

DIFERENCIAÇÃO DE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* sp. ATRAVÉS DE DADOS HIPERESPECTRAIS

TAILA FERNANDA STRABELI¹, PETERSON RICARDO FIORIO², RODRIGO DE ALMEIDA MUNIZ³, TIAGO RODRIGUES TAVARES⁴, CLAYTON ALCARDE ALVARES⁵

¹ Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícola (Sensoriamento Remoto), USP/ ESALQ- Piracicaba-SP, (16)98150-8633, tailastrabeli@usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. De Engenharia de Biossistemas, USP/ ESALQ- Piracicaba- SP.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícola (Sensoriamento Remoto), USP/ ESALQ- Piracicaba-SP.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícola (Sensoriamento Remoto), USP/ESALQ- Piracicaba- SP.

⁵ Engenheiro Florestal, Pós Doutorado, North Carolina State University, Raleigh, NC, EUA.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO O objetivo do presente trabalho foi diferenciar quatro espécies de *Eucalyptus* por meio de suas respostas hiperespectrais. O experimento foi conduzido na área experimental ESALQ/USP (Piracicaba -SP). Foram coletadas um total de 35 folhas/espécie, sendo obtida a leitura espectral da mesma com o espectrorradiômetro FieldSpec®3. A manipulação dos dados espectrais foi baseada na análise multivariada, pelo método análise de componentes principais, posteriormente fez-se a análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey (HDS) no software R. Com a exploração visual percebeu-se que há diferença na resposta espectral das plantas na região do visível, essa desigualdade é melhor representada nas feições do espectro, ou seja, região do azul(450 nm), que apresentaram valores entre de reflectância entre 5% a 7%. O desempenho da função discriminante foi satisfatório e gerou quatro agrupamentos bem definidos. Com o teste de Tukey HDS verificou-se que as bandas 410 nm, 411 nm, 421 nm e 428 nm tiveram uma diferença significativa ao nível de 5%. Nas quatro espécies do gênero *eucalyptus* estudadas, a região do visível foi a que se encontrou as melhores bandas para distingui-las.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, *Eucalyptus* sp., Análise de Componentes Principais.

DIFFERENTIATION OF SPECIES OF *Eucalyptus* sp. THROUGH HYPERSPECTRAL DATA

ABSTRACT: The objective of the present work was to differentiate the reflectance response of leaves of four different species of *Eucalyptus* by means of spectral data collected. The experiment was made in the experimental area of ESALQ/USP (Piracicaba-SP). Using a spectroradiometer FieldSpec®3, the reflectance measurements were obtained from the upper face of the leaves, and then a principal component analysis were made in the software R. By visual analysis, it was possible to note that there was distinction in the absorption bands in the visible region, this difference due to the energy absorption by the chlorophyll, is better represented by the features of the blue spectrum (450nm), that presented values between 5% and 7% of reflectance. The performance of the discriminant function was satisfactory and generated four well defined groupings. With the Tukey HSD test, was found that the bands 410, 411, 421 and 428 showed significant difference at rate of 5%. In the four eucalyptus species studied, it was found that the best bands for distinguish them was the visible region.

KEYWORDS: Remote Sensing, *Eucalyptus* sp., analysis principal component

INTRODUÇÃO: O setor florestal contribui significativamente para o desenvolvimento econômico do país (Petrauski et al., 2012), portanto faz-se necessário a obtenção de inúmeras informações que caracterizam o ambiente florestal para seu monitoramento e desenvolvimento. Desde

1960, cientistas extraem parâmetros biofísicos da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto (Jensen, 2009), a fim de entender o comportamento da vegetação.

A espectroradiometria é uma técnica do sensoriamento remoto, que possibilita obter informações referentes à forma como a vegetação processa a radiação eletromagnética e de como essa energia responde aos diferentes tipos de vegetação (Silva et al., 2012).

Datt (2000) realizou medições de laboratório, a fim de mensurar a reflectância de folhas de seis espécies de *Eucalyptus* (*E. haemastoma*, *E. piperita*, *E. gummifera*, *E. fastigata*, *E. pilularis* e *E. saligna*), e realizou análise discriminante linear, a fim de individualizar as espécies. Como resultado, o autor conseguiu separar as 6 espécies de *Eucalyptus* pela resposta espectral, sendo que a região do visível e do infravermelho foram as mais relevantes no processamento.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi distinguir pela resposta espectral quatro espécies do gênero *Eucalyptus* e inferir quais os melhores comprimentos de onda para diferenciar as espécies florestais.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na fazenda experimental da ESALQ-Fazenda Areão, no município de Piracicaba- SP. O povoamento pertence ao gênero *Eucalyptus*, adjunto ao projeto TECHS- Tolerância de *Eucalyptus* clonais ao Estresses Hídrico, Térmico e Biótico (Stape et al., 2014) e que abrange ampla variedade climática do Brasil e Uruguai (Alvares et al., 2013), implantado em dezembro de 2013.

No dia 23 de julho de 2014, foram amostradas 5 árvores de cada parcela, sendo que para cada árvore coletou-se 7 folhas, totalizando 140 folhas de quatro diferentes espécies de *Eucalyptus* sp. denominadas de V1, V2, V3 e V4, às 7 da manhã. As folhas amostradas localizam-se na porção inferior da copa das árvores. O material coletado foi identificado, e armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica, com posterior leitura espectral no laboratório de Geoprocessamento, no Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP.

As medições radiométricas foram realizadas com a utilização de um espectroradiômetro (FildSpec) conectado à unidade RST-3ZC³ (esfera integradora). Foram obtidas as medidas de fator de reflectância da face adaxial das folhas. O espectrorradiômetro possui capacidade de registro de reflectância que vão dos comprimentos de onda de 350 a 2500 nm, com resolução espectral de 1 nm do 350 nm- 1000 nm e de 2 nm do comprimento de onda de 1000 nm- 2500 nm.

A manipulação dos dados espectrais foi baseada na análise multivariada que está fundamentada na representação dos dados originais em poucas variáveis pelo emprego do método de análise das componentes principais (PCA) (SMITH et al., 1985), que reduz a dimensionalidade dos dados, fornecendo novas variáveis que contém o máximo da informação original. A PCA foi aplicada na manipulação dos dados de reflectância na região do VIS e NIR.

A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para verificar as diferenças de reflectâncias médias entre as diferentes espécies em que foi realizada a leitura. Por fim, para verificar entre quais espécies, as leituras das reflectâncias ocorreram diferenças significativas, aplicou-se o teste Tukey HSD (Honestly Significant Differences).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A média da leitura espectral das quatro espécies pode ser observado na Figura 1. Com a análise visual da reflectância na região visível (450 - 700 nm), pode-se perceber que as curvas seguem a mesma tendência para as quatro espécies. Na região próxima ao 550 nm nota-se um pico de reflectância, variando entre 10% e 12%, que está relacionado ao total de clorofila na faixa do visível (Schepers et al., 1996), e nessa região pode-se observar que a espécie V4 apresentou maior reflectância, enquanto que a espécie V3 apresentou menor reflectância em relação a média das outras espécies, esse fenômeno é nítido em quase todo espectro do visível.

Ao realizar a leitura espectral das folhas, estas folhas ainda sejam fotossinteticamente ativa, portanto as curvas espectrais resultantes têm as mesmas características de vegetação sadia, com bandas de absorção devidas à clorofila nas regiões do azul e do vermelho (próximo de 5% a 7% de reflectância próximo aos comprimentos de onda de 450 nm e 650 nm).

Estudos com folhas de *Eucalyptus grandis* realizados por Silva et al. (2012), observaram que na região do verde à reflectância foi próxima de 8,5%, ou seja possui um pico de reflectância inferior ao encontrado no presente estudo da diferenciação de *Eucalyptus* sp, que variou entre 10% e 12%. E

na faixa do azul e do vermelho aproximou-se de 5%, corroborando com o resultado encontrado nas quatro espécies estudadas.

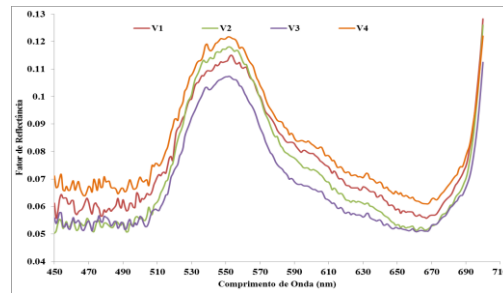


FIGURA 1. Gráfico Reflectância x Comprimento de Onda (450 nm a 700 nm).

O desempenho da função discriminante foi satisfatório para analisar a diferenciação entre as espécies, considerando o processamento dos dados hiperespectrais. A Figura 2 apresenta a distribuição dos fatores LD1xLD2, LD1xLD3 e LD2xLD3 encontrados para cada espécie. Sabe-se que os componentes principais são obtidos em ordem decrescente de variância, em que na maioria das análises a componente principal 1 retém mais informações que o componente principal 2 e assim por diante (Richards e Jia, 2006).

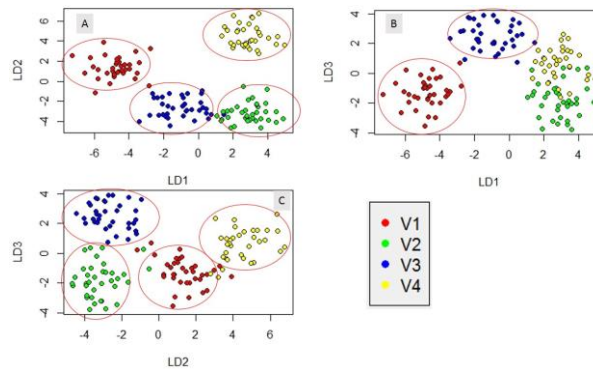


Figura 2. Gráficos de função discriminante de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp. A)LD1xLD2, B)LD1xLD3 e C)LD2xLD3

O agrupamento bem definido das espécies de *Eucalyptus* dentro desse espaço bidimensional, foram definidos pela projeção dos três primeiros escores (LD1, LD2 e LD3) que é dependente das propriedades espectrais de cada espécie. Observando o gráfico da Figura 2 (A) e Figura 2 (C) pode-se notar que existem quatro agrupamentos bem definidos e separados um dos outros. E apesar do agrupamento das espécies V2 e V3 se encontrarem mais próximos na figura 2 (A), estes ainda são distintos. Ao averiguar a Figura 2 (B) percebe-se que a PCA consegue separar as espécies V1 e V3 das outras duas espécies.

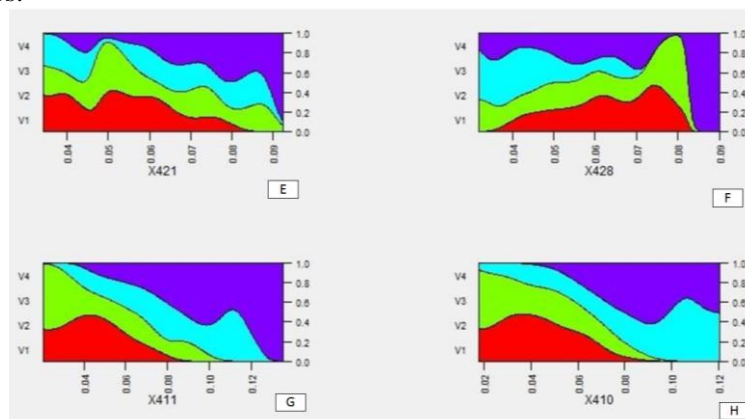


Figura 3. Teste de Tukey HDS nas bandas A) 410, B) 411, C) 421 e D) 428 e Gráficos de probabilidade condicional nas bandas E) 421, F) 428, G) 411 e H) 410.

Pela análise de variância (ANOVA) existiu diferença estatística dos dados espectrais nas bandas 410 nm, 411 nm, 421nm e 428 nm. Datt (2000) conseguiu distinguir seis espécies de *Eucalyptus* e encontrou que as bandas 500, 540 nm, 550 nm, 590 nm e 680 nm foram as mais relevantes nessa identificação.

Para analisar melhor a diferença das espécies e sua influência na resposta espectral nas bandas selecionadas, fez-se o gráfico de probabilidade condicional. No eixo x encontra-se a reflectância das bandas (410 nm, 411 nm, 421nm e 428 nm) e no eixo y as espécies, então, possibilitando ver a probabilidade de reflectância pelas quatro bandas de maior diferenciação. Na Figura 3 (F), notou-se que quando a reflectância é maior que 8,2% na banda 428 nm, maior a probabilidade de pertencer a espécie V4, porém na banda 421 nm, quando a reflectância é maior que 8,5%, torna-se quase impossível encontrar a espécie V1.

Na banda de 410 nm (Figura 3-H), quando a reflectância é entre 10% e 12% é improvável que seja a espécie V1 e V2, e na banda 411 nm (Figura 3-G) quando a reflectância é maior que 13% encontra-se a espécie V4 e quando a reflectância é menor que 4% é impossível encontrar essa espécie de *Eucalyptus*.

As bandas encontradas para diferenciar as quatro espécies de *Eucalyptus*, encontra-se na região do azul, de acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2007) os pigmentos predominantes absorvem energia na região do azul (aproximadamente 445 nm).

CONCLUSÕES: É possível utilizar dados hiperespectrais para diferenciar espécies de *Eucalyptus* sp. Pode-se concluir que nas quatro espécies do gênero *eucalyptus* estudadas, a região do visível foi a que se encontrou as melhores bandas para distingui-las. Especificamente as bandas encontradas na região do azul (410 nm, 411 nm e 421 nm e 428 nm).

AGRADECIMENTOS: Agradecimento do projeto TECHS-IPEF, ao Grupo TopoGeo e Florestal Monte Olimpo.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- DATT, B. Recognition of eucalyptus forest species using hyperspectral reflectance data. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium**, Honolulu. Hawaii: IEEE, v. 4, p. 1405-1407, 2000.
- JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestre. 2º ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- PETRAUSKI, S. M. F. C., MARQUES, G. M., SILVA, M. L., CORDEIRO, S. A., SOARES, N. S., Competitividade do Brasil no mercado internacional de madeira serrada, **Revista Cerne**, v.18, n.1, p. 99-104. Lavras, 2012.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São Jose dos Campos, SP. Editora: Parêntese. p.127, 2007.
- SCHEPERS, J. S.; BLACKMER, M. T.; WILHELM, W.; RESENDE, M. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. **J. Plant Physiological**, v. 148, p. 523 - 529, 1996.
- SILVA, E. A.; MARANGON, G. P.; DESSBESELL, L.; MORAIS, W. W.; LIPPERT, D. B.; PEREIRA, R. S..Caracterização espectral na reflectância de *Eucalyptus grandis*, **Rev. Floresta**, v.42, n.2, p.285-292, 2012.
- SMITH, M. O., JOHNSON, P. E., & ADAMS, J. B.. Quantitative determination of mineral types and abundances from reflectance spectra using principal components analysis. **Journal of Geophysical Research**. ; vol. 90, p. 797-804, 1985.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; GRATTAPAGLIA, D.; CAMPOE, O.; ALVARES, C.; GOMES, F.; MATTOS, E.; OTTO, M.; HAKAMADA, R.; MORAES, M. T. Fatores hídricos e as decisões de silvicultura, de melhoramento e de proteção na eucaliptocultura. In: Encontro Brasileiro de Silvicultura, Campinas. Anais...Curitiba: Embrapa Florestas p. 81-98, 2014.