



**Discretização Espacial de Óxidos de Ferro em Solos da Região Agrícola do DF, a Partir de Imagens do Sensor Aerotransportado ADS-80 e Espectrorradiometria**  
Space Discretization of Iron Oxides in Soils of the Agricultural Region of DF, from Images of the Aerotransported Sensor ADS-80 and Spectrorradiometry

Carlos Alberto Branco Marinho<sup>1</sup>;  
Gustavo Macedo de Mello Baptista<sup>2</sup> & Paulo Roberto de Meneses<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Força Aérea Brasileira, Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro,  
QI 05, Área Especial 12, Lago Sul, CEP: 71615-600 Brasília-DF;

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,  
Campus Darcy Ribeiro - Asa Norte, Caixa Postal 4465, CEP 70910-900, Brasília-DF, Brasil  
E-mails: carlosabmarinho@bol.com.br; gmbaptista@unb.br; pmeneses@unb.br

Recebido em: 15/08/2018    Aprovado em: 10/01/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_1\\_95\\_106](http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_95_106)

## Resumo

As imagens dos sensores com resolução espacial de até 5 cm, como no caso do ADS-80, apesar de possuírem uma resolução espectral baixa (em geral cinco bandas), levantam questões sobre até que ponto sua utilização pode ser eficaz na discriminação de tipos de cobertura vegetal, diferenciação entre culturas em áreas agrícolas e discretização espacial de feições mineralógicas na superfície terrestre. Este trabalho visa mostrar a possibilidade de se caracterizar feições mineralógicas com comportamento relativo aos óxidos de ferro, hematita e goethita, em porções de solo exposto na região agrícola do PAD-DF (Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal), utilizando técnicas de interpretação visual em imagens multiespectrais do sensor ADS-80, com um GSD (*Ground Sample Distance*) de 25 cm, para identificar áreas influenciadas por esses óxidos de ferro. Este estudo baseou a interpretação visual na coloração do solo e validou as informações obtidas por análises espectrorradiométricas em laboratório de amostras dos horizontes A e B do solo colhidas em campo, obtendo suas curvas espectrais e identificando as bandas de absorção referentes aos óxidos de ferro e, ainda, cruzar essas informações com a análise pela carta de Munsell, para ratificar as cores do solo. Os resultados obtidos indicam a utilização das imagens do Sensor ADS-80 em estudos mineralógicos.

**Palavras-chave:** resolução espacial; interpretação visual discriminação

## Abstract

The images of the sensors with spatial resolution up to 5 cm, such as ADS-80, despite having a low spectral resolution (usually five bands), raise questions about the extent to which its use can be effective in discriminating types of vegetation cover, differentiation between crops in agricultural areas and spatial discretization of mineralogical features in the Earth's surface. This work aims to show the possibility of characterizing mineralogical features with behavior related to iron oxides, hematite and goethite, into exposed soil portions in the agricultural region of Directed Settlement Program of the Federal District (PAD-DF,) using visual interpretation techniques in multispectral images of the ADS-80 sensor, with a 25 cm Ground Sample Distance (GSD) to identify areas influenced by these iron oxides. This study based the interpretation on soil coloration and validated this information with laboratory spectroradiometric analyzes of samples from the soil horizons A and B collected in the field, obtaining their spectral curves and identifying the absorption bands from the iron oxides, besides cross this information with the analysis by the Munsell color chart, to ratify the colors of the soil. The results obtained indicate the use of ADS-80 sensor images in mineralogical studies.

**Keywords:** Spatial resolution; visual interpretation; discrimination

## 1 Introdução e Justificativa

A partir do desenvolvimento de satélites com sensores imageadores com alta resolução espacial, surgiram novos paradigmas na área do sensoriamento remoto (SR) e diversas questões foram estabelecidas, sendo a principal: qual o nível de detalhamento a que se pode chegar? (Pinheiro, 2003). O desenvolvimento de tecnologias, métodos e técnicas permitiram o avanço na obtenção de dados da superfície terrestre e, com isso, houve redução do tempo gasto em trabalhos de campo e possibilitou a obtenção de informações em locais de difícil acesso (Andrade *et al.*, 2014). Em suma, o advento do sensoriamento remoto orbital de imagens com altas resoluções espaciais possibilitou que os estudos de uso e ocupação do solo pudessem ser elaborados em escalas compatíveis, tanto com a natureza, quanto com as feições que compõem as paisagens das áreas urbanas e rurais. No caso das áreas rurais, os objetivos do sensoriamento remoto incluem a discriminação dos tipos de culturas agrícolas, com notável interesse para programas de previsão de safras, como também, perspectivas de identificação de tipos de solos com base na discriminação mineralógica, o que aproxima o sensoriamento remoto por imagens com resolução espacial submétrica dos estudos de espectroscopia. A elaboração de mapas de uso e cobertura da terra é essencial para fornecer subsídios aos programas de monitoramento ambiental, preservação da biodiversidade, zoneamento ambiental e sócio-econômico e ocupação racional do espaço físico (Araújo Filho *et al.*, 2007). Já o conhecimento das relações mineralógicas dos solos é um recurso que aperfeiçoa a aplicação diferenciada de insumos, o que tende a aumentar a produtividade, assim como o tipo de cultura que é praticada em determinada região influencia no processo de recuperação daquele solo. Porém, devido à atuação atmosférica, danosa à radiação eletromagnética que os sensores captam proveniente dos alvos e da limitação das resoluções espaciais, inerente às taxas de transmissão dos sensores orbitais, alguns estudos ficaram restritos pela incapacidade de se obter dados de resolução espacial em múltiplas bandas com pouca influência da atmosfera. Porém, nos sistemas sensores aeroembarcados, imagens com altíssimas resoluções espaciais podem ser adquiridas a uma altura de voo que praticamente elimina as in-

terferências dos efeitos de absorção e espalhamento atmosféricos, possibilitando a obtenção de dados mais precisos e mais completos acerca da natureza de alvos terrestres. Uma imagem possui informações preciosas em diversas áreas de aplicação, as de alta resolução possuem ainda mais riquezas e há várias formas de se extrair informações (Longhitano, 2010). Essa pesquisa investiga a potencialidade da câmera ADS-80 para fins de discriminação mineralógica em solos tropicais da classe latossolos, com arcabouço em espectroscopia de laboratório.

## 2 Comportamentos Espectrais de Reflectância

### 2.1 Comportamento Espectral dos Solos

O estudo dos solos é importante por se tratar do meio no qual o homem está inserido e de onde obtém grande parte dos recursos usados na sua subsistência. Contudo, esses estudos costumam ser dispendiosos em relação a tempo e recursos humanos e financeiros, fazendo-se necessárias novas técnicas que possibilitem a obtenção de informações acerca das propriedades dos solos (Diniz *et al.*, 2005). O tipo e quantidade relativa de óxidos de ferro influenciam a cor dos solos vermelhos e amarelos ricos em argilas sesquioxídicas (Bigham *et al.*, 1978). Observou-se que predominantemente solos amarelos ricos em goethita absorviam mais fosfatos por unidade de peso que solos similares vermelhos ricos em hematita. Caso haja mais hematita que goethita, o solo apresenta-se vermelho. Caso haja teores elevados de goethita, o solo pode apresentar-se amarelo. Caso haja muita magnetita, o albedo do espectro é baixo (Epiphanyo *et al.*, 1992).

### 2.2 Espectrorradiometria

A espectrorradiometria é uma técnica que pode ser utilizada para a obtenção de informações sobre a textura, a cor e a composição de solos, no nível de resposta espectral. A espectrorradiometria de reflectância tem a função de medir, em diferentes comprimentos de onda, a energia eletromagnética refletida da superfície dos materiais e representá-la na forma de gráfico, que se denomina de curva de reflectância espectral (Pedrosa *et al.*, 2010). Essa técnica capta espectros eletromagnéticos em dife-

rentes comprimentos de onda, em pequenos intervalos e de forma contígua, que são conhecidos como assinaturas espectrais, em função da composição do alvo. Tais assinaturas podem ser obtidas na faixa de 400 a 2500 nm, englobando todo o espectro óptico refletido, e trazendo consigo as feições de absorção que são resultado da interação da luz com as moléculas e átomos (Hunt *et al.*, 1971; Madeira Netto, 2001; Dalmolin *et al.*, 2005). A espectrorradiometria é obtida por meio de instrumentos chamados espectrorradiômetros, que são aparelhos capazes de medir a intensidade de diferentes comprimentos de onda e assim obter as características de reflectância de um objeto, características essas que são resultantes da interação da luz com a superfície de materiais naturais ou artificiais. Essas medidas, quando comparadas com um padrão que seja totalmente refletor da luz incidente, gera o que se chama de curva ou assinatura de reflectância espectral. É essa curva que indica as propriedades físico-químicas dos materiais, permitindo que eles sejam diferenciados entre si.

O espectrorradiômetro utilizado neste trabalho foi o FieldSpec-3, que possui uma faixa espectral de 350 a 2500 nm com um tempo de coleta de dados de 10 espectros por segundo.

### 2.3 Comportamento Espectral dos Sesquióxidos de Ferro

Goethita (FeOOH) e hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) são os minerais de ferro ferroso e férrico (Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>) mais encontrados em solos tropicais. Eles resultam da oxidação do ferro Fe<sup>2+</sup>. Sua predominância está relacionada a fatores pedoclimáticos, e são importantes no estudo de solos tropicais, principalmente na inferência do caráter pedohídrico da cobertura (Baptista & Meneses, 2009). Esses sesquióxidos de ferro têm feições espectrais na faixa do visível e do infravermelho próximo. As principais transições eletrônicas da hematita e goethita na faixa do visível e do infravermelho próximo são do tipo campo cristalino e são responsáveis pelas cores desses minerais (Sherman & Waite, 1985), essas transições podem ser observadas na Tabela 1.

Transições Eletrônicas				
Mineral	<sup>6</sup> A <sub>1</sub> => <sup>4</sup> T <sub>1</sub>	<sup>6</sup> A <sub>1</sub> => <sup>4</sup> T <sub>2</sub>	2( <sup>6</sup> A <sub>1</sub> ) => 2( <sup>4</sup> T <sub>1</sub> )	<sup>6</sup> A <sub>1</sub> => <sup>4</sup> E, <sup>4</sup> A <sub>1</sub>
Hematita	0.885 μm	0.65 μm	0.53 μm	0.445 μm
Goethita	0.917 μm	0.65 μm	0.48 μm	0.435 μm

Tabela 1 Atribuição e localização das transições eletrônicas de Hematita e Goethita. Fonte: adaptado de Sherman & Waite, 1985.

## 3 Material e Métodos

### 3.1 Área de Estudo

Área na região do PAD-DF, compreendida entre as latitudes 15° 50' 00" S e 16° 00' 00" S e as longitudes 047° 25' 00" W e 047° 31' 00" W (Figura 1), escolhida por apresentar vários segmentos de solo exposto em propriedades rurais.

O PAD/DF foi o primeiro e mais importante mostruário das potencialidades e possibilidades agrícolas dos cerrados brasileiros, constituindo-se no mais bem-sucedido programa de colonização e reforma agrária do País (Ghesti, 2009).

O PAD-DF abrange uma área de 61.000 hectares, contemplando diversos projetos de atividade econômica, de acordo com suas características de relevo e aptidão agrícola, sendo as áreas distribuídas para o plantio de cereais, cultivo de hortifrutigranjeiros, bovinocultura e avicultura, através do assentamento de produtores em áreas isoladas, núcleos rurais, colônias agrícolas e agrovilas, conforme o mapa da Figura 2.

### 3.2 Características do Sensor ADS-80

O ADS 80, cujas características de aquisição encontram-se na Tabela 2, é um sensor de varredura de linha, com visadas anterior, nadir e posterior, permitindo estereoscopia em 100% da faixa imageada, opera nas bandas pancromática, vermelho, verde, azul e infravermelho próximo, com resolução espacial de até 05 cm (Figura 3). A visada anterior é apenas pancromática, já a nadir e a posterior possuem todos os canais (Andrade da Silva, 2012).

CARACTERÍSTICAS ELETRÔNICAS DA AQUISIÇÃO DE DADOS	
Resolução radiométrica	10 e 12 bit
Pancromática (trapezoidal)	465 – 680 μm
Vermelho (retangular)	608 – 662 μm
Verde (retangular)	533 – 587 μm
Azul (retangular)	428 – 492 μm
Infravermelho próximo (retangular)	833 – 887 μm
Total 20 linhas CCD	12000 pixels cada com 6.5 μm

Tabela 2 especificações técnicas do sensor ADS-80. Fonte: Leica Systems, 2010.



**Discretização Espacial de Óxidos de Ferro em Solos da Região Agrícola do DF, a Partir de Imagens do Sensor Aerotransportado ADS-80 e Espectrorradiometria**  
 Carlos Alberto Branco Marinho; Gustavo Macedo de Mello Baptista & Paulo Roberto de Meneses

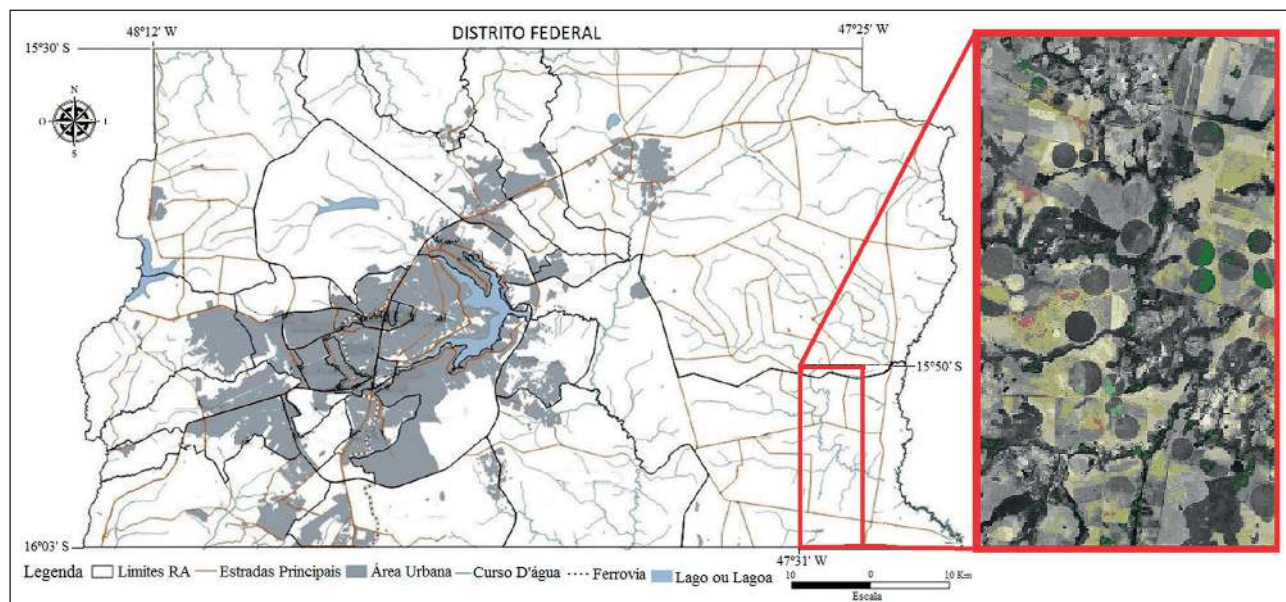


Figura 1 Localização da área de estudo na região do PAD-DF, em relação ao Distrito Federal. Fonte: Adaptado de Codeplan, 2013.

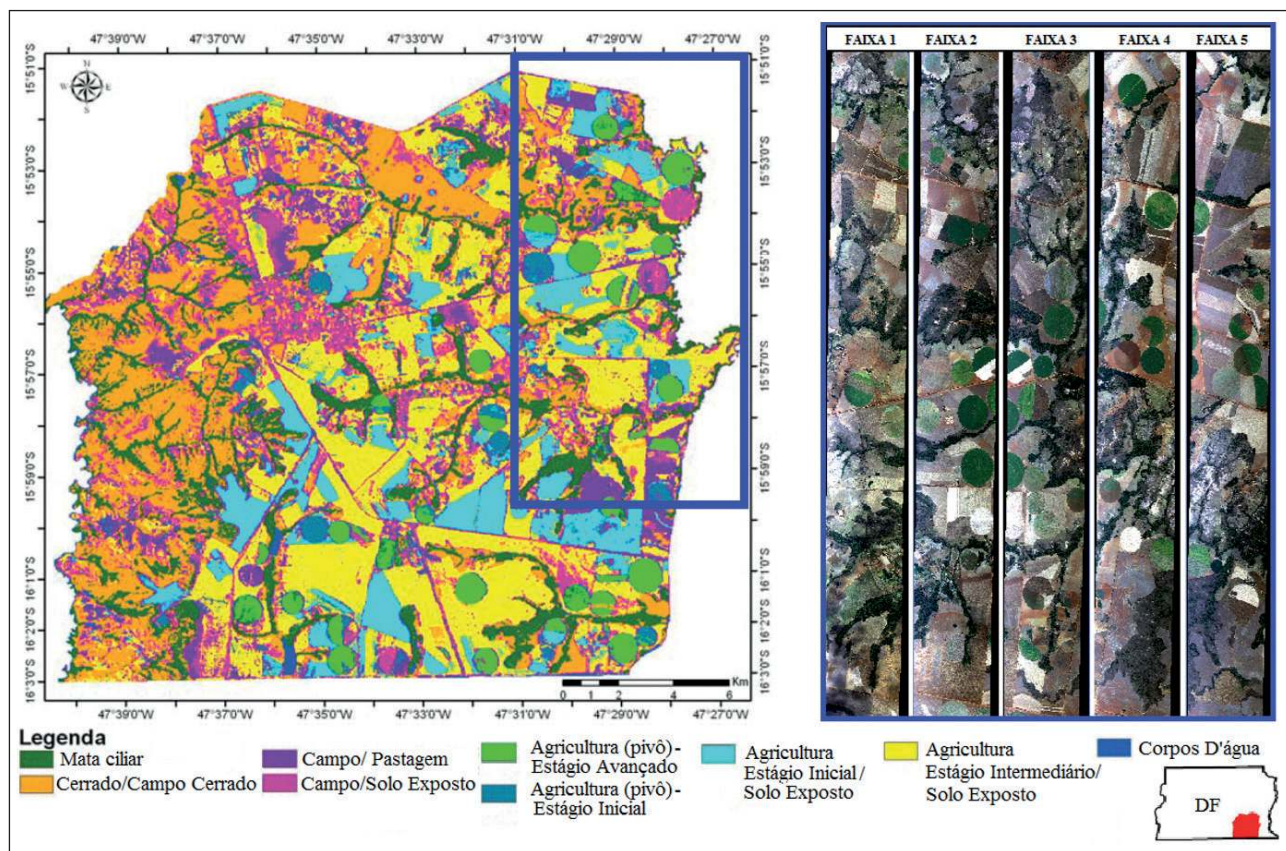


Figura 2 Mapa de uso e ocupação do PAD-DF. Adaptado de Campos *et al.* (2011).



Figura 3 Câmara ADS-80.  
Fonte: Leica Systems, 2010.

### 3.3 Realização do Voo

O imageamento foi realizado em 15 de agosto de 2013 por uma aeronave R-35A (Learjet) do 1º/6º Grupo de Aviação, pertencente à Força Aérea Brasileira, com o sensor ADS-80, a uma AGL (*Above Ground Level* – altura acima do solo) de 2800 m.

Foram imageadas 05 (cinco) faixas de 3 x 22 km, com resolução espacial de 25cm, nas bandas R, G, B, IR próximo e pancromática, com recobrimento lateral de 30% que, após processadas, totalizaram 187 GB de imagens ortoretificadas. As imagens geradas pelos sensores da Força Aérea Brasileira podem ser solicitadas e disponibilizadas à comunidade científica mediante solicitação, via ofício, ao Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE), QI 05, Área Especial 12, Lago Sul, Brasília- DF, CEP 71.615-600. Para órgãos governamentais, também podem ser disponibilizadas imagens de sensores orbitais como: Deimos 2, Eros B e Radarsat, mediante adesão em termo de cooperação.

### 3.4 Seleção das Áreas de Coleta

Baseado na coloração que os óxidos de ferro dão ao solo, foram selecionados setores que apresentavam solo exposto, com características da presença de variação desses minerais. O objetivo era verificar nessas áreas a possibilidade da identificação dessas propriedades do solo por meio da análise espectrorradiométrica das amostras coletadas em campo, compará-las com os dados espectrais obtidos nas imagens e sua correlação com a cor exata do solo, obtida com a utilização da carta de Munsell. Foram selecionadas duas áreas para a coleta de amostras de solo, para conseguir seus respectivos espectros de reflectância em laboratório e compará-los com os dados obtidos pelo sensor. Em cada área foram coletadas 13 (treze) amostras do solo dos horizontes de profundidade A (0 a 20 cm) e B (40 e 60 cm) (Figuras 4 e 5). A distância entre os pontos de coleta foi de aproximadamente 30 m, o que corresponde a uma amostra a cada pixel adjacente numa imagem Landsat, que possui resolução espacial de 30 m. As coordenadas dos pontos de coleta encontram listadas nas Tabelas 3 e 4.



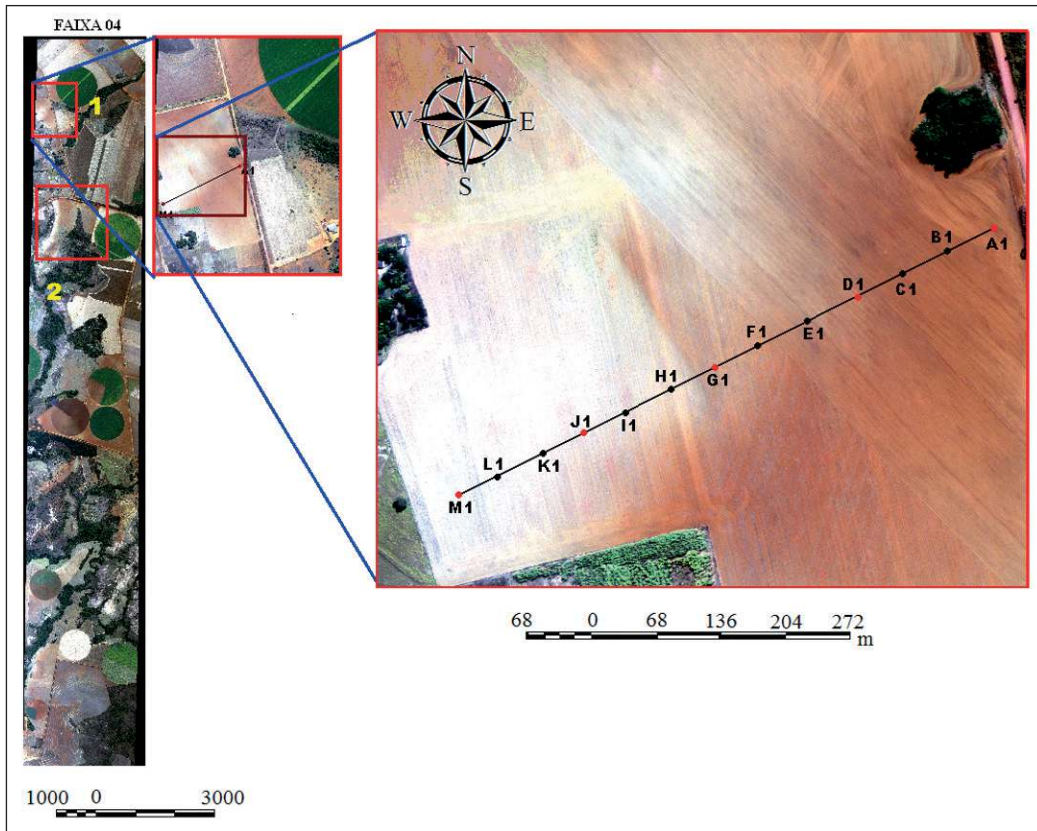


Figura 4  
Área de estudo 1.

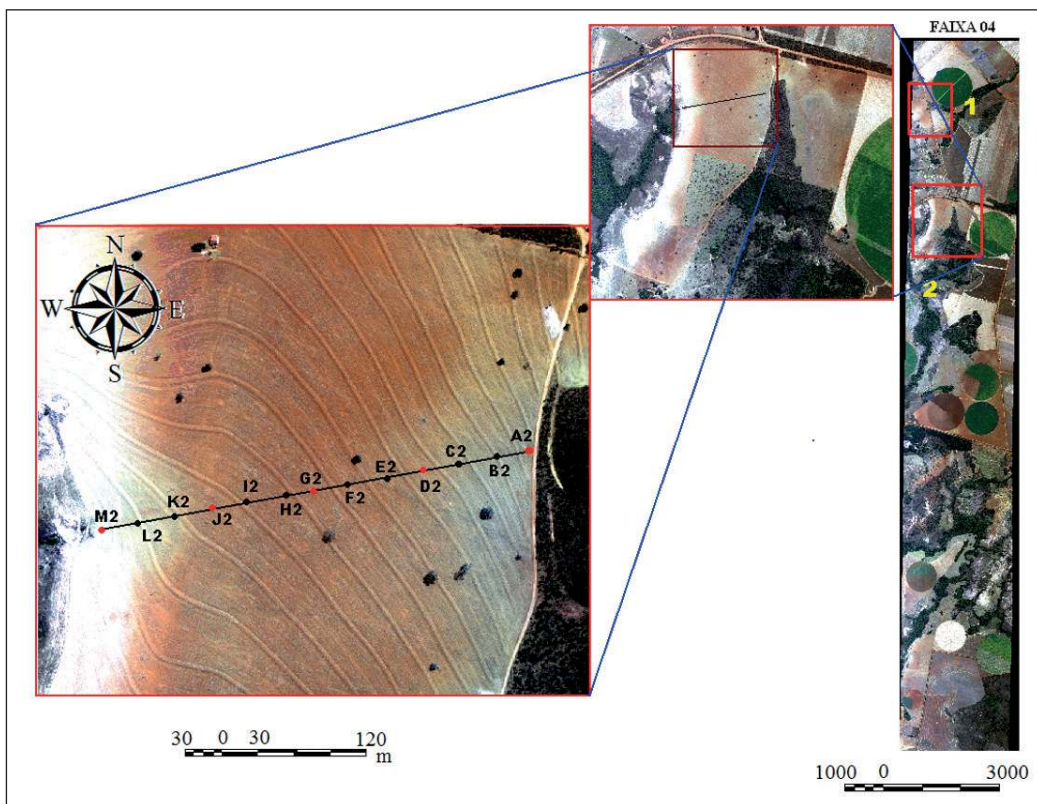


Figura 5  
Área de estudo 2.

Área	Ponto	Latitude	Longitude
01	A1	15° 50' 14.32" S	047° 27' 22.33" W
01	B1	15° 50' 13.72" S	047° 27' 23.19" W
01	C1	15° 50' 14.24" S	047° 27' 24.06" W
01	D1	15° 50' 15.72" S	047° 27' 25.35" W
01	E1	15° 50' 15.52" S	047° 27' 26.08" W
01	F1	15° 50' 16.05" S	047° 27' 26.87" W
01	G1	15° 50' 17.11" S	047° 27' 28.39" W
01	H1	15° 50' 17.76" S	047° 27' 29.10" W
01	I1	15° 50' 18.33" S	047° 27' 29.89" W
01	J1	15° 50' 18.53" S	047° 27' 31.47" W
01	K1	15° 50' 19.69" S	047° 27' 32.83" W
01	L1	15° 50' 20.35" S	047° 27' 32.95" W
01	M1	15° 50' 19.90" S	047° 27' 34.46" W

Tabela 3 Pontos de coleta da área 1

Área	Ponto	Latitude	Longitude
02	A2	15° 51' 39.82" S	047° 26' 59.85" W
02	B2	15° 51' 39.99" S	047° 27' 01.28" W
02	C2	15° 51' 40.20" S	047° 27' 02.62" W
02	D2	15° 51' 40.47" S	047° 27' 04.39" W
02	E2	15° 51' 40.72" S	047° 27' 05.65" W
02	F2	15° 51' 40.83" S	047° 27' 07.00" W
02	G2	15° 51' 41.05" S	047° 27' 08.30" W
02	H2	15° 51' 41.25" S	047° 27' 09.74" W
02	I2	15° 51' 41.41" S	047° 27' 11.18" W
02	J2	15° 51' 41.67" S	047° 27' 12.62" W
02	K2	15° 51' 04.79" S	047° 27' 14.07" W
02	L2	15° 51' 42.04" S	047° 27' 15.41" W
02	M2	15° 51' 42.32" S	047° 27' 16.85" W

Tabela 4 Pontos de coleta da área 2

A representatividade da amostra laboratorial em relação à amostra colhida no campo depende da preparação física a que as amostras são submetidas e nomeadamente da operação de homogeneização (Neves, 2008).

A maioria das amostras se encontra em uma das seguintes categorias: (1) suficientemente secas para serem finamente moídas e analisadas imediatamente (amostra com mais de 90% de matéria seca);

(2) suficientemente secas para serem grosseiramente moídas (peneira de 3-6 mm), mas ainda muito úmidas, que precisam ser pré-secas ou parcialmente secas antes de finamente serem moídas (amostra com mais ou menos 85% de matéria seca); e (3) amostras que precisam ser pré-secas antes de serem grosseiramente moídas (peneiras de 4-6 mm) e finamente moídas (amostra com baixo teor de matéria seca) (Silva & Queiroz, 2002).

### 3.5 Obtenção dos Espectros de Reflectância

Os espectros foram obtidos com a utilização do espectrorradiômetro FieldSpec-3, que adquire espectros no visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, operando na faixa entre 350 e 2500 nm, com uma razão de coleta de 10 espectros por segundo. (VNIR: 350 a 1000 nm; infravermelho de ondas curtas – SWIR1 1000 a 1830 nm e SWIR2: 1830 a 2500 nm).

### 3.6 Bibliotecas Espectral e de Coloração do Solo

Foi gerada uma biblioteca com a média das curvas das respostas espectrais de cada amostra de campo e uma compilação referente à coloração de cada amostra, após análise com a carta de cores de Munsell. O comportamento espectral de cada amostra foi analisado, tendo como base sua comparação com as curvas representativas dos óxidos de ferro hematita e goethita (Figuras 6 e 7).

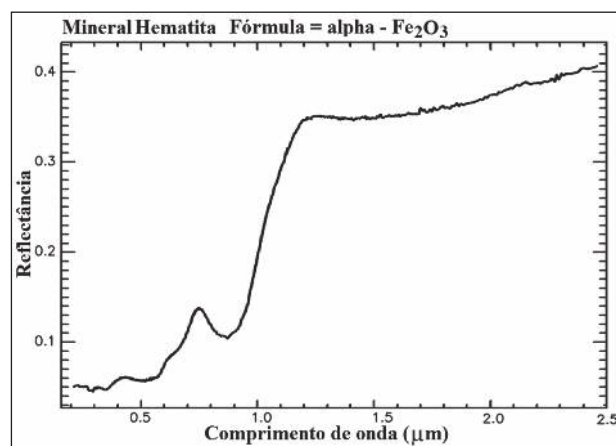


Figura 6 Curva espectral da Hematita. Fonte: USGS Spectral Library.

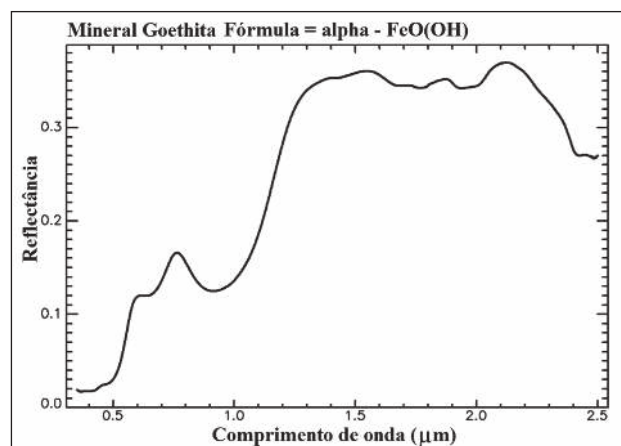


Figura 7 Curva espectral da Goethita.  
Fonte: USGS Spectral Library.

#### 4 Resultados e Discussão

Trabalhos anteriores versando sobre as relações mineralógicas, a partir de análises em imagens de sensores ópticos, foram realizados, em sua grande maioria, baseados em imagens orbitais, imagens essas que, além de sofrer grande influência da camada atmosférica (e por consequência necessitarem de correção), possuíam como característica resoluções espaciais baixas ou médias, como por exemplo os trabalhos relativos à relação hematita/goethita (Baptista, 2001; Almeida *et al*, 2016; Baptista & Teobaldo, 2017), que, apesar de conseguirem apresentar resultados importantes nesse ramo de pesquisa, não possuíam imagens com uma discriminação espacial suficiente que permitisse aos pesquisadores identificar todas as nuances das porções de solo imageadas pelo sensor, ficando, por isso, restritos a uma visão macroscópica da situação, sem que lhes fosse permitido investigar as suas regiões de estudo em uma escala mais próxima ao mundo real.

Ao utilizar imagens aeroembarcadas de resolução espacial submétrica, este trabalho demonstra a importância para as áreas de pesquisa que esse insumo proporciona, permitindo que se possa realizar análises mais detalhadas de pontos e feições específicas da superfície terrestre, além de abrir um enorme leque de opções tanto no ramo geológico, como também na agricultura, planejamento urbano, controle de espécies vegetais, além de outros. Com base nos resultados obtidos da comparação da biblioteca espectral das amostras de campo com as curvas representativas da hematita e da goethita, pode-se observar que todas as amostras, tanto da área 1, quanto

da área 2 apresentaram, em algum grau de intensidade, feições de absorção que indicaram a presença desses óxidos de ferro no solo.

Durante a análise que resultou na escolha das áreas de coleta, os transectos contendo os pontos de retirada das amostras foram posicionados sobre faixas do terreno que possuíam solos com uma variação de coloração do vermelho escuro ao marrom amarelado escuro.

Essa variação das cores das amostras de solo, tanto horizonte A, quanto horizonte B foram avaliadas com a utilização da carta de Munsell quanto à matiz, valor e croma e foi, para critério de análise, dividida em 03 (três) classes: a) vermelho escuro, b) vermelho e c) marrom amarelado escuro.

As imagens das áreas de estudo foram submetidas à classificação supervisionada, tendo como pontos de referência os locais das amostras de solo, gerando a localização espacial das 3 (três) classes de coloração de solo (vermelho escuro, vermelho e marrom amarelado escuro), obtendo-se como resultado a distribuição que se observa na Figura 8.

Podem-se verificar graficamente os resultados das análises feitas nas amostras, em pontos representativos de cada uma das 3 (três) classes de cor do solo para ambas as áreas de estudo, bem como suas classificações pela carta de Munsell e sua curva espectral obtida por espectrorradiometria em laboratório, além da classificação espacial de sua distribuição no terreno, os locais de coleta estão demarcados com um círculo amarelo.

Os pontos de coleta de amostras, que pela interpretação visual foram selecionados por possuir um tom avermelhado mais intenso foram classificados como solo vermelho escuro, e sua análise espectrorradiométrica gerou, como resultado, uma curva espectral que apresentava feições de absorções que indicavam haver uma influência mais representativa da presença do mineral hematita em relação à goethita, como observa-se nas Figuras 9 e 10.

Já nas amostras de solo selecionadas com coloração classificada como vermelho, onde a tonalidade rubra era menos intensa, a influência hematítica já não se apresentava de forma tão acentuada nas curvas espectrais das amostras, conforme Figuras 11 e 12.



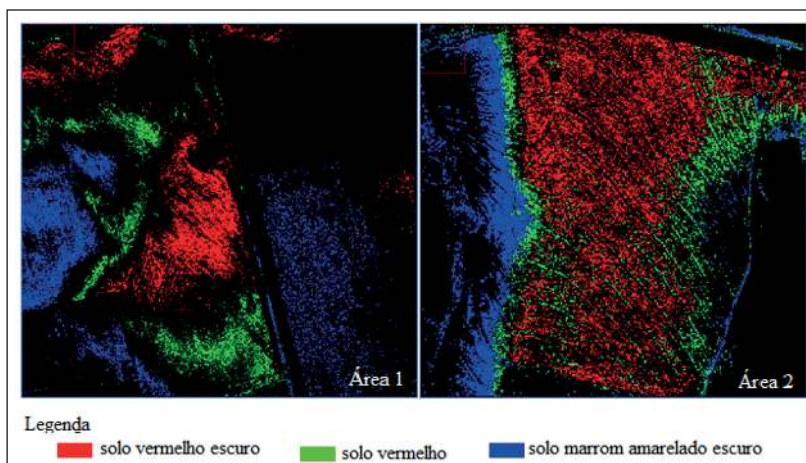


Figura 8  
 Classificação das imagens.

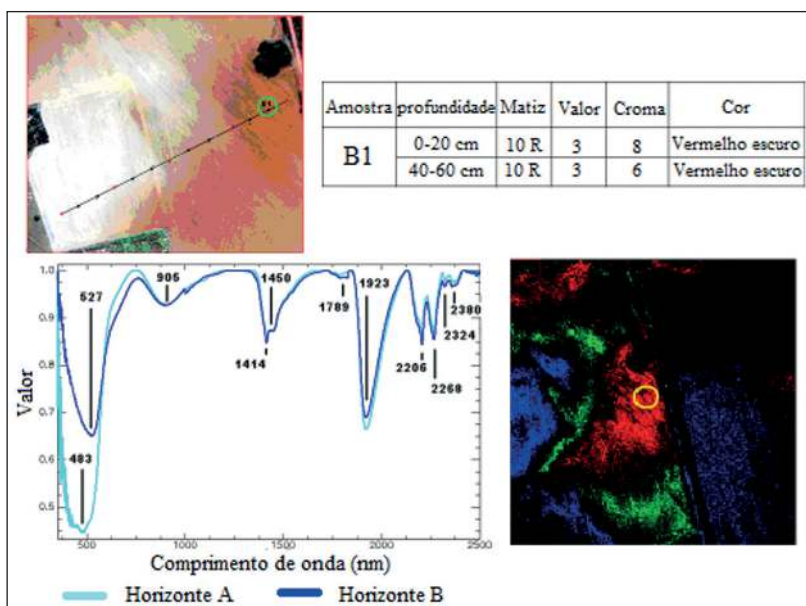


Figura 9  
 Amostra B1 da área 1, solo vermelho escuro.

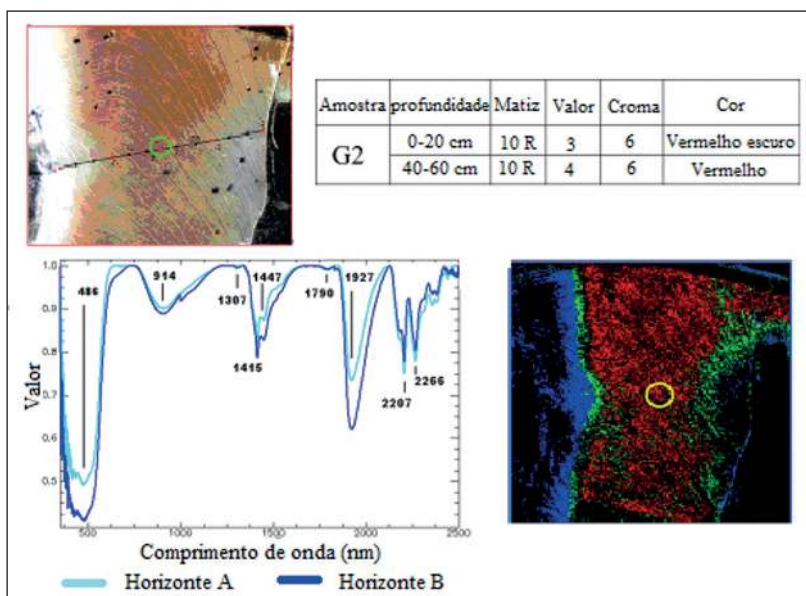


Figura 10  
 Amostra G2 da área 2, solo vermelho escuro.

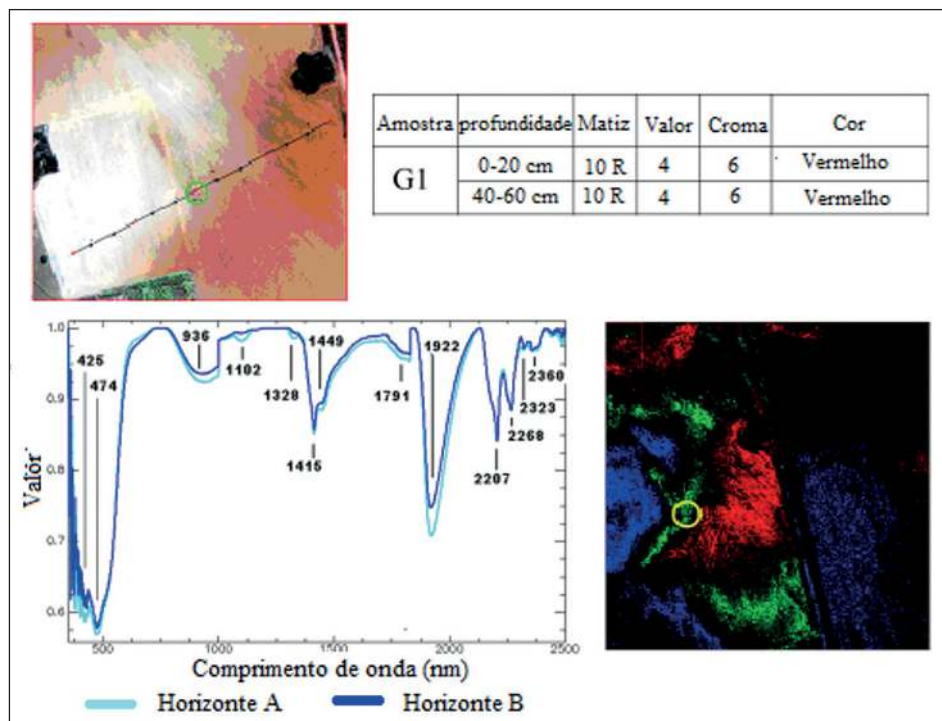


Figura 11  
 Amostra G1 da área 1, solo vermelho.

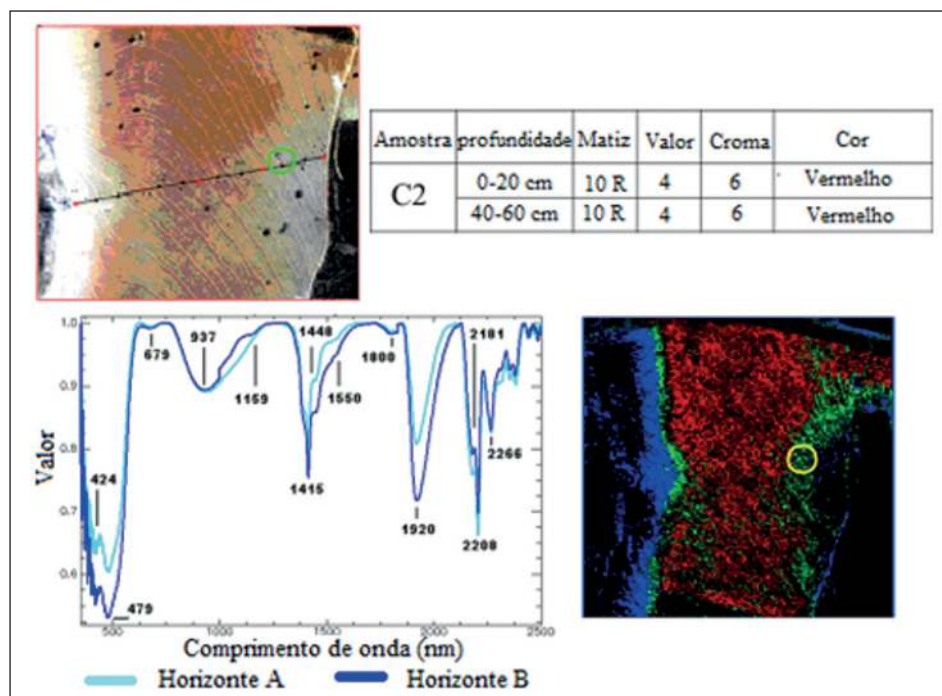


Figura 12 Amostra C2 da área 2, solo vermelho.

Constatou-se também que a medida que o solo se tornava mais amarelado, os gráficos passaram a apresentar de forma mais evidente as feições referentes aos pontos de absorção característicos da goethita, até que ao se atingir a coloração marrom

amarelado escuro a influência da goethita tornou-se predominante em relação àquela exercida pela hematita, com uma acentuada absorção na faixa dos 650 nm, como se vê nas Figuras 13 e 14.

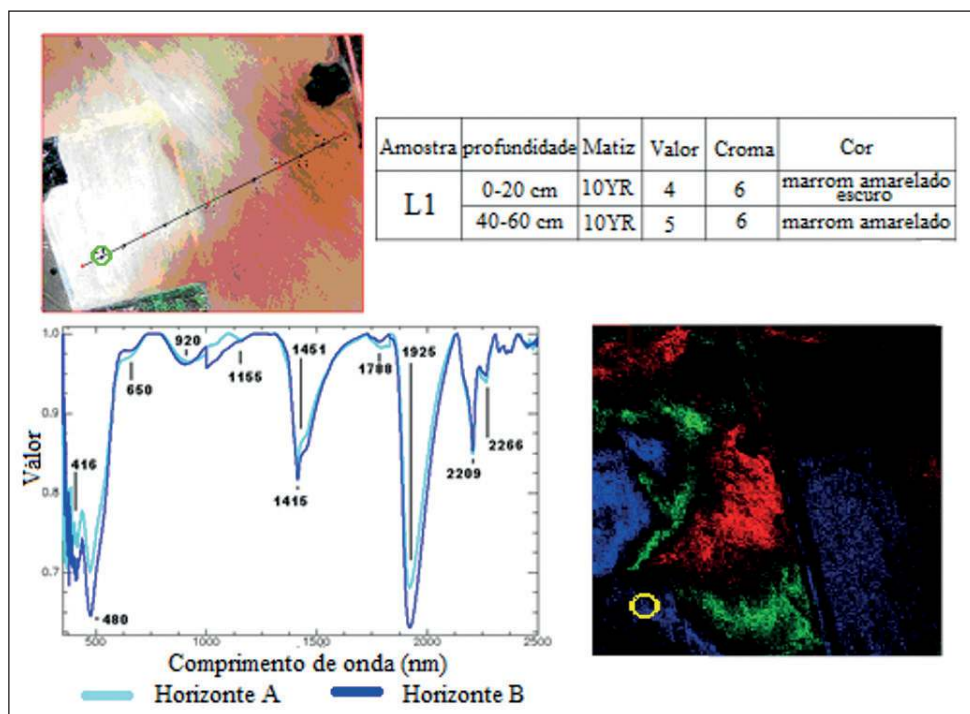


Figura 13 Amostra L1 da área 1, solo Marrom amarelado escuro.

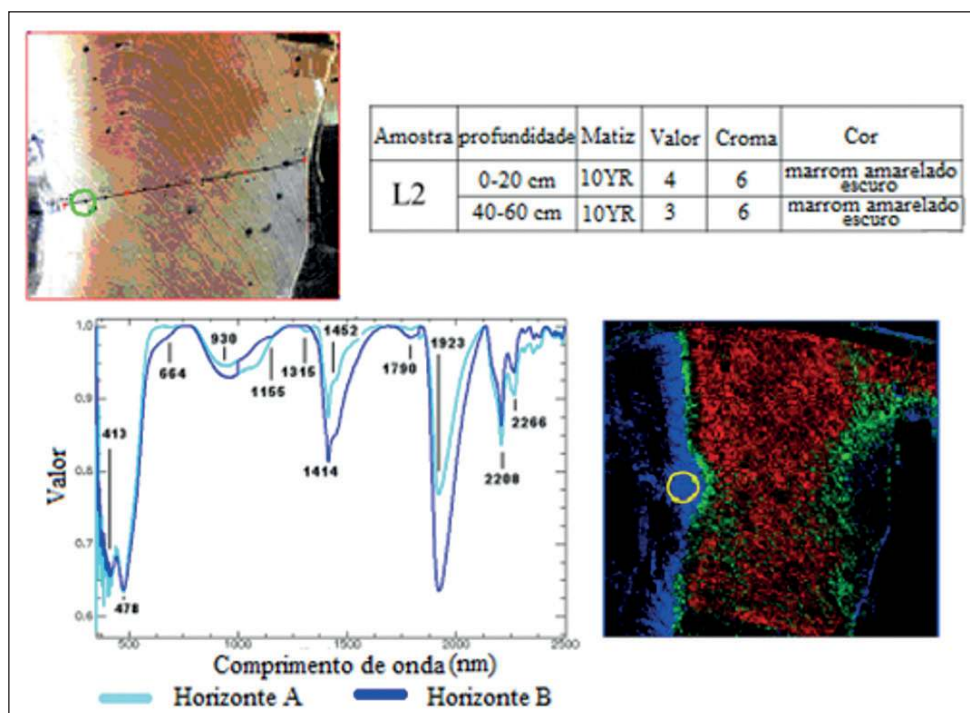


Figura 14 Amostra L2 da área 2, solo Marrom amarelado escuro.

Essas singularidades foram melhor observadas após a remoção do continuum temporal das curvas espectrais e foram validadas com as cores da carta de Munsell.

## 5 Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que é possível utilizar imagens do sensor ADS-80 como insumo para análises de dis-



cretização de feições mineralógicas em áreas de solo exposto, porém, não foi possível a quantificação da relação percentual de cada mineral na composição do solo com os métodos utilizados. As imagens de altíssima resolução espacial possibilitaram a observação da influência que os óxidos de ferro exercem na coloração do solo e, com a utilização de técnicas de interpretação visual, foi possível identificar as possíveis áreas onde havia uma maior influência hematítica e aquelas onde a goethita representava o fator preponderante na coloração do solo.

Apesar da resolução espectral do sensor ser de apenas cinco bandas, a discriminação espacial provida pela sua resolução espacial submétrica permite uma análise mais detalhada da cena, sendo possível utilizar esse tipo de imagem para auxiliar na localização de áreas onde se deseja identificar a influência de certas feições mineralógicas, como no caso, dos óxidos de ferro hematita e goethita, conforme pode ser ratificado neste trabalho, a partir da verificação pelas análises espectrorradiométricas em laboratório das amostras de campo e pelo estudo comparativo realizado com a carta de Munsell.

É importante ressaltar que esta é apenas uma das várias aplicações que as imagens com resolução espacial submétrica oferecem à comunidade acadêmica, possibilitando pesquisas e estudos que abordem os mais variados temas sobre a superfície terrestre.

## 6 Referências

- Almeida, C.D.S.; Baptista, G.M.M. & Almeida, T. 2016. Espacialização de sesquióxidos de ferro (Goethita e Hematita) em mancha de solo exposto por meio de sensoriamento remoto hiperespectral. *Revista Brasileira de Geomática*, 4: 81-88.
- Andrade da Silva, A. 2012. A utilização do airborne digital sensor ADS - 80 no reconhecimento por sistemas ópticos digitais, *Revista Spectrum*, Força Aérea Brasília, p. 52-56.
- Andrade, A.C.; Francisco, C.N. & Almeida, C.M. 2014. Desempenho de classificadores paramétricos e não paramétricos na classificação da fisionomia vegetal. *Revista Brasileira de Cartografia*, 66(2): 349-363.
- Araújo Filho, M.D.C.; Meneses, P.R. & Sano, E.E. 2007. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia*, 59(2): 171-179.
- Baptista, G.M.M. & Meneses, P.R. 2009. Identificação de sesquióxidos de ferro da fração argila de solos tropicais por meio de decomposição espectral linear dos dados do sensor AVNIR-2 do sistema ALOS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. Natal. *Anais*, INPE, p. 7655-7662.
- Baptista, G.M.M. 2001. *Mapeamento e Quantificação da relação mineralógica Caulinita/(Caulinita+Gibbsita) de solos tropicais, por meio dos dados do sensor hiperespectral AVIRIS (JPL/NASA)*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 139 p.
- Baptista G.M.M. & Teobaldo, D. 2017. WorldView-2 sensor for the detection of hematite and goethite in tropical soils. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (ONLINE)* 52: 1192-1202.
- Bigham, J.M.; Golden, D.C.; Buol, S.W.; Weed, S.B. & Bowen, L.H. 1978. Iron oxide mineralogy of well-drained ultisols and oxisols: II. Influence on color, surface area, and phosphate retention. *Soil Science Society of American Journal*, 42(5): 825- 830.
- Campos, P.M.; Lacerda, M.P.C.; Bilich, M.R.; Papa, R.A. & Silva, R.A.B. 2011. Adequabilidade do uso agrícola das terras no núcleo rural do PAD/DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, Curitiba, p. 507-513.
- Codeplan. <http://www.codeplan.df.gov.br>. Acesso em 13 Jan 2019.
- Dalmolin, R.S.D.; Gonçalves, C.N.; Klamt, E. & Dick, D.P. 2005. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. *Ciência Rural*, 35(2): 481-489.
- Epiphanyo, N.C.J.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M. & Oliveira, J.B. 1992. Comportamento espectral de solos do estado de São Paulo, São José dos Campos/SP, INPE, 143 p.
- Ghesti, L.V. 2009. PAD-DF Uma realidade que superou o sonho, 2009. <http://www.coopadf.com.br/o-pad-df>. Acesso em 20 mai 2012.
- Hunt, G.R.; Salisbury, J.W. & Lenhoff, A. 1971. Visible and near - infrared spectra of minerals and rocks: III Oxides and hydroxides. *Modern Geology*, New York, 1: 195 – 205.
- Leica Geosystems. Leica ADS80 Technical reference manual, Documentation Volume 2. <http://www.Leica-geosystems.com.br>. Acesso em 25 jun 2010.
- Longhitano, G.A. 2010. *VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 163 p. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-10012011-105505/pt-br.php>. Acesso em 12 mar 2018.
- Madeira Netto, J.S. 2001. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P.R. & MADEIRA NETTO, J.S. (Eds.). *SENSORIAMENTO REMOTO - REFLECTÂNCIA DOS ALVOS NATURAIS*. Brasília/DF. UnB; Planaltina: EMBRAPA Cerrados.
- Neves, O. 1989. Pedologia e Geoquímica, Preparação física de amostras de solo. 10 p. <https://dSPACE.ist.utl.pt/bitstream/2295/53832/1/P1.doc>. Acesso em 24 mar 2012.
- Novo, E.M.L.M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. Editora Edgar Blücher Ltda. São José dos Campos, 388p.
- Pedrosa, S.A.; Meneses P.R. & Carmelo, A.C. 2010. Espectrorradiometria de rochas carbonáticas na região do infravermelho de ondas curtas. *Revista de Geociências*, 40(4): 593-599.
- Pinheiro, E. da S. 2003. Imagens com alta resolução espacial: novas perspectivas para o sensoriamento remoto. *Espaço & Geografia*, 6(1): 43-64.
- Sherman, D.M. & Waite, T.D. 1985. Electronic spectra of Fe3 oxides and oxide hydroxides in the near IR to near UV. *American Mineralogist*, 70: 1262-1269.
- USGS Spectral Library, <https://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html>. Acesso em 21 mai 2018.