

Análise espectral comparativa entre a cultura de cana-de-açúcar e mata do município de Jaú-SP a partir de dados de radar e ópticos dos satélites Alos/Palsar e Landsat TM

Amanda Regina Martins Péscio¹
Edson Eyji Sano¹

¹Universidade de Brasília - UnB / Instituto de Geociências
Campus Universitário Darcy Ribeiro - 70910-900 - Brasília - DF, Brasil
E-mail: apescio@gmail.com, sano@cpac.embrapa.br

Abstract. Brazil is considered the top country to produce biodiesel from sugarcane. Sugarcane is the major agricultural activity in the municipality of Jau, State of São Paulo. It covers more than 90% of total area of the municipality. The objective of this study was to evaluate the capability of Landsat TM and ALOS PALSAR data to discriminate sugarcane crops from forestlands found in the above mentioned municipality. As they present similar biomass levels, they are the classes having highest potential to be spectrally confused in both images. Radar data corresponded to the L-band, ALOS PALSAR imagery acquired on July 24, 2007 in the fine beam dual mode (HH and VV polarizations). Digital numbers (in amplitude) were converted into backscattering coefficients. Landsat TM images (paths/rows = 220/75 and 220/76) (overpass: August 07, 2007) were georeferenced to the UTM projection system and datum = WGS84. A set of 50 samples of backscattering coefficients were collected in both spectral classes and polarizations. The location of samples were based on Landsat TM images. Data were analyzed graphically and by non-parametric Kruskal-Wallis statistics. Results showed that HV polarization can separate two spectrally different sugarcane groups (sugarcane_A and sugarcane_B) from forestlands, indicating high potential to map sugarcane in the municipality.

Palavras-chave: remote sensing, SAR image, mapping, agriculture, sensoriamento remoto, SAR, mapeamento, agricultura.

1. Introdução

A relação sociedade-espço altera-se constantemente, a interação entre seus componentes é complexa devido à intensa busca do homem em suprir suas necessidades. De acordo com Santos e Silveira (2005), um território tem uma história de movimentos relacionada com o espaço e com o tempo, envolvendo ações, relação específica nos lugares, e sua representação na paisagem. Um exemplo disso é a grande dominação canavieira a nível nacional, em função do aumento da demanda interna e externa pelos seus derivados, como fonte de energia, álcool e açúcar, substituindo não só biomas naturais como também outros tipos de culturas.

O sensoriamento remoto como fonte de informações espaço-temporal permite mapear e acompanhar a distribuição e a dinâmica espacial do uso do solo. Estudos referentes à dinâmica da paisagem são de grande valia não só para gestão de recursos naturais como para planejamentos territoriais visando seu desenvolvimento agrícola, social e econômico.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento, visando caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das ações e estudos futuros (MEDEIROS e CÂMARA, 2010). Técnicas de sensoriamento remoto tem se mostrado bastante satisfatórias nos estudos de uso da terra e monitoramento de áreas agrícolas.

Estudos voltados para cultura da cana-de-açúcar são encontrados na literatura em sua grande maioria utilizando imagens ópticas, por possuir diferentes bandas nas regiões espectrais do visível e do infravermelho e por permitir identificar as principais feições da superfície terrestre com mais facilidade. Há uma carência em dados resultantes de sensores de radar de abertura sintética (SAR - *Synthetic Aperture Radar*) aplicados a essa cultura agrícola.

Segundo Santos (2009), a aplicação de imagem SAR no estudo de mapeamento de uso do solo mostrou-se satisfatória na identificação das classes representativas do Distrito Federal. Além da vantagem da radiação das microondas atuarem na atmosfera independente de presença de nuvens, neblina, chuvas e fumaça e do sensor obter fonte de radiação eletromagnética (REM) própria, a variação de polarizações aumenta a habilidade em distinguir e classificar os alvos.

Os radares de abertura sintética possuem fonte própria de REM, isto é, são sensores ativos que operam na faixa espectral de microondas, diferenciando-se dos sensores ópticos, considerados sensores passivos que dependem de uma fonte externa de REM (que quase sempre é o Sol) e operam nas faixas do visível e infravermelho restringido a seleção de cenas quando há presença de nuvens ou fumaças na passagem do satélite (MENESES e MADEIRA NETO, 2001; RANEY, 1998 apud SANTOS, 2009).

O município de Jaú ocupa uma área aproximada de 688 km² e está localizado no centro-oeste do estado de São Paulo, aproximadamente entre as coordenadas 22°06'54" e 22°18'07" de latitude sul e entre 48°19'28" e 48°44'52" de longitude oeste fazendo limite com os municípios de Barra Bonita, Mineiros do Tietê, Dois Córregos, Bocaina, Itapuí, Pederneiras e Macatuba.

Segundo dados adquiridos no site do Canasat, projeto do INPE em parceria com a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) que monitora a agricultura canavieira na Região Centro-Sul desde 2003 através de sensoriamento remoto orbital, o município possuía 46.262 ha de área cultivada em 2007 (Figura 1).

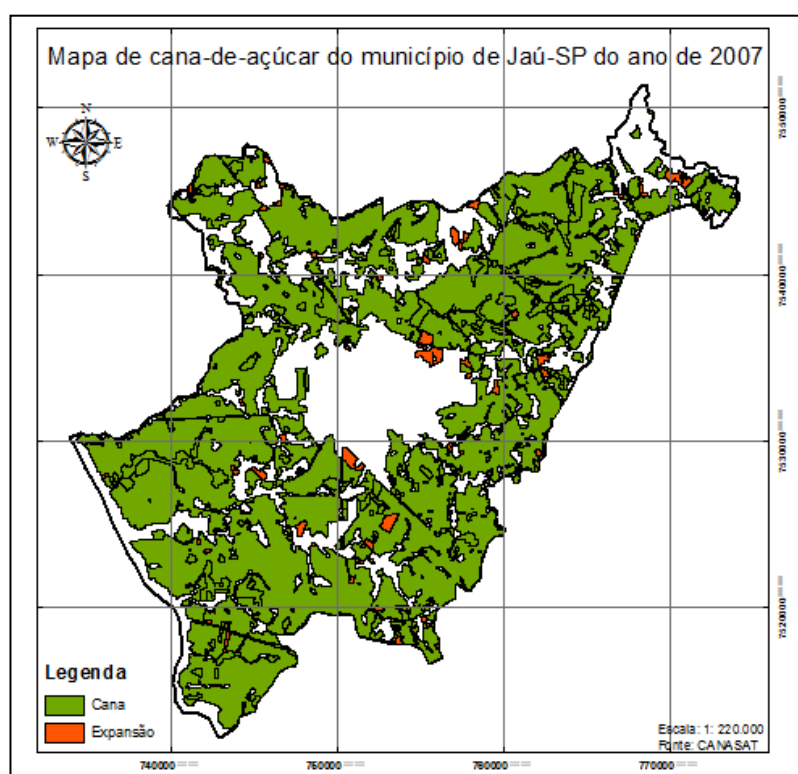


Figura 1 – Área de cana-de-açúcar no município de Jaú-SP, em 2007.

De acordo com Péscio (2007), segundo levantamento junto à Casa da Agricultura de Jaú, a cana-de-açúcar mantinha-se como principal atividade econômica em âmbito rural do município com aproximadamente 90% da área em estudo. Por meio dos dados obtidos a partir

do mapa de uso do solo do município do ano de 2007 elaborado pela autora, a cana-de-açúcar representava 95,32% da área total do município, confirmando a proximidade nos resultados com a Casa da Agricultura de Jaú.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade de discriminação da resposta espectral entre a cultura de cana-de-açúcar e área de mata natural identificadas em imagem óptica do satélite Landsat TM e imagens multipolarizadas do satélite ALOS/PALSAR na banda L do município de Jaú-SP. Devido à similaridade em termos de biomassa verde essas classes são as que possuem maior potencial de serem confundidas em ambas as imagens no mapeamento de área de cana.

2. Metodologia de Trabalho

Os materiais utilizados para essa pesquisa foram uma cena SAR do satélite ALOS e duas imagens ópticas do satélite Landsat TM. De acordo com IBGE (2010), o satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) foi lançado pela Agência Espacial Japonesa (JAXA) no dia 24 de janeiro de 2006, com a missão de observar e obter imagens de todo o planeta, para fins de monitoramento de desastres ambientais, levantamento de recursos naturais e, em especial, de suporte à cartografia. A bordo de sua plataforma, estão três sensores:

- AVNIR-2 - *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer – Type 2*
- PRISM - *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*
- PALSAR – *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*

O sensor de radar analisado foi o PALSAR, no modo de imageamento *Fine Beam Dual* (FBD), polarizações HH e HV, tamanho de pixel de 12,5 metros e data de passagem de 24 de julho de 2007. A imagem foi adquirida junto ao site do IBGE, com nível L1.5-G de correção radiométrica e geométrica, o qual consiste em imagem processada em múltipla visada e projetada para coordenadas cartográficas.

A imagem óptica utilizada correspondeu às imagens do LANDSAT TM, órbitas/pontos 220_075 e 220_076, resolução espacial de 30 metros obtidas junto ao site do INPE com a data de passagem do satélite em 07 de agosto de 2007. Algumas de suas principais aplicações consistem em acompanhamento do uso agrícola das terras, apoio ao monitoramento de áreas de preservação e monitoramento da cobertura vegetal (CDBRASIL, 2010).

Foi feita a correção geométrica da imagem SAR com a finalidade de minimizar suas distorções topográficas, através do aplicativo ASF MapReady 1.0, disponível para *download* na rede mundial de computadores (<http://www.asf.alaska.edu/aadn/>). No processo de conversão para coeficiente de retroespalhamento (σ°), foram utilizados modelos digitais de elevação do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizados com resolução espacial de 90 metros na página eletrônica da NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>).

O georreferenciamento das cenas se embasou em imagem geocover 2000, produto este resultante da mosaicagem de imagens Landsat ETM+, com resolução de 14.25 metros, ortorretificadas e corrigidas geometricamente com modelos digitais de terreno. Essas imagens pertencem ao projeto GEOCOVER elaborado pela NASA disponíveis para *download* no site <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Para abranger a área total do município, foi necessária uma cena do satélite ALOS/PALSAR e mosaicagem de duas cenas do Landsat.

As bandas da imagem Landsat utilizadas no trabalho foram as 3, 4 e 5 e empregadas na composição RGB respectivamente. Já as polarizações HH e HV do sensor PALSAR foram trabalhadas individualmente. Todos os processamentos de imagens foram executados no *software* ENVI 4.5.

Para a distribuição das amostras na tentativa de se obter um valor espectral padrão das classes, foi considerada a variação da resposta espectral visual dos alvos, a cana-de-açúcar ficou representada por duas classes Figura 2.

Na primeira fase do trabalho, foi feita a interpretação visual das imagens SAR e óptica, em seguida foram coletadas 30 amostras de cada representação da biomassa das classes em análise, mata e cana-de-açúcar a partir da imagem Landsat. As amostras de coeficientes de retroespalhamento e de valores digitais foram representadas por 50 pixels cada por meio da função de definição de regiões de interesse (ROIs), disponível no *ENVI*.

Posteriormente foi realizada análise estatística utilizando o valor médio e de desvio padrão da resposta espectral das amostras e finalmente a análise gráfica dos resultados obtidos.

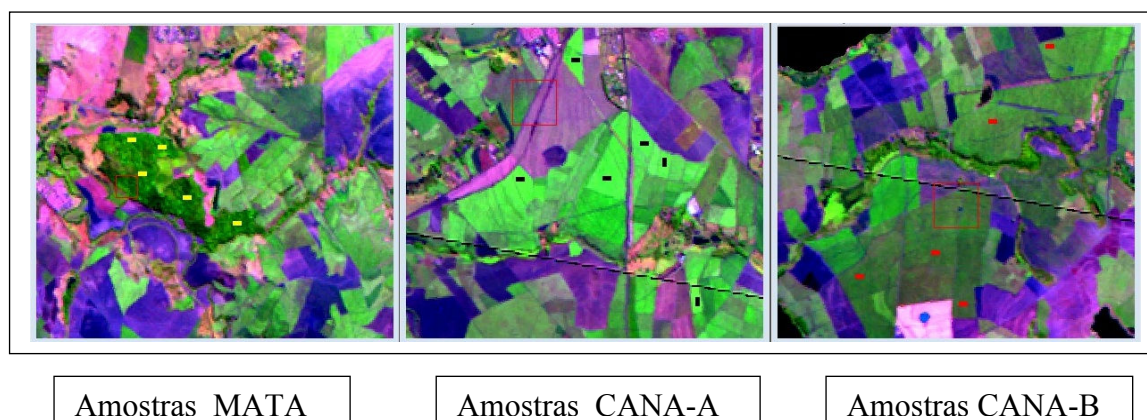


Figura 2 – Composição colorida do Landsat TM, bandas 3, 4 e 5 (RGB-345), com localização das amostras coletadas para mata e cana com dois padrões espectrais distintos.

Na Figura 2 a CANA_A possui tonalidade mais clara na composição colorida utilizada, enquanto a CANA_B apresenta tonalidades mais escuras na mesma composição. Essa diferença pode ser decorrente de datas de plantio diferentes de variedades distintas ou do manejo de solo e irrigação.

3. Resultados e Discussão

Nas Figuras 3, 4 e 5, são mostrados os padrões típicos de resposta espectral da cana e da mata nas imagens SAR e TM.

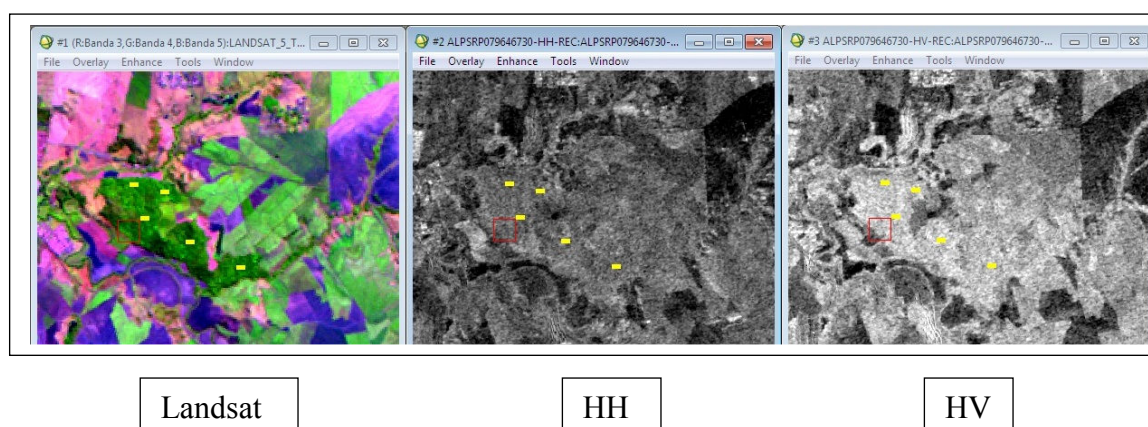


Figura 3 – Padrão de resposta espectral da classe MATA nas imagens Landsat e imagens do PALSAR nas polarizações HH e HV.

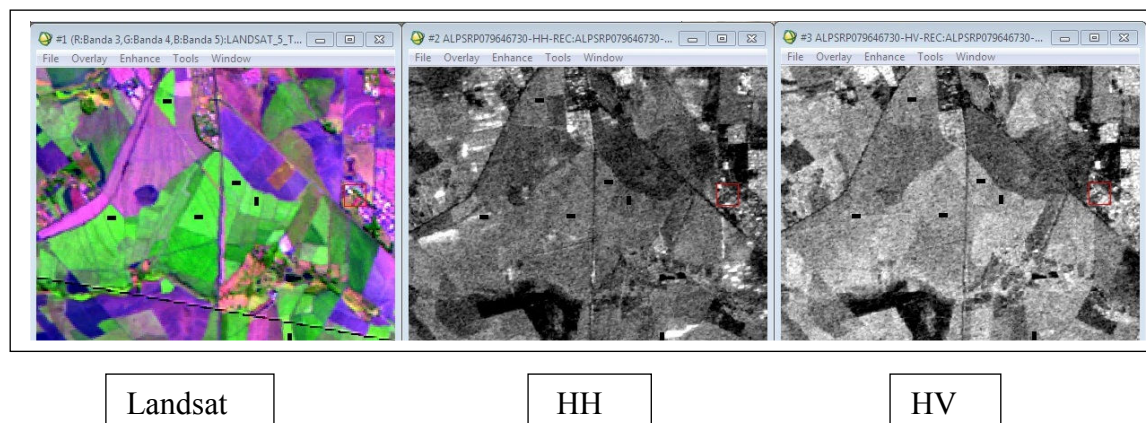


Figura 4 – Padrão de resposta espectral da classe CANA_A nas imagens Landsat e imagens do PALSAR nas polarizações HH e HV.

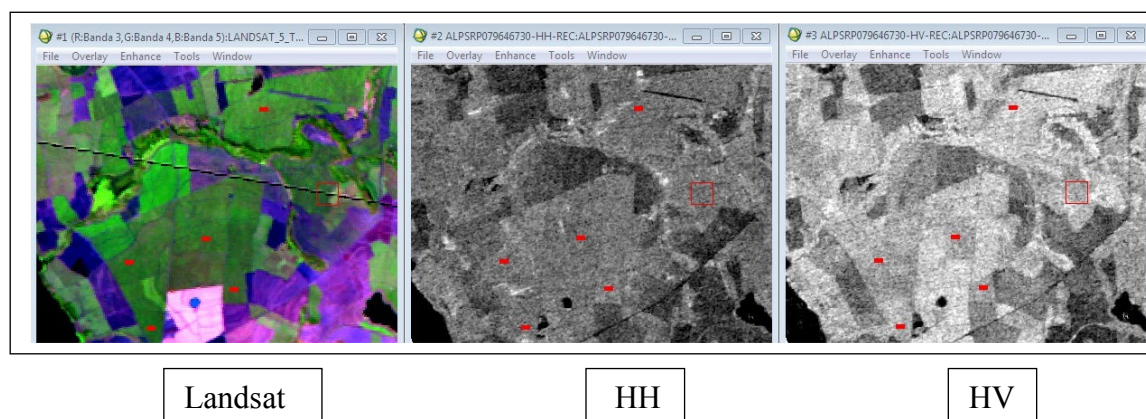


Figura 5 – Padrão de resposta espectral da classe CANA_B nas imagens Landsat e imagens do PALSAR nas polarizações HH e HV.

A Figura 6 ilustra o gráfico de dispersão comparando os valores médios espectrais obtidos nas 90 amostras coletadas nas polarizações HH e HV.

De uma forma geral, nota-se que não houve separação entre as três classes. Na polarização HH a variação entre os pontos foi muito pequena (σ° variando entre -5,3 dB a -10,0 dB) impossibilitando a separação entre as classes em análise, enquanto que a polarização HV mostrou-se mais pertinente, porém mesmo havendo uma concentração da grande maioria das amostras (42 pontos) de CANA_A + CANA_B entre -13,0 e -15,5 dB, 18 delas se misturaram com a MATA (σ° variando entre -9,0 dB a -12,9 dB).

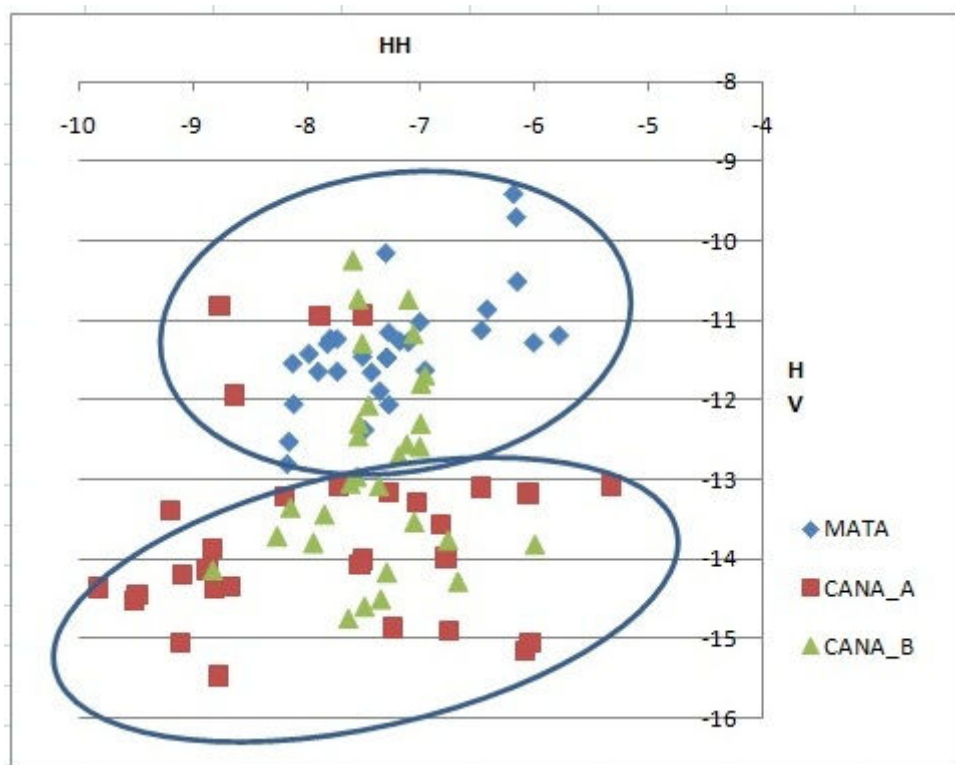


Figura 6 – Gráfico de dispersão das classes analisadas.

Com o intuito de homogeneizar os dados, foram eliminados pontos com maior discrepância a partir da média entre o máximo e mínimo dos valores obtidos, (Figura 7).

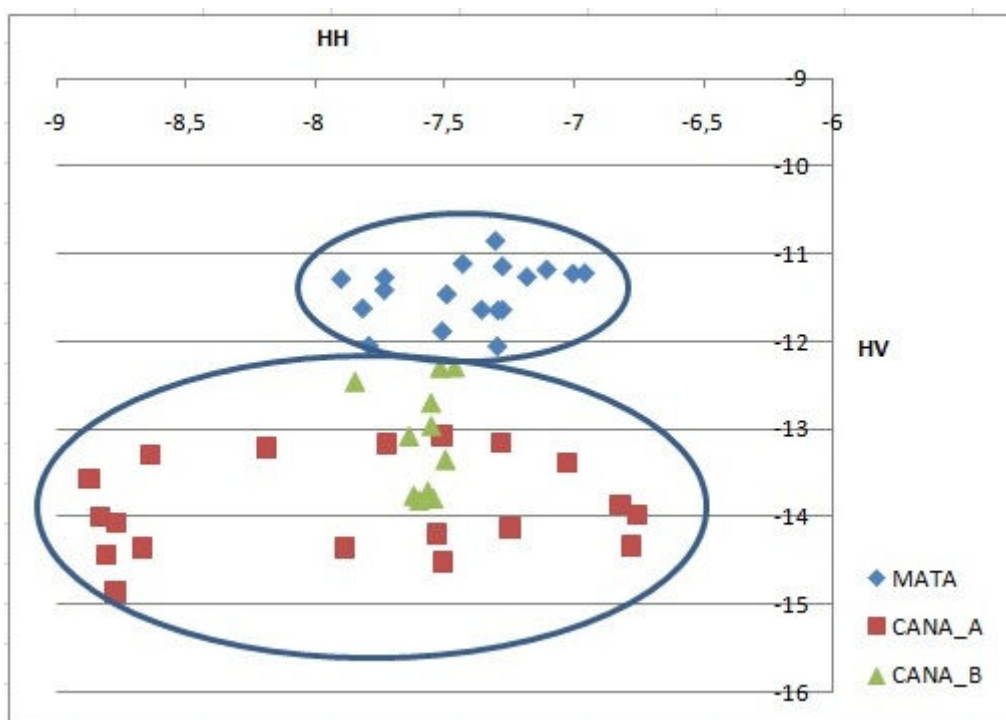


Figura 7 – Gráfico de dispersão das classes analisadas.

Na polarização HV, houve a separação entre dois conjuntos de classes: MATA (σ° variando entre -10,9 dB a -12,1 dB) e CANA_A + CANA_B (σ° variando entre -12,2 dB a -15,0 dB) onde os resultados apresentaram-se coerentes permitindo a melhor discriminação dos alvos. Na polarização HH, houve a separação de dois outros diferentes conjuntos de classes: CANA_A + CANA_B + MATA (σ° variando entre -6,7 dB a -8,0 dB) e alguns pontos de CANA_A (σ° variando até -9,0 dB). Portanto, pode-se concluir que, com o uso da polarização HH, evidencia-se a maior dificuldade em se obter informações sobre a estrutura da vegetação neste tipo de polarização.

No entanto, para se obter a separação das três classes consideradas, é preciso utilizar o uso combinado das duas polarizações.

Para ratificar os dados também foi feita análise estática com as 90 amostras a partir do teste de Kruskal-Wallis (Figura 8). A polarização HH apresentou $p= 0,0933$ afirmando a dificuldade da separação entre MATA e CANA com a ocorrência de uma sobreposição entre -7,4 e -7,6 dB, enquanto que a polarização HV evidencia a separação das classes com o retroespalhamento variando entre -11,0 dB a -11,5 dB da MATA e -12,5 a -14,0 dB das duas classes de CANA representada por $p= 0,0000$.

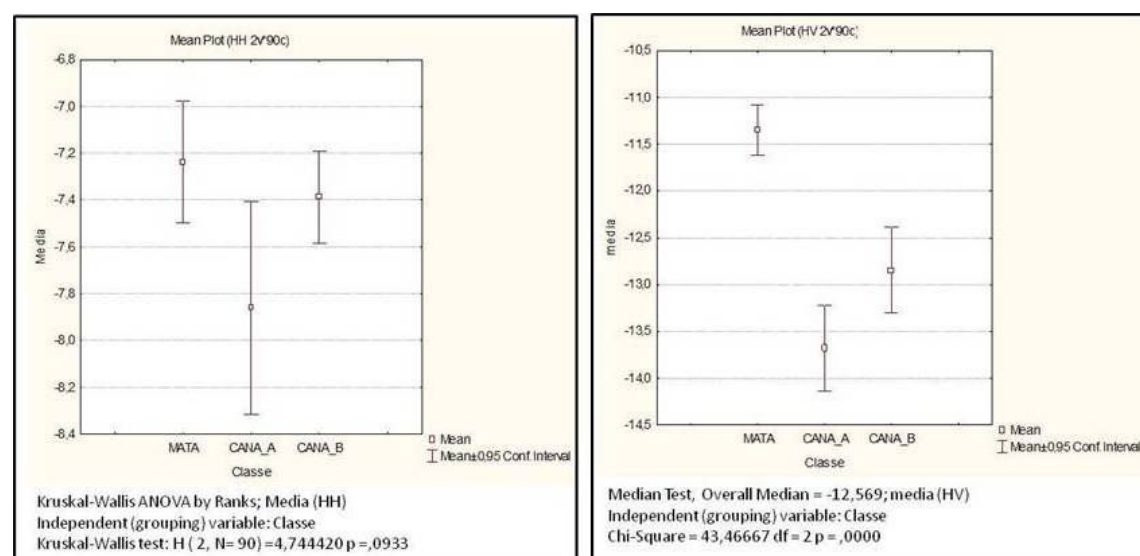


Figura 8 – Gráficos estáticos das polarizações HH e HV respectivamente.

4. Conclusão

Por operar em comprimento de onda de 23cm a banda L do sensor Palsar penetra mais profundamente no dossel das plantas resultando num maior retroespalhamento volumétrico, interagindo no conjunto de todos os componentes da biomassa.

A polarização cruzada HV por possuir transmissão da energia na horizontal e recepção na vertical aplicada ao mapeamento de plantio da cana-de-açúcar proveu mais informações devido à cana possuir estrutura na vertical, fazendo com que o retroespalhamento fosse maior comparado à polarização paralela HH.

Levando em consideração as características dos alvos que influenciam na obtenção dos dados pelos radares como geometria, rugosidade e constante dielétrica, é possível relacionar a diferenciação dos resultados entre as classes CANA_A e CANA_B às peculiaridades de cada talhão de cana como estágio de desenvolvimento, data de plantio, variedade e irrigação.

Os resultados obtidos na pesquisa foram satisfatórios devido à separação espectral das classes cana-de-açúcar e mata ser possível na polarização HV possibilitando assim a continuação do trabalho, onde serão analisados classificadores do *ENVI* com o objetivo de mapear áreas de cana-de-açúcar através de imagem de radar do sensor Palsar.

Agradecimentos

Agradeço a orientação do prof. Sano e a colaboração dos analistas ambientais Daniel Freitas e Rodrigo Souza integrantes do Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA.

Referências bibliográficas

Camara, G.; Davis, C. Fundamentos de Geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 05 maio 2010.

CANASAT. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>>. Acesso em: 10 set. 2007.

CDBRASIL. Imagens Landsat. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/landsat.htm> > Acesso em: 23 maio 2010.

IBGE. Imagens Alos/Palsar. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/alos/>>. Acesso em: 16 jan. 2010.

INPE. Imagens Landsat. Disponível em: <<http://dgi.inpe.br/CDRS/>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Medeiros, J.S.; Camara, G. **Geoprocessamento em projetos ambientais**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>> Acesso em: 05 maio 2010.

Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001. 262 p.

Péscio, A.R.M. **Mapeamento do uso e ocupação do solo do município de Jaú – SP a partir do SPRING e de Imagens CBERS** In: RECIFIJA/ Revista Científica das Faculdades Integradas de Jaú. v. 4, n. 1, 2007, Jaú /SP. 44 p.

Santos, E. M. Análise de Imagens do Satélite ALOS PALSAR (Banda L, Modo Polarimétrico) para Discriminação de Coberturas de Terras do Distrito Federal. Brasília DF, 2009. 78 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Geociências.

Santos, M.; Silveira, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. 7ª ed., Rio de Janeiro: Record, 2005. 474p.