

RESPOSTA ESPECTRAL DE DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO SEMIÁRIDO CORRELACIONADO AO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

Valéria Ramos Lourenço (1); David Bruno de Sousa Teixeira (2); Eurileny Lucas de Almeida (1); Adão Barros de Moraes (1); Carlos Alexandre Gomes Costa (1)

(Universidade Federal do Ceará, ramos.valeria74@yahoo.com; Universidade Federal de Viçosa)

Resumo: A necessidade do emprego de técnicas de que propiciem a obtenção de resultados rápidos, e preferencialmente de baixo custo, tem crescido no atual fluxo de dados da sociedade. Neste sentido, a identificação de características do solo através da espectrorradiometria e utilizando dados de sensores orbitais tem se tornado uma realidade. Objetivou-se com o presente trabalho correlacionar a resposta espectral de diferentes solos do semiárido quanto aos seus teores de matéria orgânica utilizando sensores locais e orbitais, além de verificar a correlação entre esses sensores em relação às suas respostas para os solos. O estudo foi realizado na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA) localizada no município de Aiuaba-CE na microrregião dos Inhamuns, é atualmente a maior reserva Federal do bioma Caatinga, a área atual da bacia é de 12,6 Km², dividida em três sistemas de Associação Solo Vegetação (ASV). Foram coletadas 12 amostras para a determinação da matéria orgânica (MO) do solo, quatro pontos em cada ASV na profundidade de 0-0,1 m do solo. O carbono orgânico total (COT) foi quantificado pela metodologia de Walkley-Blac modificado por Yeomans e Bremne, e a matéria orgânica no solo nas amostras obtida por meio da multiplicação do valor do Carbono Orgânico pelo fator de 1,724. Foram utilizadas imagens do satélite TM-LandSat 8 orbita/ponto 217/65 na qual realizou-se a conversão do número digital (ND) em dados de reflectância para que se obtivesse este dado para cada um dos pixels que representam os pontos de coleta. Para a obtenção dos dados de reflectância laboratoriais utilizou-se o sensor FielSpec 3. Obteve-se uma alta correlação negativa entre a resposta espectral dos solos estudados com seu teor de matéria orgânica utilizando o sensor orbital TM Landsat 8, além de uma correlação significativa entre os sensores orbitais e locais e sua resposta para os solos do semiárido.

Palavras-chave: Reflectância; Aiuaba; Espectrorradiômetro.

INTRODUÇÃO

A necessidade do emprego de técnicas de que propiciem a obtenção de resultados rápidos, e preferencialmente de baixo custo, tem crescido no atual fluxo de dados da sociedade. A exigência de atualizações de variáveis que são fundamentais para a tomada de decisão impulsiona esta busca por respostas mais instantâneas, e a utilização de geotecnologias tem aberto portas neste processo.

Neste sentido, a identificação de características do solo através da espectrorradiometria e utilizando dados de sensores orbitais tem sido proposto por muitos autores (NANNI e DEMATTÊ, 2006; BROWN *et al.*, 2006; FIORIO *et al.* 2010; CEZAR *et al.*, 2012; GENÚ e DEMATTÊ 2012) em decorrência dos resultados de alta correlação que se tem encontrado. Um dos principais parâmetros avaliados é a matéria orgânica (MO) dada a sua acuidade para o solo.

A importância da matéria orgânica no solo está atrelada a características físicas, químicas e biológicas o que a caracteriza como um dos principais parâmetros de monitoramento da qualidade do solo (SHUKLA *et al.*, 2006) e decisivo na tomada de decisão do seu manejo. Sua determinação nos solos se torna fundamental desde o ponto de vista da agricultura de precisão, ao emprego no monitoramento ambiental.

Quando se trabalha com solos a sua resposta espectral é determinada por diversos fatores que se combinam e determinam seu comportamento, entre estes fatores estão granulometria, estrutura do solo, umidade, matéria orgânica entre outros (STONER e BAUMGARDNER, 1981). Fiorio *et al.* (2010) obtiveram equações com acertos de 81% para os sensores de laboratório e de 40% para os orbitais concluindo que os sensores orbitais auxiliam na discriminação das características de superfícies dos solos podendo ser utilizados na diferenciação de padrões de textura. Em estudos realizados por Genú e Demattê (2012) concluiu-se que a textura, matéria orgânica e o ferro total são os principais atributos responsáveis pela diferenciação de classes de solo utilizando sensores de laboratório e orbitais.

Diante disto, objetivou-se com o presente trabalho correlacionar a resposta espectral de diferentes solos do semiárido quanto aos seus teores de matéria orgânica utilizando sensores locais e orbitais, além de verificar a correlação entre esses sensores e suas respostas para os solos.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA) que fica localizada no município de Aiuaba-CE na microrregião dos Inhamuns, é atualmente a maior reserva federal do bioma Caatinga. A área atual da bacia é de 12,6 Km² e está localizada integralmente na estação ecológica (ESEC) sendo integralmente preservada. O clima é 'Bs' de acordo com a classificação de Köppen, apresentando precipitação média de 560 mm/ano e evaporação do tanque classe A de 2500 mm/ano (DE ARAÚJO e PIEDRA, 2009).

A bacia possui uma geologia transitória entre uma zona de rochas cristalinas e sedimentares (CREUTZFELDT, 2006). O uso e ocupação do solo é de Caatinga arbórea arbustiva em sua predominância (COSTA *et al.*, 2013). Para a melhor análise da dinâmica da bacia esta foi dividida em três sistemas de associação solo vegetação (ASV's) que são definidas como unidades homogêneas para estudos das variáveis ambientais (COSTA *et al.*,

2013; PINHEIRO *et al.*, 2013). Estas foram caracterizadas por Pinheiro *et al.* (2016) pela predominância de um determinado tipo de solo e de espécies vegetais conforme pode ser observado na Tabela 1.

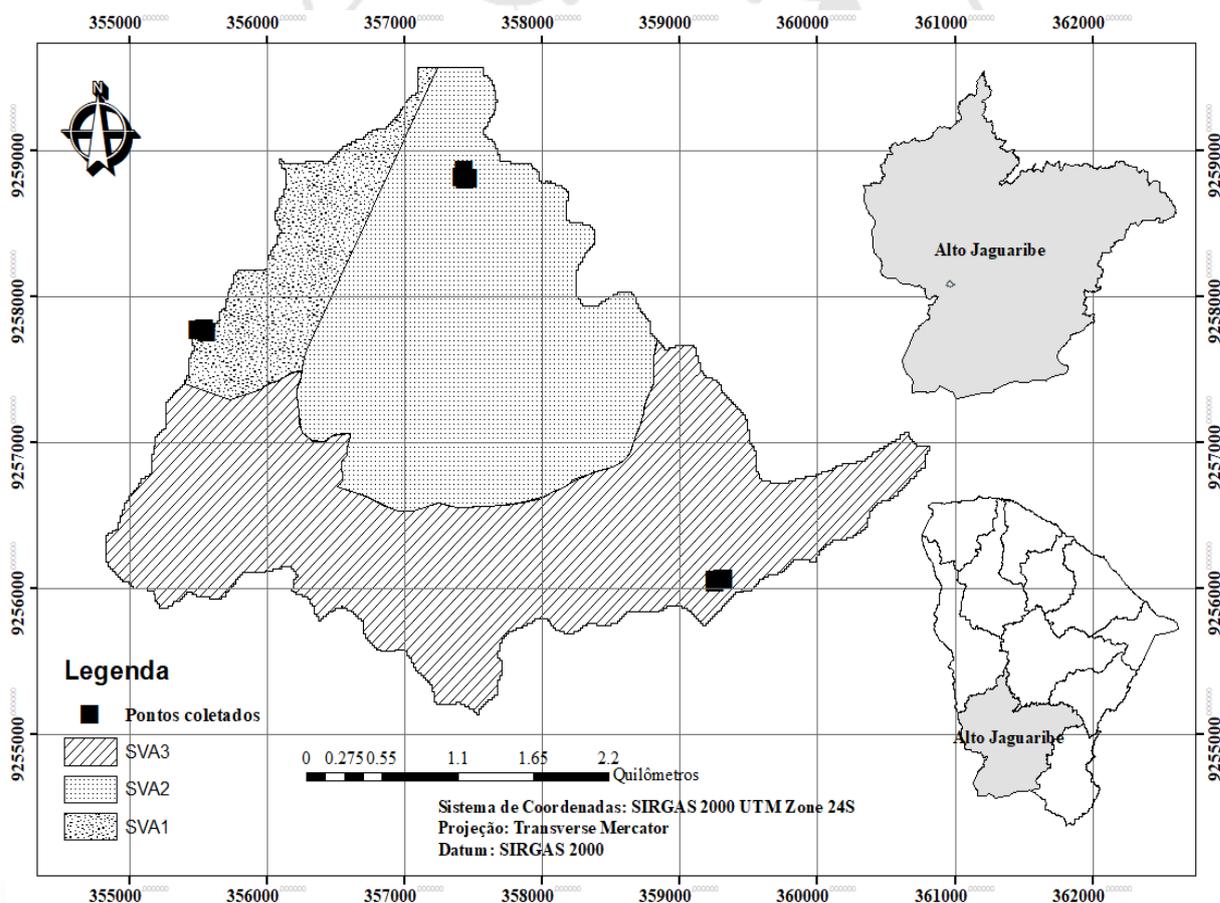
Tabela 1 - Caracterização solo-vegetação das ASV's da bacia experimental de Aiuaba.

ASV	Predominância da vegetação	Classe de solo	Ocupação na BEA (%)
ASV 1	Catingueira (<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul)	LUVISSOLOS CRÔMICOS	20
ASV 2	Angelim (<i>Piptadenia obliqua</i>)	ARGISSOLOS VERMELHOAMARELO	34
ASV 3	Jurema-preta (<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir)	NEOSSOLOS LITÓLICOS + LATOSSOLOS V-A	46

Fonte: Pinheiro *et al.* (2016).

A localização da bacia e dos pontos de coleta poderão ser observados na Figura 1.

Figura 1 - Localização da área de estudo e dos pontos de coleta.



Fonte: Autor.

Obtenção de amostras de solo e análises laboratoriais

As amostras para a determinação da matéria orgânica (MO) do solo foram coletadas na data de 28 de abril de 2017 sendo coletado quatro pontos em cada ASV conforme pode ser observado na Figura 1. As amostras foram recolhidas da profundidade de 0-0,1 m do solo, visto a maior concentração deste parâmetro nos horizontes superficiais da maioria dos solos, além de sua diminuição com o aumento da profundidade (HARTEMINK e MINASNY, 2014). Após a coleta foram armazenadas e identificadas para posterior determinação da MO.

As determinações da matéria orgânica foram realizadas em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura. Em seguida foram levadas ao laboratório de solos da EMBRAPA Agroindústria Tropical para a quantificação de Carbono Orgânico Total (COT) e matéria orgânica do solo.

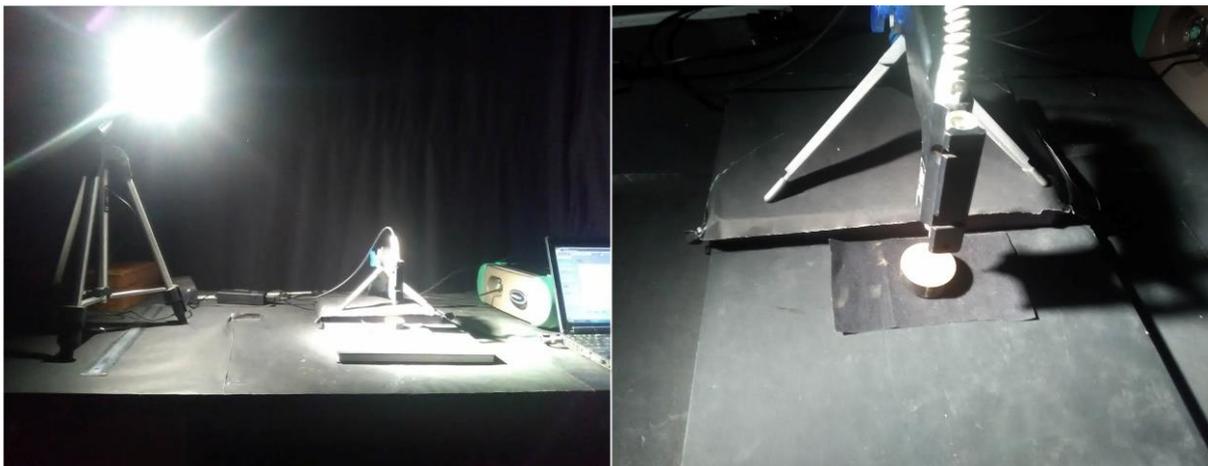
O COT foi quantificado pela metodologia de Walkley-Blac modificado por Yeomans e Bremner (1988). O método consiste na oxidação do carbono orgânico do solo por dicromato (Cr^{6+}) na presença de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, levado a uma fonte externa de calor na qual o excesso de Cr^{6+} é titulado sulfato ferroso amoniacal. A partir da obtenção COT foi possível calcular a matéria orgânica no solo nas amostras de solo por meio da multiplicação do valor de carbono orgânico pelo fator de 1,724. Esse fator considera que o teor médio de carbono orgânico presente na matéria orgânica humificada é de cerca de 58% (EMBRAPA, 2011).

Aquisição de dados espectrais do sensor orbital e do espectrorradiômetro

Foi utilizada imagem do satélite TM-LandSat 8 obtida no portal USGS (United States Geological Survey). A imagem selecionada foi resultante da passagem do satélite na data de 07 de abril de 2017 e orbita/ponto 217/65, utilizou-se as bandas 1 a 7, os critérios para a seleção da imagem foram a proximidade com a data da coleta em campo, além de buscar um menor percentual de cobertura de nuvens para que sua interferência pudesse ser minimizada. Utilizando o software ENVI® versão 5.2 realizou-se a conversão do número digital (ND) em dados de reflectância para que posteriormente se pudesse obter este dado dos pixels que representam os pontos de coleta.

Para a obtenção dos dados de reflectância utilizando um sensor local utilizou-se o sensor FielSpec 3 que pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Análise das amostras utilizando o espectrorradiômetro.



Fonte: Autor.

As amostras foram acondicionadas em placas de 4 cm de diâmetro e niveladas para minimizar o efeito da rugosidade, o sensor utilizado possui uma resolução espacial de 1 nm (de 350-1100 nm) e de 2 nm (de 1000-2200 nm). A geometria de sistema baseou-se no posicionamento perpendicular do sensor em relação a amostra, mantendo uma distância de 6 cm. A fonte de iluminação foi posicionada a 50 cm da amostra, formando um ângulo de 45° com o zênite. O padrão espectral de referência utilizado foi uma placa de espectral branca. As reflectâncias foram obtidas da média de três leituras para cada amostra.

Análise estatística

Realizou-se análise de estatística descritiva para determinar as medias de matéria orgânica presentes nos solos das três ASV's e posteriormente realizou-se uma correlação entre os valores de reflectância obtidos com o sensor local e o orbital e entre o sensor orbital e o teor de matéria orgânica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados laboratoriais da análise de M.O dos solos das ASV's podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores médios de matéria orgânica, desvio padrão e coeficiente de variação das ASV da Bacia experimental de Aiuaba.

M.O (g.Kg ⁻¹)	ASV1			ASV2			ASV3		
	Média	CV%	σ	Média	CV%	σ	Média	CV%	σ
	15.20	7.46	1.13	27.9	24.1	6.7	12.9	33.0	4.3

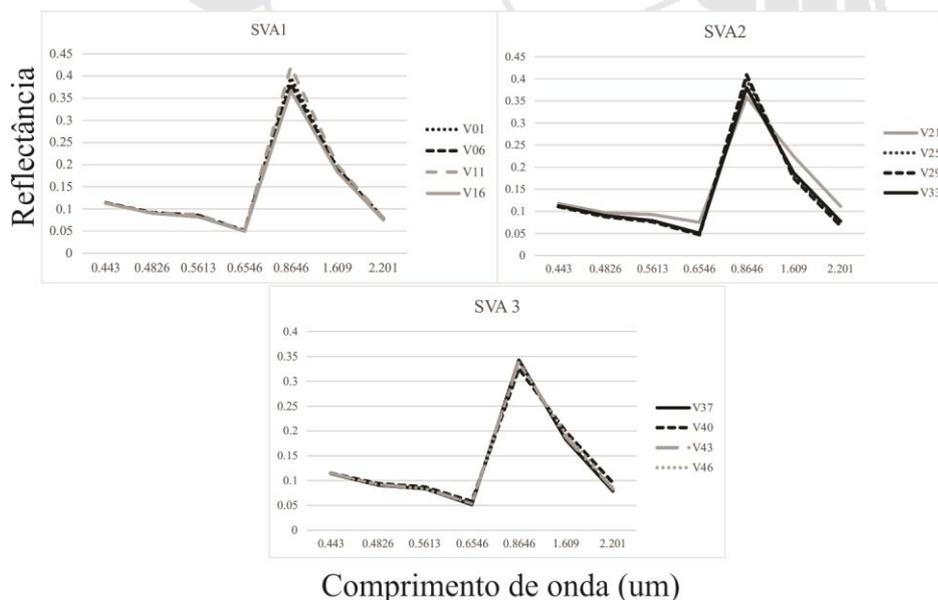
Fonte: Autor.

Foram obtidos os maiores teores de MO na ASV 2, enquanto os menores podem ser observados na ASV3. Estas variações nos valores com maiores teores para a ASV2 podem ser explicadas pela presença de diferentes tipos de solo e sua dinâmica para a determinação da matéria orgânica do solo. Outro fator que contribui para estas diferenças é a disparidade entre as espécies vegetais predominantes na área e sua diferente contribuição com aporte de matéria verde para a MO.

Observou-se também em estudos realizados nas ASV's uma grande variabilidade espacial e temporal na distribuição das chuvas sendo verificadas variações de 250 a 810 mm entre as ASV's em um mesmo ano (PINHEIRO *et al.*, 2016). A influência da precipitação na vegetação e consequentemente na produção de material que será decomposto afeta diretamente os teores de M.O nas diferentes ASV's como demonstrado por Lourenço *et al.* (2017) a ocorrência de diferenças nos valores de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) no mesmo período dentro da bacia refletindo os diferentes comportamentos da vegetação em função da associação em que se encontra e da dinâmica dos fatores que determinam esta associação.

Em relação a resposta espectral do solo obtido com o sensor orbital os solos das três ASVs apresentaram um comportamento semelhante como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Curva espectral dos solos das ASVs 1, 2 e 3 obtidas com o sensor orbital TM-LandSat 8.

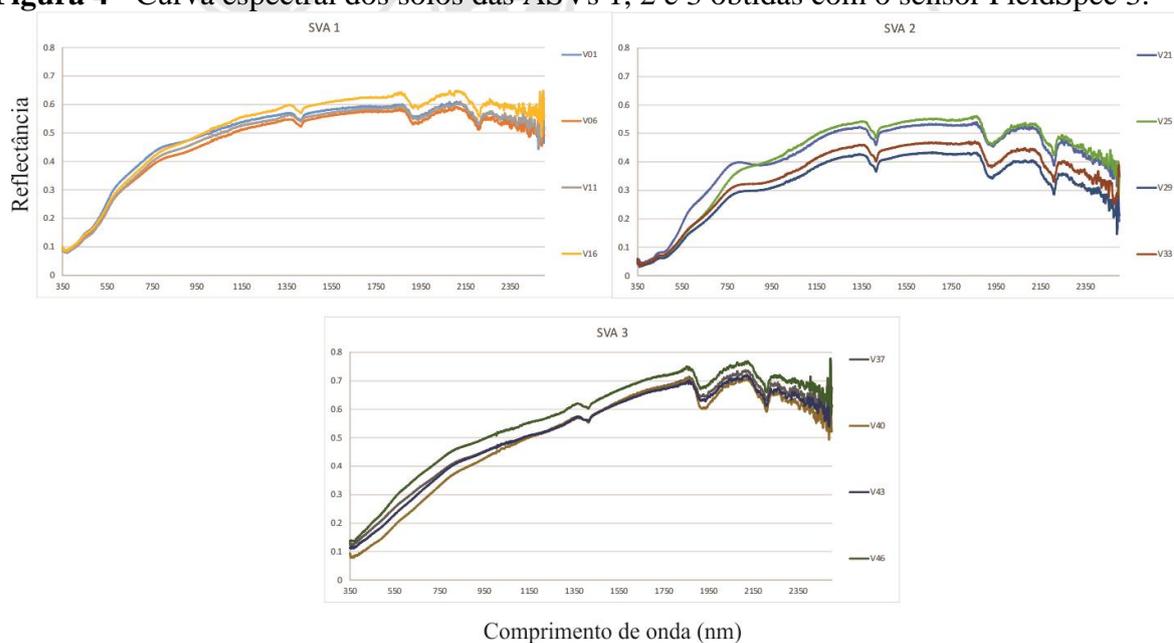


Fonte: Autor.

Observa-se um comportamento semelhante quanto a reflectância nas três ASV's no que se refere aos teores de MO obtidos através do sensor orbital, a queda suave do valor no intervalo de 0,5 a 0,6 é característico da presença de MO. A ASV 2 apresenta uma diferença entre os pontos coletados representado pelo comportamento diferenciado do ponto V21. De acordo com Genú e Demattê (2012) as curvas espectrais obtidas revelam de que forma os atributos do solo atuam sobre sua resposta espectral. Este efeito pode ocorrer causando bandas de absorção ou afetando a intensidade das curvas. A matéria orgânica do solo, afeta a resposta diminuindo a intensidade de reflectância na faixa de 400 a 2500 nm, pode ainda mascarar os óxidos de ferro afetando as bandas de absorção destes minerais (DEMATTE *et al.*, 2003). No caso dos solos analisados todos apresentam baixas taxas de reflectância principalmente entre as bandas de 0.4 a 0.5 caracterizando a presença de matéria orgânica nestes solos.

Em relação as curvas de resposta espectral obtidas com o sensor local estas podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 - Curva espectral dos solos das ASVs 1, 2 e 3 obtidas com o sensor FieldSpec 3.



Fonte: Autor.

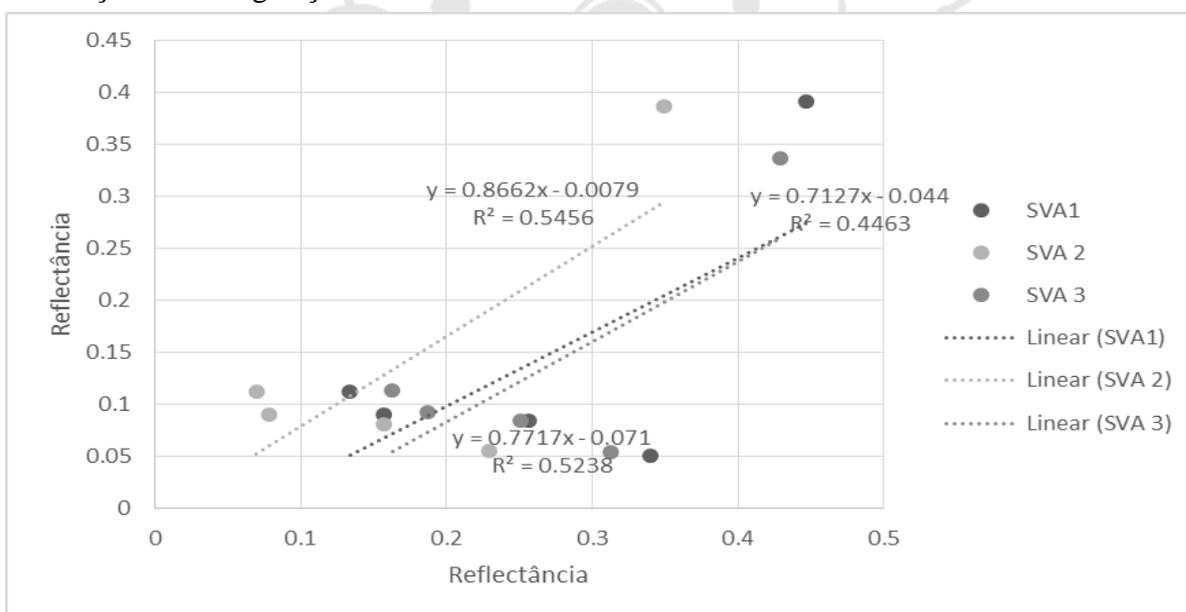
As curvas das ASV's quando avaliadas utilizando o sensor hiperespectral não se assemelham quanto a resposta espectral para a MO, as variações são principalmente no intervalo de 400 a 1150 nm e são devido a diferença de teor de matéria orgânica nas duas associações. Os maiores valores são observados na ASV 2 por apresentar pontos de coleta

com os menores valores e reflectância. A ASV 2 apresenta os valores mais uniformes de reflectância em ambos os pontos de coleta, enquanto a ASV 2 apresenta a maior variação. Em relação a ASV 3 esta não apresenta uma variação tão grande quando a ASV 2, mas o sistema é o que apresenta os maiores valores de reflectância e conseqüentemente os menores valores de M.O. Estes valores menores de M.O que caracterizam o Neossolo Quartzarênico predominante nesta ASV.

Em estudos realizados por Oliveira *et al.* (2011) comparando a reflectância de solos de Caatinga preservada, degradada e solos cultivados obteve-se maiores valores de MO para os solos de Caatinga preservada, enquanto os menores foram observados no solos cultivados, ambos os tratamentos estudados encontravam-se em um Argissolo. Estes resultados corroboram para afirmar que a remoção da MO do solo ou a menor deposição de material que dará origem a esta matéria orgânica promovem aumentos de reflectância no espectro como um todo.

O resultado da correlação entre a reflectância obtida pelo sensor orbital e pelo sensor local podem ser observados no Figura 5.

Figura 5 - Correlação entre as respostas espectrais do sensor orbital e local nas três associações solo vegetação.



Fonte: Autor.

Observa-se uma correlação significativa entre os dados obtidos com o sensor local e o orbital, mesmo considerando que a resposta do sensor orbital é obtida de todos os constituintes do pixel analisado, enquanto a resposta do sensor local reflete apenas o comportamento do solo definido por seus constituintes. Quanto a correlação dos dados

obtidos em laboratório com a reflectância do sensor orbital o resultado pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Correlação entre os teores de matéria orgânica com a resposta espectral do sensor orbital TM Landsat 8 para as ASV's da Bacia experimental de Aiuaba.

	ASV1	ASV2	ASV3
M.O (g.Kg ⁻¹)	LandSat 8	LandSat 8	LandSat 8
	-0.69	-0.80	-0.39

Fonte: Autor.

A ASV 3 apresentou a menor correlação entre os dados laboratoriais e a reflectância, o que pode ser explicado pelo baixos valores de MO encontrados e pelo tipo de solo predominante na ASV ser caracterizado por uma predominância de areia que influencia diretamente os dados de reflectância; Observa-se uma alta correlação negativa entre a reflectância e os teores de MO nas ASV's 1 e 2 o que corresponde ao comportamento característico da matéria orgânica quanto a sua influência na resposta espectral do solo, quanto maior o teor de M.O menor a reflectância do solo. Os resultados encontrados corroboram com os de Genú *et al.* (2013) que encontraram correlação negativa de 0,7 para TM-Landsat e 0,56 para o sensor ASTER relacionando os sensores com a matéria orgânica do solo.

A alta correlação da MO com as respostas espectrais para os solos do semiárido abre possibilidades para o desenvolvimento de métodos indiretos de determinação da MO do solo utilizando imagens orbitais.

CONCLUSÕES

Obteve-se uma alta correlação negativa entre a resposta espectral dos solos estudados com seu teor de matéria orgânica utilizando o sensor orbital TM-Landsat 8, além de uma correlação significativa entre os sensores orbitais e locais e sua resposta para os solos do semiárido.

REFERÊNCIAS

BROWN, D. J.; SHEPHERD, K. D.; WALSH, M. G.; MAYS, M. D.; REINSCH, T. G. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*, v. 132,

p. 273-290, 2006.

CEZAR, E.; NANNI, M. R. CHICAT, M. L.; SOUZA JÚNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S. Avaliação e quantificação das frações silte, areia e argila por meio de suas respectivas reflectâncias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1157-1165, 2012.

COSTA, C. A. G.; LOPES, J. W. B.; PINHEIRO, E. A. R.; de ARAÚJO, J. C.; GOMES FILHO, R. R. Spatial behaviour of soil moisture in the root zone of the Caatinga biome. **Revista Ciência Agronômica**. v. 44, n. 4, p. 685-694, 2013.

CREUTZFELDT, B. N. A. Remote sensing based characterisation of land cover and terrain properties for hydrological modelling in the semi-arid Northeast of Brazil. 2006. 104 f. **Tese** (Institut für Geoökologie), Universität Postdam, Postdam, 2006.

de ARAÚJO, J. C.; PIEDRA, J. I. G. Comparative hydrology: Analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. **Hydrological Processes**, v.23, p.1169-1179, 2009.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Org: DONAGEM A. G. et al. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 230 p. 2011.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; NANNI, M. R; FORMAGGIO, A. R. Diferenciação espectral de solos utilizando dados obtidos em laboratório e por sensor orbital. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 454-466, 2010.

GENÚ, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Espectrorradiometria de solos e comparação com sensores orbitais. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.82-89, 2012.

GENÚ, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M.; NANNI, M. R. Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestre (IRIS). **Revista Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 279-288, 2013.

HARTEMINK, A. E.; MINASNY, B. Towards digital soil morphometrics. **Geoderma**, v. 230, n. 223, p. 305-317, 2014.

LOURENÇO, V. R.; RAMOS, N. N. de L. A.; COSTA, C. A. G. Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p.101-110, 2017.

NANNI, M. R.; DEMATTÊ, J. A. M. Comportamento da linha do solo obtida por

espectrorradiometria laboratorial para diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 1031-1038, 2006.

OLIVEIRA, C. F.; ROCHA, W. J. S. da F.; JESUS, T. B.; BORGES, E. F.; CUNHA, T. J. F. Comportamento espectral do solo da Caatinga em diferentes tipos de manejos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba. **Anais**. Curitiba: INPE, p. 9080–9087, 2011.

PINHEIRO, E. A. R.; COSTA, C. A. G.; de ARAÚJO, J. C. Effective root depth of the Caatinga biome. **Journal of Arid Environments**. v. 89, p. 1-4, 2013.

PINHEIRO, E. A. R.; METSELAAR, K.; VAN LIER, Q. de J.; De ARAÚJO, J. C. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. **Ecohydrology**, v. 9, n. 7, p. 1313-1327, 2016.

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 87, p. 194- 204, 2006.

STONER, E. R.; BAUMGARDNER, M. F. Characteristics variations in reflectance of surface soil. **Soil Science Society of America Journal**. v. 45, p. 1161-1165, 1981.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.