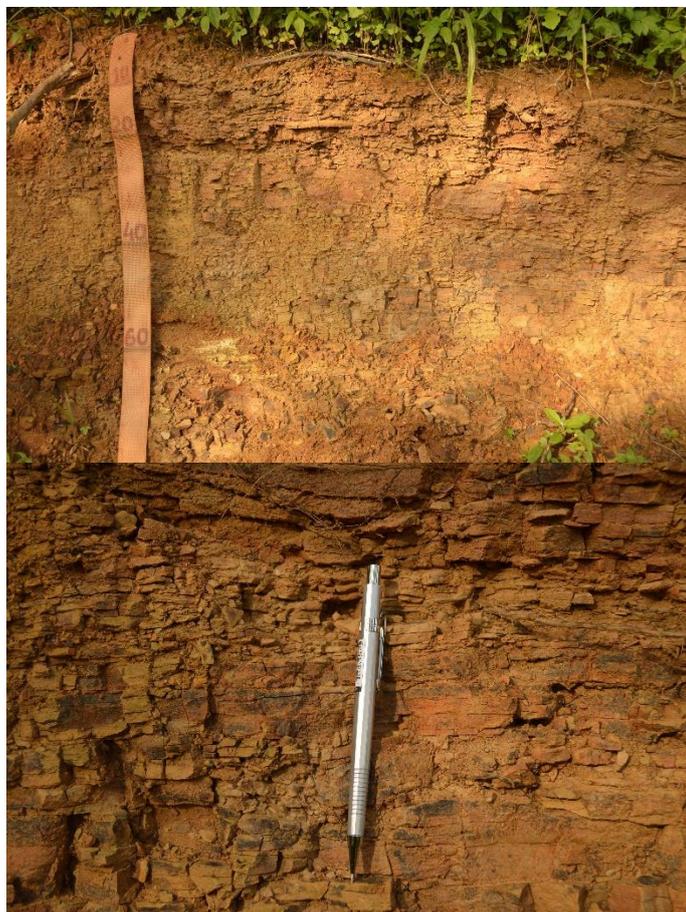
- **GRUPO 3: NEOSSOLOS**

A amostragem ocorreu em dois pontos distribuídos de forma aleatória na área, sendo que o material parental é constituído por siltitos marrons, folhelhos, verdetes e restritas lentes de calcário da Formação Serra da Saudade.

*Tabela 3 - Amostras de Neossolos.*

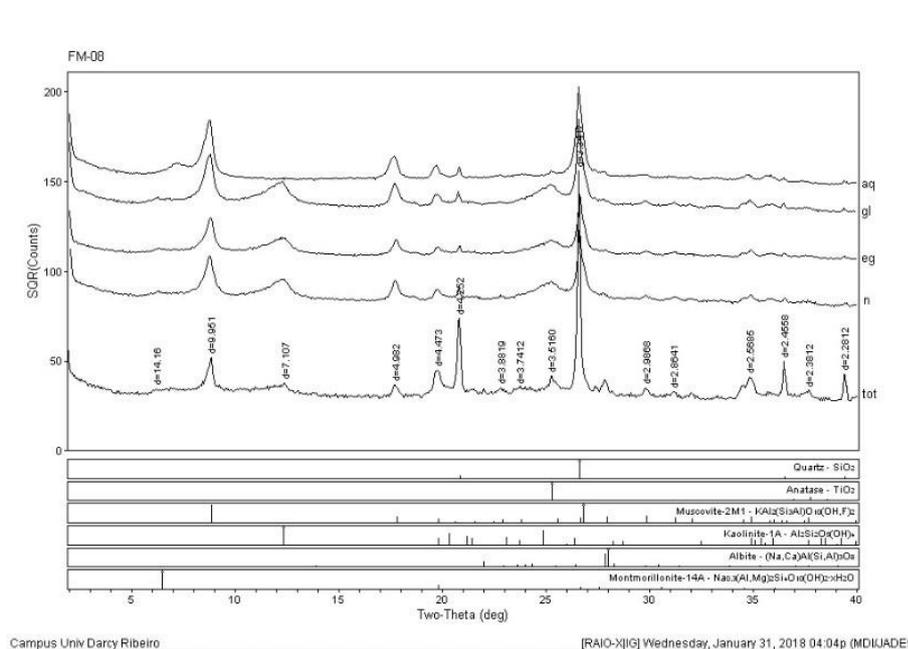
<b>Amostra</b>	<b>Formação</b>
FM – 08	Serra da Saudade
FM – 30	Serra da Saudade

Os neossolos predominam em relevos forte – ondulados a montanhosos. Dessa forma, a declividade impossibilita o avanço da pedogênese e, conseqüentemente, a formação de horizonte B. Como pode ser visto na Figura 29, esses solos apresentam horizonte A de pouca espessura, atingindo no máximo 5 centímetros. Alguns perfis apresentaram contato lítico, já em outros foi constatado a presença de regolito. Logo, a seqüência de horizontes é A – C – R ou A – R. No geral, esses solos apresentam estrutura granular e textura siltosa.



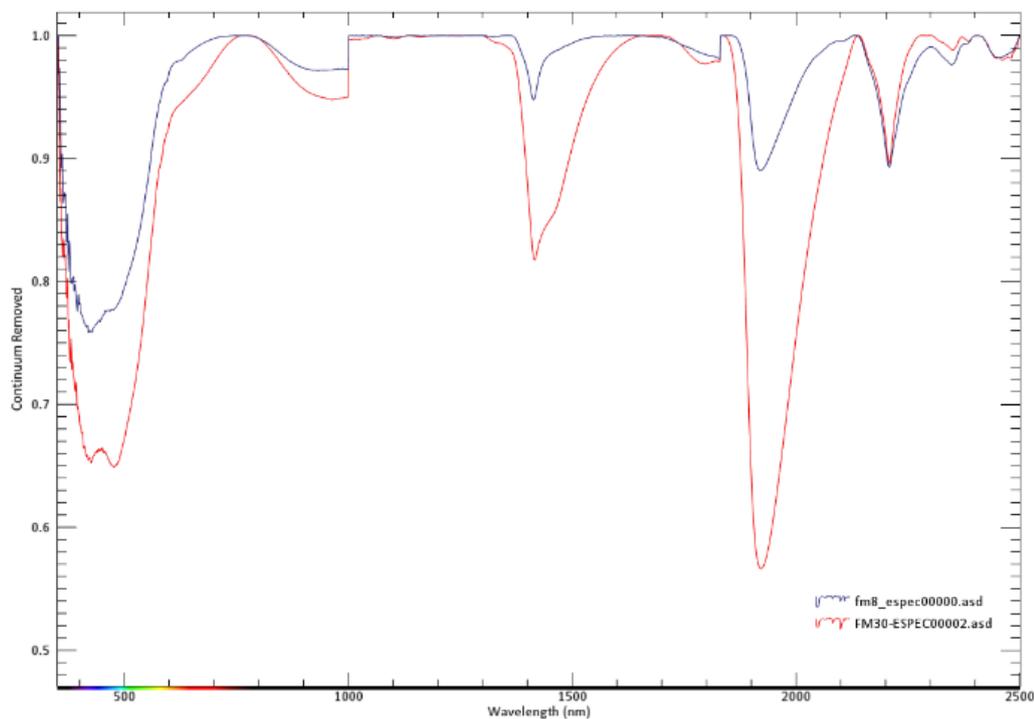
**Figura 29 - Neossolo distrófico oriundos de siltitos da Formação Serra da Saudade – Grupo Bambuí.**

De acordo com os resultados de difratometria (Figura 30), esses solos apresentam composição mineralógica simples: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, rutilo, albíta e montmorilonita sendo que albíta e montmorilonita estão presentes apenas na amostra FM – 08, já o rutilo apenas na amostra FM – 30.



**Figura 30 - Difratograma da amostra FM – 08. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, albíta e montmorilonita. Já a amostra FM – 30 não apresenta albíta e montmorilonita, porém possui rutilo.**

As curvas espectrais da associação oriunda da formação Serra da Saudade (Figura 31) apresentam morfologia semelhante, porém com diferenças importantes principalmente na profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo.



**Figura 31 - Curvas Espectrais dos neossolos oriundos da formação Serra da Saudade.**

Os diferentes picos na faixa do espectro de 350 – 1000 nm estão relacionados principalmente às interações da radiação eletromagnética com os óxidos e hidróxidos de ferro, sendo que as feições em 480 e 530 nm estão relacionadas, respectivamente, a goethita e hematita.

Os comprimentos de onda entre 500 e 700 nm dão uma ideia da quantidade de matéria orgânica, já que quanto menor a reflectância nessas bandas, maior é o teor de matéria orgânica. Observando a Figura 31, constata-se que a amostra FM – 30, se comparada com a amostra FM – 08, apresenta maior quantidade de matéria orgânica, visto que apresenta menor reflectância nos comprimentos de onda de 500 a 700 nm.

De acordo com a difratometria (Figura 30), nenhuma amostra apresentou óxido de ferro. No entanto, os diferentes picos referentes à presença desses minerais, principalmente os de 415 e 480 nm, também presentes nos cambissolos, argissolos, nitossolos e chernossolos, estão presentes nas duas amostras sendo que na amostra FM – 30 os valores de D são maiores, conseqüentemente, a concentração de óxido de ferro é maior.

Já na porção final do infravermelho, os picos de absorção em 2350, 2384 e 2447 nm estão presentes nas duas curvas. Vale frisar que picos semelhantes também estão presentes nos outros tipos de solos. O pico em 2200 nm é relacionado a presença de caulinita.

As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. Como pode ser visto na Figura 36, a presença de montmorilonita na amostra FM – 08 não intensifica essas bandas de absorção. Logo, a concentração desse mineral na amostra é, provavelmente, insignificante. O difratograma também sugerem a baixa concentração desse mineral, visto que o pico referente a montmorilonita é quase imperceptível em todas as frações (Figura 30).

A Figura 9 ilustra a declividade da área juntamente com a localização das amostras FM – 08 e FM – 30. Como pode ser visto, a amostra FM – 08 está localizada em relevos com maior declividade (Ondulado a Forte-Ondulado), por outro lado a amostra FM – 30 encontra-se em relevos com menor declividade (Plano a Ondulado).

Era de se esperar que a amostra FM – 30 estivesse em domínios mais planos, dado que a amostra apresenta maior quantidade de óxido de ferro e matéria orgânica se comparada com a amostra FM – 08. Além disso, a amostra apresenta rutilo na sua composição. Tais aspectos requerem relevos mais planos com maior atuação de processos pedogenéticos.

Já a presença de albita e montmorilonita na amostra FM – 08 sugere uma atuação menor dos processos pedogenéticos. Tal situação é admissível em declividades em que se encontra a amostra.

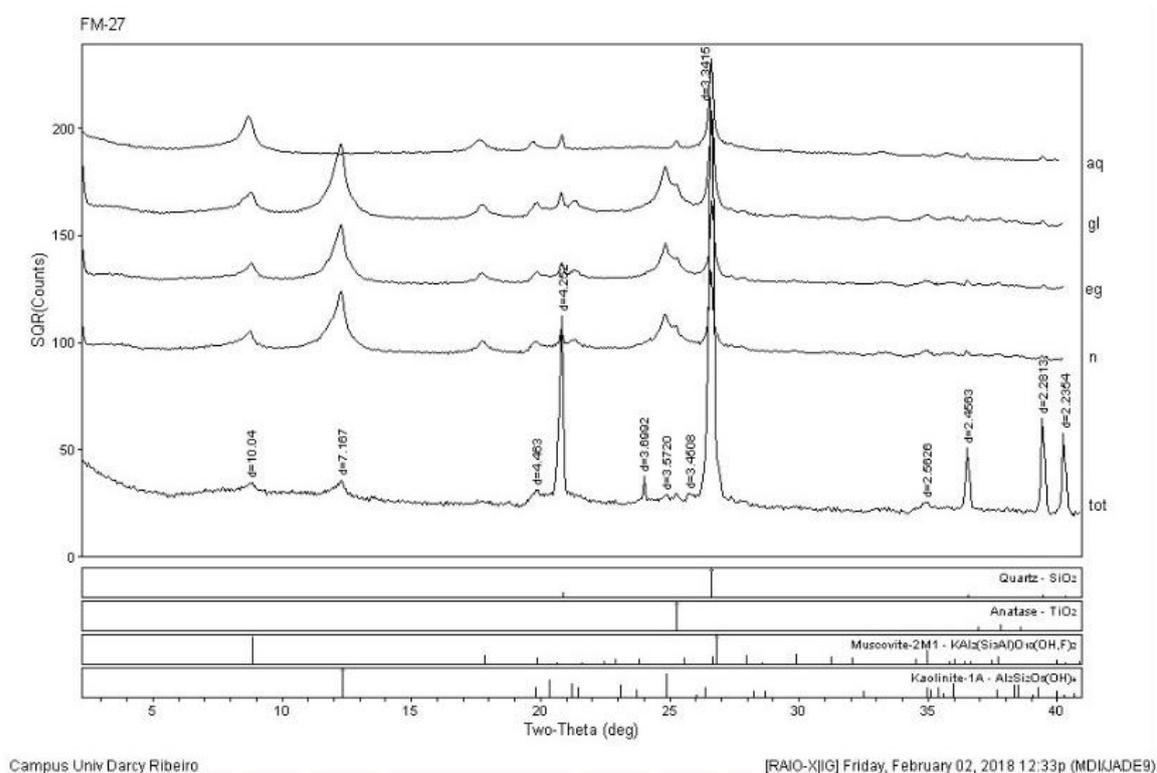
#### • GRUPO 4: LATOSSOLOS

As manchas de latossolos arenosos derivadas do Grupo Urucuia apresentam-se em meio aos solos derivados do Grupo Bambuí. Aparentemente, tais manchas se concentram mais na porção oeste da área. Apesar desses solos terem pouca abrangência, é possível observar material arenoso oriundo do retrabalhamento do Grupo Urucuia em diversos locais. Dessa forma, pode-se dizer que as litologias pertencentes ao Grupo Urucuia englobavam a área. A amostragem ocorreu em três pontos (Tabela 5).

*Tabela 4 - Amostras de Latossolos*

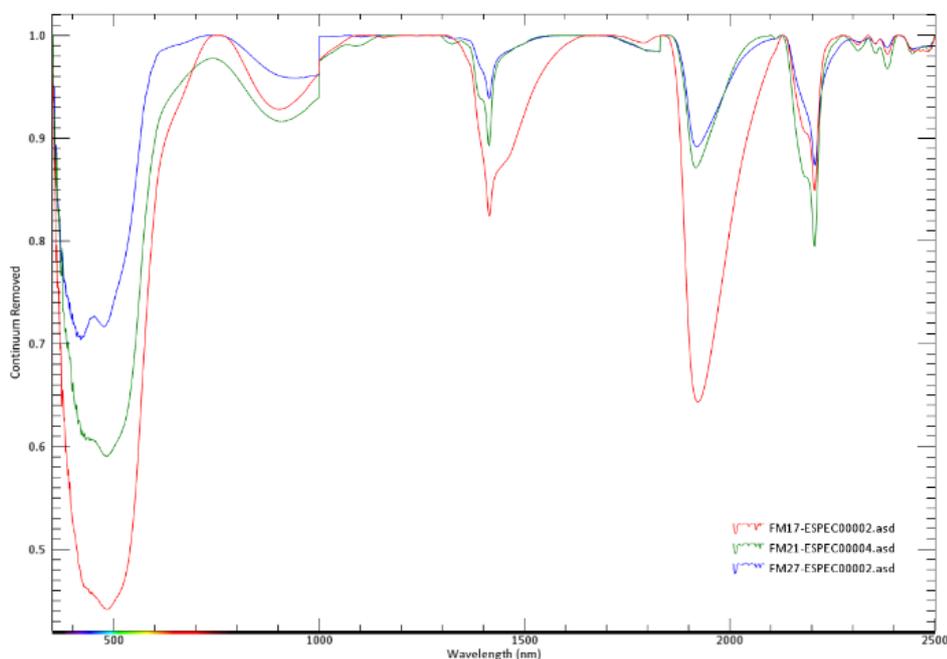
<b>Amostra</b>	<b>Grupo</b>
FM – 17	Urucuia
FM – 21	Urucuia
FM – 27	Urucuia

Os latossolos oriundos do Grupo Urucuia, na região de Alvorada do norte, apresentam composição mineralógica simples: quartzo, anatásio, muscovita, caulinita, rutilo e hematita (Figura 32). Verifica-se a presença de hematita nas amostras FM – 17 e FM – 21, sendo que além da hematita, a amostra FM – 21 apresenta rutilo.



**Figura 32 - Difratograma da amostra FM – 27. Composição mineralógica: quartzo, anatásio, muscovita e caulinita. Tais minerais também estão presentes nas amostras FM – 17 e FM – 21.**

A morfologia das curvas espectrais é semelhante, porém têm-se diferenças importantes principalmente na profundidade de absorção a partir da remoção do contínuo (Figura 33).



**Figura 33 - Curvas Espectrais dos latossolos oriundos do Grupo Urucuia.**

De acordo com a difratometria apenas as amostras FM – 17 e FM – 21 apresentam óxido de ferro. Porém, os diferentes picos referentes à presença desses minerais, principalmente os de 415 e 480 nm, também vistos em outros solos, estão presentes.

Analisando o intervalo referente à presença de matéria orgânica, 500 a 700 nm, infere-se que a amostra FM – 17 apresenta os maiores teores seguida pela amostra FM – 21 e, por último, e FM – 27.

As feições que ocorrem em 1400 e 1900 nm estão relacionadas à presença de água. A amostra FM – 17 apresenta os maiores valores de D nesses comprimentos, logo possui a maior concentração de água dentre as amostras. Já os picos de absorção duplos em, aproximadamente 2200 nm, são relativos à caulinita (Figura 33). Na porção final do infravermelho, os pequenos picos de absorção em 2312, 2355 e 2384 nm estão presentes nas três curvas. Vale salientar que picos semelhantes também estão presentes nos outros tipos de solos.

De acordo com os dados espectrais, a amostra FM – 17 possui as maiores concentrações de óxido de ferro e matéria orgânica dentre as amostras. Analisando esses dados juntamente com os de declividade (Figura 9), percebe-se que ambos estão coerentes, dado que a amostra FM – 17 está inserida em relevos planos que possibilitem maior concentração de matéria orgânica e maior atuação dos processos pedogenéticos, conseqüentemente, na maior concentração de óxido de ferro.

Já as amostras FM – 27 e FM – 21, localizadas em relevos com maior declividade, apresentam menores quantidades de óxido de ferro e matéria orgânica.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados e discussões, conclui-se:

- Apesar da discordância entre a presença ou não dos óxidos de ferro em algumas amostras, os dados espectrais e os de difratometria estão de acordo. Mesmo assim, faz-se necessário o uso das duas metodologias para análise dos solos.
- Os dados espectrais estão de acordo com a declividade e os dados de mineralogia. Além disso, fornecem informações sobre a espessura do horizonte A e a evolução pedogenética dos solos, principalmente se forem comparados solos de mesma classe.
- Os solos oriundos da formação Lagoa do Jacaré, apresentam assinaturas espectrais com morfologia análoga. A composição mineralógica, a declividade, o material parental semelhante e a presença de rochiosidade e pedregosidade no horizonte A são as razões para tal observação.
- Apesar da semelhança, a análise da profundidade de absorção na faixa espectral, referente a matéria orgânica, permite a individualização dos solos, principalmente dos chernossolos. Além disso, pode ser útil na classificação dos solos, visto que contribui na análise dos horizontes diagnósticos superficiais.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALENA, S. P. Correlação de análises físico-químicas e espectroscópicas de laboratório com dados obtidos em campo por espectrorradiômetro. 2011. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- BAPTISTA, G.M.M. Processamento de Dados Hiperespectrais. In: MENESES, P. R and ALMEIDA, T. (Orgs). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília, 2012. p. 221-238.
- BELLINASSO, H. Biblioteca espectral de solos e sua aplicação na quantificação de atributos e classificação. 2009. 265 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.
- CRUZ, A. B. 2012. Detalhamento da geologia das unidades carbonáticas do Grupo Bambuí na região de Alvorada do Norte, Goiás. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- CLARK, R.N.; ROUSH, T.L. Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications. Journal of Geophysical Research. v. 89, n. B7, p. 6329-6340, July 10, 1984.
- DALMOLIN, R. S. D. et al. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, n. 2, p.481-489, mar./abr. 2005.
- DARDENNE, M.A. 1978. Síntese sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: Congr. Bras. Geol., 30. Recife, 1978. Anais... Recife, SBG, v.2, p. 597-610.
- DARDENNE, M.A. 1981. Os Grupos Paranoá e Bambuí na faixa dobrada Brasília. In: SBG, Simp. Cráton do São Francisco, 1º Anais, 140-157.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: 1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).
- GENÚ, A.M.; DEMATTÊ, J.A.M. Determination of soil attribute contents by means of reflected electromagnetic energy. International Journal of Remote Sensing, v.27, p.4807-4818, 2006.
- HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W. Visible and near infrared spectra of minerals and rocks I: Silicate minerals. Modern Geology, v.1, p.283-300, 1970.
- McBRATNEY A.B., MENDONÇA SANTOS M.L., MINASNY B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma, 117: 3 – 52.
- NETTO, J. S. M. Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: Embrapa Cerrados, 2001.
- REATTO A, CORREIA J. R., SPERA S. T., MARTINS E. S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: Aspectos pedológicos. In: Sano, S. M., Almeida, S. P. e Ribeiro, J. F. (Eds). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 107 – 149.
- SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306 p. il. Inclui apêndices.
- SOUSA JUNIOR, J.G.; DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M. Comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.727-738, 2008.
- TERRA, F. S. Espectroscopia de reflectância do visível ao infravermelho médio aplicada aos estudos qualitativos e quantitativos de solos. Tese de doutorado. 2011. 375 f. Esalq, Piracicaba, SP.