

Agrupamento de unidades amostrais em Floresta Ombrófila Mista com uso de Índice de vegetação por diferença normalizada

Lúcio de Paula Amaral¹
Elódio Sebem¹
Natália Duarte Melos²
Alison Wolfart²
Gabrieli Dallaporta²
Luciano Farinha Watzlawick³

¹ Professores de nível técnico e superior em Geoprocessamento, Colégio Politécnico da UFSM.

CEP 97105-900 - Santa Maria - RS, Brasil
lpamaralengflorestal@gmail.com; elodiosebem@politecnico.ufsm.br

² Acadêmicos do curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, Colégio Politécnico da UFSM – Bolsistas do projeto de extensão GeoExtensão e do projeto de pesquisa GeoRemoto.

CEP 97105-900 - Santa Maria - RS, Brasil.
melosnatalia@gmail.com; wolfart.alison@gmail.com; gabrieli.dp@bol.com.br

³ Professor do curso de Agronomia e Engenharia Florestal, UNICENTRO

CEP 85040-080- Guarapuava-PR, Brasil.
farinha@unicentro.br

Abstract. The Mixed Ombrophilous Forest (FOM) is occupied by bamboo after their exploitation. This situation characterizes disturbance in the forest and can interfere in its structure. Remote sensing can be used to characterize the situation through the use of normalized difference vegetation index (NDVI). The objective of this study was to group sampling units which have similar dynamics of values for the NDVI due to the presence of bamboo in FOM. The study area is a FOM of 1153 ha, located in General Carneiro, PR, Brasil. For obtaining the NDVI was used Landsat image 5 (198409; 199407; 200407; 200910 and 201011) and 8 (201308; 201401 and 201401). Also been used 45 sampling units (ua) of a forest inventory conducted in the study area in 2009 (buffer of 50 m for central coordinate) as a reference point for obtaining NDVI values for each ua at all times. With these data we obtained the dendrogram by cluster analysis using Ward's method and euclidean distance as similarity measure. Four clusters were obtained, and the NDVI, in the periods in which the bamboo was dead, influenced the formation of the largest clusters (group 2 and 4). It is concluded that the bamboo, living or dead, influences the behavior of the NDVI in FOM, and the materials and methodologies used were appropriate to the objectives of the work.

Palavras-chave: Floresta com araucária, taquara, análise multivariada, Sensoriamento Remoto

1. Introdução

O uso das geotecnologias vem crescendo em grande escala no monitoramento de recursos naturais, principalmente ao se tratar de planejamento e gestão de áreas florestais (SANTOS et al, 2012). O Sensoriamento Remoto, segundo Meneses e Almeida (2012), é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio de detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. Ciência essa, cuja sua contribuição é significativamente importante para obtenção de informações atualizadas e de boa qualidade, característica que proporcionalmente está relacionada ao tipo de sensor utilizado. O sensor é qualificado pela sua capacidade de obter medidas detalhadas da energia eletromagnética, e considera-se ideal dependendo do tipo de aplicação, portanto, deverá ser escolhido com cautela. As características dos sensores estão relacionadas com as suas resoluções (espacial, temporal, espectral e radiométrica) (MORAES, 2002).

Entende-se por resolução espacial, a capacidade do sensor distinguir objetos, indicando o tamanho do menor elemento na superfície individualizado pelo sensor. A resolução espectral é a largura espectral que o sensor opera, ou seja, é o intervalo espectral no qual são realizadas as medidas, quando maior for o número de medidas em um determinado intervalo de comprimento de onda melhor será a resolução espectral. A capacidade do sistema sensor em detectar e registrar diferenças na energia refletida e/ou emitida pelos elementos que compõe a cena é conhecida como resolução radiométrica. Por fim, a resolução temporal do sensor esta relacionada com a repetitividade que o sistema pode adquirir informações sobre o objeto (MOREIRA, 2005).

As imagens dos satélites Landsat são largamente aplicadas em estudos florestais. O Landsat 5, por exemplo, possui resolução espacial de 30 m e temporal de 16 dias, opera nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. O alcance de comprimento de onda fica entre 0,45 a 12,50 μm . Já o Landsat 8 possui resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 9; as bandas termais 10 e 11 possuem uma resolução de 100 metros; e a banda 8 (pancromática) possui uma resolução de 15 metros, também possui resolução temporal de 16 dias. O alcance de comprimento de onda fica entre 0,43 a 12,51 μm (NASA, 2013).

Tais produtos vêm sendo utilizados no estudo de florestas, tais como o trabalho realizado por WATZLAWICK et al. (2009), onde associaram às estimativas de biomassa e carbono dados de radiância e/ou reflectância de imagens de satélites, para obter melhor estimativas destas variáveis em Floresta Ombrófila Mista – FOM. Outro fator importante, é que o comportamento vegetacional ocasionada pela sazonalidade está estreitamente relacionado à dinâmica espectral, tornando possível seu monitoramento mediante o emprego de índices de vegetação (NORA et al.; 2010).

A gestão e planejamento dos recursos naturais, além da análise da degradação ambiental e outras finalidades, têm como importante mecanismo de estudo a análise da densidade da cobertura vegetal e sua espacialidade (MELO, 2008). Neste contexto, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), torna-se meio um dos meios pelo qual é possível obter a compreensão dos processos de degradação, pois retrata a realidade da cobertura vegetal da superfície terrestre, além de contribuir para trabalhos de planejamento ambiental.

Um dos principais problemas nos fragmentos florestais, após sua exploração e abandono, é a ocupação das clareiras por espécies indesejáveis como, por exemplo, as taquaras e/ou bambus (*Merostachys multiramea* Hackel; *Chusquea sp*), que inibem a regeneração de espécies arbóreas na FOM (SANQUETTA, 2007), sendo sua ocorrência uma das formas de evidenciar o distúrbio de origem antrópica nas florestas nativas (FRANCO, 2008; AMARAL et al., 2013a). Estas espécies podem interferir no estabelecimento e na sobrevivência dos elementos arbóreos e de outras espécies vegetais que deveriam ocupar as clareiras nas florestas (GUILHERME, 1999). Na região Sul do Brasil, quanto à ocorrência de taquaras, há predomínio nas formações de espécies do gênero *Merostachys*, bem representado pela espécie *M. multiramea*, que ocupa vastas áreas no Planalto Sul-Brasileiro (SMITH et al., 1981). Ainda segundo o autor, esta planta é subereta de 10 a 15 m de altura, com colmos de 3 a 4 cm de diâmetro, entrenós de 30 a 50 cm de comprimento, tendo em cada nó fascículos de muitos ramos, agrupados de forma densa e muito característica. Conforme Sanquetta et al. (2007) e Rossoto et al. (2007) o seu controle é necessário para promover a regeneração da floresta. Porém, isso exige que meios para mensurar o seu grau de ocupação na floresta sejam desenvolvidos.

O objetivo deste trabalho foi descrever o comportamento do NDVI em uma FOM com taquara, utilizando imagens de diferentes épocas para agrupar unidades amostrais de comportamento semelhante quanto à dinâmica deste índice influenciado pela presença de taquaras.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo foi um fragmento de FOM (IBGE, 2012), em General Carneiro, Sudoeste do Paraná apresentada na Figura 1. O fragmento possui 1.153 ha (92% da área total), constituindo a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Reserva Paisagem Araucária: papagaio-do-peito-roxo, propriedade pertencente à ONG Preservação, com área total de 1.254,92 ha. A sede da reserva está localizada na latitude 26°38'41,26760”S e longitude 51°22'16,26511” W. O clima da região é do tipo Subtropical Úmido Mesotérmico (*Cfb*), conforme classificação climática de Köppen, tendo os verões frescos e os invernos com ocorrência de severas geadas, não apresentando estações secas. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22 °C e a dos meses mais frios, superior a 18 °C (PARANÁ, 1987), com altitude variando de 1.200 a 1.300 m. O substrato geológico da região é formado pelo derrame de Trapp da formação Serra Geral (EMBRAPA/IAPAR, 1984). Ocorrem na região solos orgânicos e hidromórficos, com o predomínio de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (PARANÁ, 1987). As características topográficas dividem-se em plana, ondulada e montanhosa, sendo a última de maior predominância, segundo a classificação descrita em (EMBRAPA, 1999).

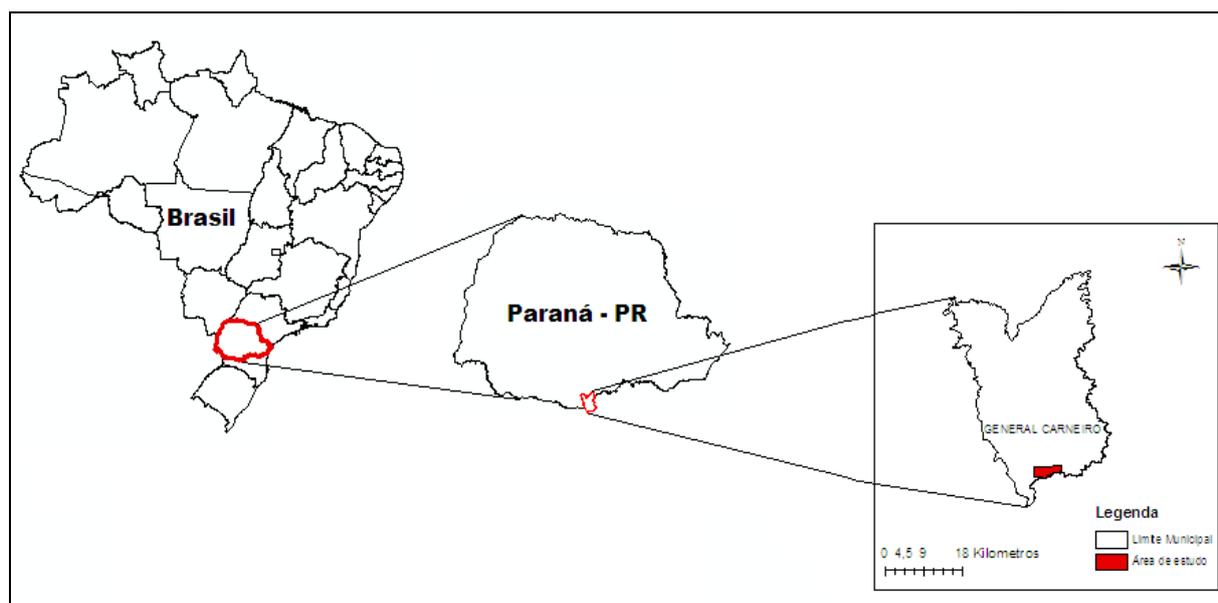


Figura 1. Localização geral do fragmento da FOM em estudo (Fuso 22 J, Datum WGS84)

Fonte: Adaptado de Amaral (2010)

2.2 Materiais

Foi utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, oito imagens dos satélites Landsat disponibilizadas pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, georreferenciadas no Datum WGS84 (*World Geodetic System From 1984*) com sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*). Cinco imagens do satélite Landsat 5 TM adquiridas em 22/09/1984, 16/07/1994, 11/07/2004, 13/10/2009, 01/11/2010 e três imagens do satélite Landsat 8 adquiridas em 05/08/2013, 28/01/2014, 1/03/2014. Utilizou-se também 45 unidades amostrais (ua) de 500 m² (10 x 50 m), do inventário florestal realizado em 2007 descritas em Amaral et al. (2010; 2013a, b). Os softwares utilizados foram o ERDAS IMAGINE 2013[®], para o cálculo do NDVI, o ArcGis Desktop 10.1[®], para obtenção de valores de NDVI na localização das ua, Microsoft Excel 2010[®], para organização dos dados e, *Statística 7*[®], para a realização da análise de cluster.

2.3 Métodos

As ua foram distribuídas regularmente de forma sistemática, com espaçamento entre 400 e 600 metros, localizadas com GPS de navegação com precisão posicional na ordem de 15 m. Na Figura 2 tem-se a representação da espacialização das ua.

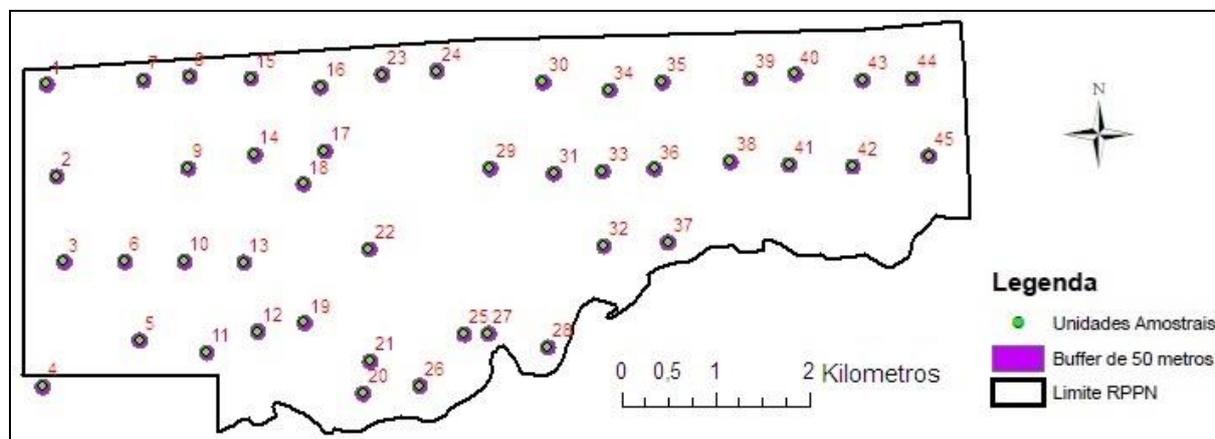


Figura 2. Espacialização das unidades amostrais na RPPN da Reserva Paisagem Araucária (Fuso 22J, Datum WGS84).

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é um índice utilizado principalmente em estudos de cunho ambiental, permitindo realizar análises em diversas escalas sobre a cobertura vegetal de uma determinada região. É uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores dos satélites, portanto, nada mais é do que o resultado da diferença entre a reflectância no infravermelho próximo e a reflectância do vermelho, dividida pela soma das duas reflectâncias. Essa equação gera um índice que poderá variar de -1 a 1. Dessa forma, Jensen (1996) descreve para o cálculo do NDVI a seguinte equação (Equação 1):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (1)$$

onde: **NDVI** é o índice de vegetação por diferença normalizada; **NIR** é a reflectância no comprimento de onda que corresponde ao infravermelho próximo; **R** é a reflectância no comprimento de onda que corresponde ao vermelho.

O cálculo do índice foi realizado no ERDAS IMAGINE 2013®, logo então, foi possível realizar o processo de estatística zonal pelo comando *Estatística Zonal como Tabela* do ArcToolBox no ArcGIS Desktop 10.1®, tendo como controle um buffer de 50 metros a partir das coordenadas das ua instaladas. Foram geradas tabelas com os resultados de cada cena, contendo valores médios de NDVI para o buffer de cada ua, sendo estas exportadas para arquivo de texto (.txt) e inseridas ao Microsoft Excel 2010®, que posteriormente foram importadas para o programa Statística 7®, onde foi realizada a análise de agrupamento hierárquico (Cluster), utilizando o método Ward e a distância euclidiana como medida de similaridade entre as ua. Nesta análise, as ua são consideradas objetos e os valores de NDVI, obtido para cada época (diferentes cenas) foram as variáveis descritoras dos objetos a serem reunidas em agrupamentos homogêneos (HAIRR Jr. et al., (2005; FERREIRA, 2008).

3. Resultados e Discussões

Os resultados de NDVI obtidos para as diferentes épocas estão especializados na figura 3. Os valores obtidos estão de acordo com os descritos por Gurgel et al. (2003) para FOM, sendo de 0,45 a 0,78.

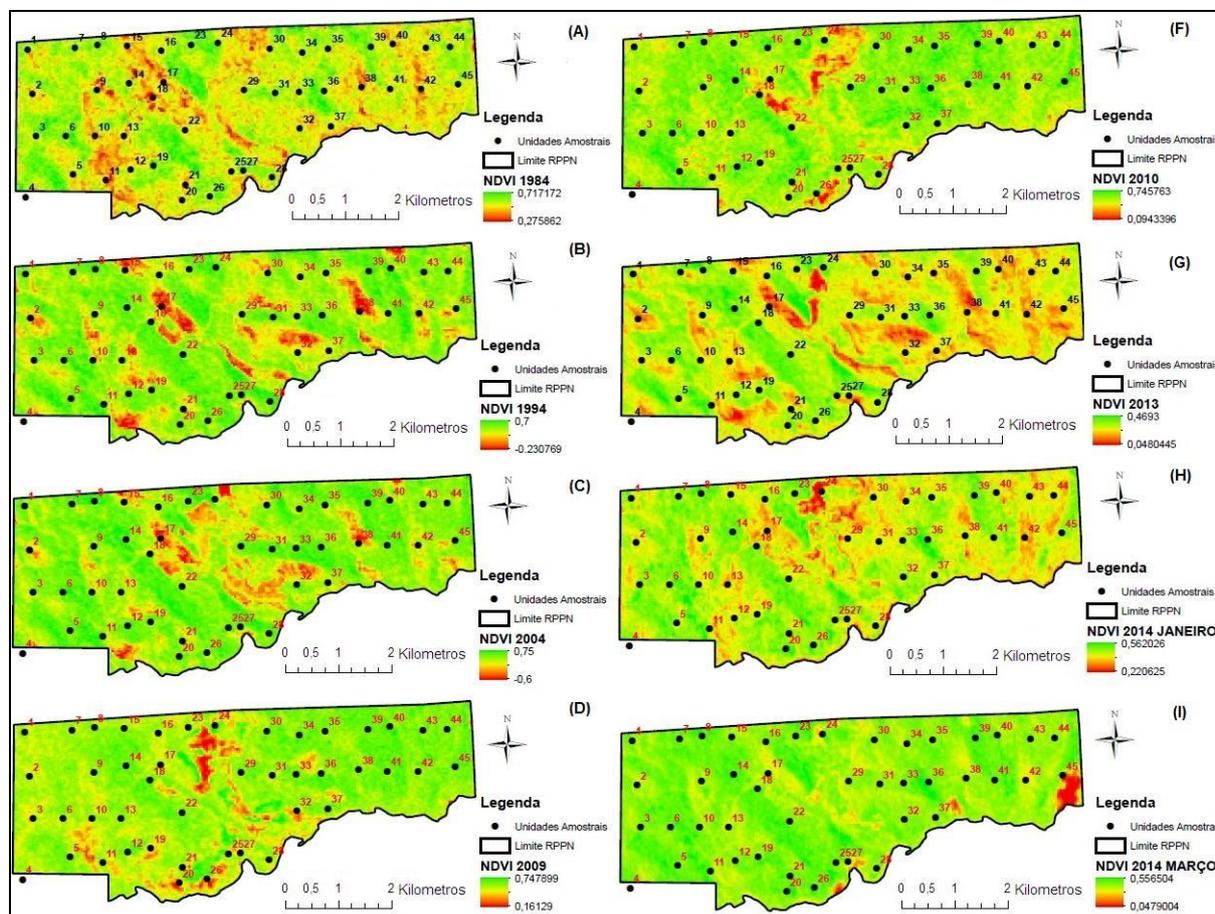


Figura 3. NDVI obtido para as diferentes épocas de análise na RPPN da Reserva Paisagem Araucária

Os valores de NDVI obtidos nas parcelas foram mais elevados e apresentaram maior amplitude no período entre 1984 e 2010. Após 2010, os valores foram menores e tiveram menor amplitude (Figura 4). Esse comportamento pode ter sido causado pelo comportamento da taquara na FOM, uma vez que conforme a floresta tenha sido explorada nas décadas de 1980 e 90 (AMARAL, 2010), foram geradas condições de infestação por taquaras (*Merostachys multiramea* Hackel; *Chusquea sp*), devido a abertura de clareiras e entrada de luminosidade no solo da floresta, sendo estas condições já conhecidas e bem descritas na literatura (ROSSOTO et al., 2007; SANQUETTA et al., 2007; FRANCO, 2008; AMARAL, 2010; AMARAL et al., 2013a,b).

Destas décadas até 2010, as taquaras estavam vivas e continham biomassa verde para justificar os valores de NDVI observados, mediante intensa ocupação das clareiras. A partir de 2009 teve início a mortalidade da taquara, fechando o seu ciclo de desenvolvimento de aproximadamente 30 anos, causando a queda dos valores de NDVI, devido a exposição dos colmos mortos e secos. Este comportamento foi similar ao observado por Carvalho (2010), que relacionou os menores valores de NDVI para a taquara morta, em estudo realizado na Floresta Amazônica no Acre. Em 2013 foram observados os menores valores de NDVI (Figura 3.G e Figura 4), onde os colmos secos de taquara provavelmente estavam acamados

sobre o solo e, portanto, mais exposto. Posteriormente os valores de NDVI aumentam, devido ao fato das clareiras estarem sendo ocupadas por vegetação arbustiva e, também, pela própria regeneração da taquara, tanto pela germinação de sementes produzida no final de seu ciclo de vida, quanto pela regeneração vegetativa, a partir de raízes presentes no solo.

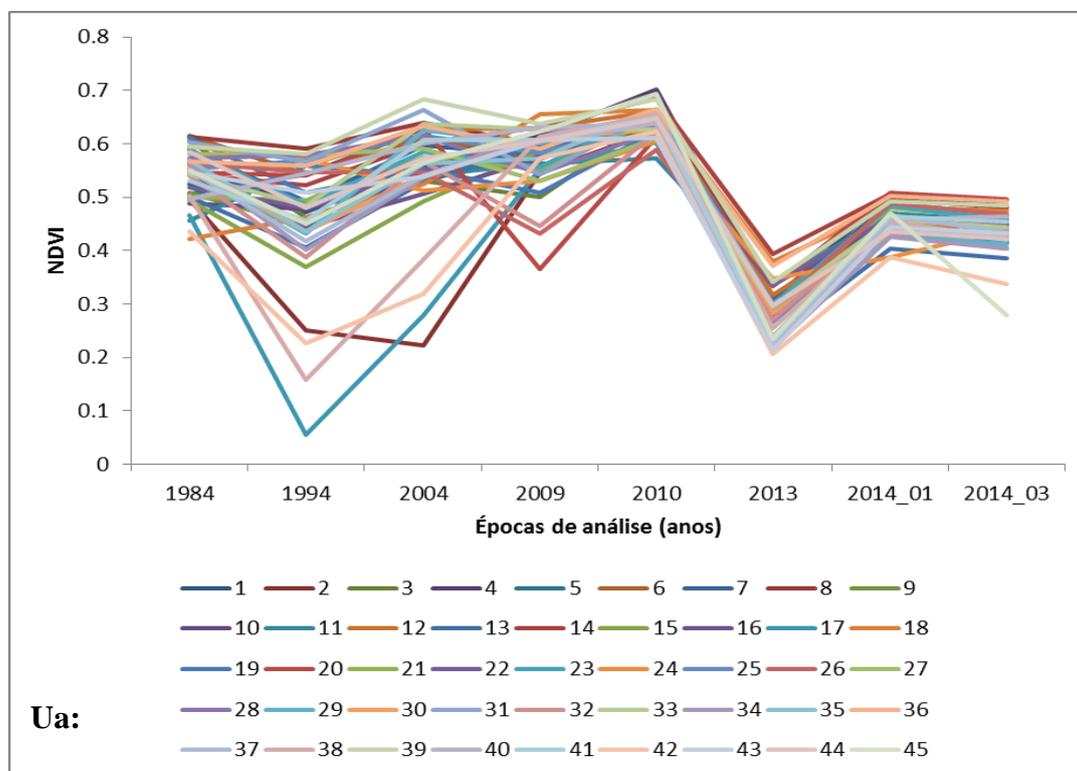


Figura 4. Variabilidade dos valores de NDVI obtidos nas unidades amostrais para as diferentes épocas de análise na RPPN da Reserva Paisagem Araucária.

A menor distância de ligação, ou seja, a maior similaridade do comportamento do NDVI, foi obtida para as ua7 e 23, sendo de 0,03, seguidas das ua 10 e 36, com distância de 0,50. Já as ua 1 e 10, apresentaram a maior distância de ligação com as ua 38, 17, 42 e 2, ou seja, a menor similaridade no comportamento do NDVI, sendo de 2,26 (Figura 5). No dendrograma gerado foi inicialmente obtido dois agrupamentos, formados pelo 1º Corte no dendrograma (na metade da distância de separação entre os grupos mais discrepantes), sendo um maior, contendo 41 ua, e um menor, contendo 4 ua. Este menor grupo chama a atenção pelo baixo número de unidades reunidas. Já no 2º Corte, feito a critério do pesquisador, foram observados 4 agrupamentos. O grupo 1 foi o menor grupo obtido e abrange as ua onde se tem os menores valores de NDVI para os anos de 1994 e 2004 (característica mais evidente). O grupo 2 foi formado pelas ua que apresentaram os maiores valores de NDVI em 2010. Já o grupo 3 foi formado pelas ua que apresentaram os menores valores de NDVI em 2009, sendo o segundo menor agrupamento obtido. O maior agrupamento gerado foi o grupo 5, contendo 21 ua, as que continham os menores valores de NDVI em 2013 e 2104 (Figura 5). Desta forma, o NDVI devido ao comportamento da taquara morta na floresta, influenciou a formação dos maiores agrupamentos na análise de cluster.

Como complemento a este trabalho, e visando a aplicação dos resultados obtidos, sugere correlacionar o comportamento do NDVI e seu agrupamento, com outras variáveis da FOM, tais como número de árvores, número de espécies, biomassa, carbono, diversidade, dentre outras, utilizando essas variáveis para caracterizar distintas zonas dentro do fragmento, a fim de estabelecer de forma precisa, intervenções, visando seu manejo e/ou sua preservação.

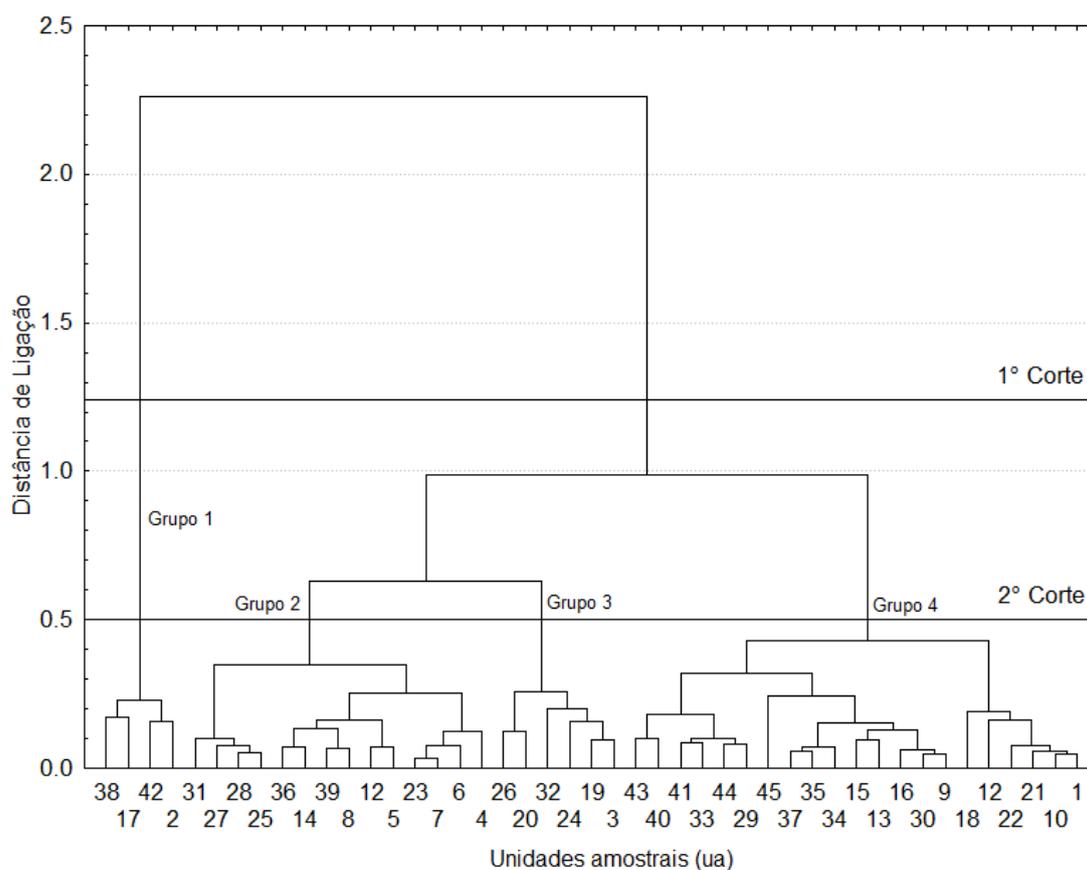


Figura 5. Dendrograma obtidos para as ua da Reserva Paisagem Araucária, mediante o comportamento do NDVI.

4. Conclusões

Conclui-se que a presença de taquara, viva ou morta, influencia na dinâmica de comportamento de NDVI na FOM. A análise de Cluster foi sensível a esta dinâmica, ao agrupar as ua de comportamento semelhante em quatro grupos distintos. Desta forma, os objetivos do trabalho foram alcançados e, os materiais e metodologia utilizada foram adequados para este fim.

Agradecimentos

Agradecemos ao Colégio Politécnico da UFSM, pelo incentivo à pesquisa e financiamento às bolsas e recursos do Projeto de Pesquisa 031509, GeoRemoto v. 1.0 - Coleta e processamento de informações obtidas remotamente.

Referências Bibliográficas

AMARAL, L. P. **Geostatística na caracterização do solo e da vegetação em Floresta Ombrófila Mista.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava, 2010.

AMARAL, L. P. et al. Variabilidade espacial do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Florestalis**, v. 41, n. 97, p. 83-93, 2013b.

CARVALHO, A. L. **Ciclo de vida de populações de bambu (*Guadua* sp.), no tempo e no espaço, no sudoeste da Amazônia.** Dissertação (mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Programa de Pós - Graduação em Ciências de Floresta Tropicais. Manaus, 2010.

NORA, E.L.N. et. al. **Análise da dinâmica sazonal de fitofisionomias de Floresta Estacional Decídua e Floresta Ombrófila Mista com base em índices de vegetação NDVI – EVI/MODIS**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE, 2010. p. 001- 007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – EMBRAPA/IAPAR. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina, 1984. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FRANCO, A. M. S. **Estrutura, diversidade e aspectos ecológicos do componente arbustivo e arbóreo de uma Floresta Estacional, Parque Estadual do Turvo, Sul do Brasil**. 2008. 82 p. Tese (Doutorado em Ciências: Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GUILHERME, F. A. G. **Efeitos do regime de inundação e de bambus na dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua no sul de Minas Gerais**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Ambiental) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2003.

HAIR JÚNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate Data Analysis**. 5. ed. Prentice-Hall, 1998. SANT’ ANNA, A. S.; NETO; A. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. São Paulo: Bookman/Artmed. tradução, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012. 275p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

LATIN, J. M.; CARROLL J. D.; GREEN P. E. **Análise multivariada de dados**. Cenage Learning: São Paulo, 2011.

MELO, E. T. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília: Brasília, 2002. 276p.

MORAES E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, 2002. 23p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed., UFV: Viçosa, 2005, 320 p.

NASA, *National Aeronautics and Space Administration*. **Landsat Data Continuity Mission: Continuously Observing Your World**. 2013. Disponível em: <http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html>. Acesso em 14 jul. 2014.

PARANÁ, Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Floresta. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba, 1987, 73p.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CÔRTE, A. P.; SALZMANN, A. M.; VULCANIS, L. Dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná sob influência de taquaras. **Revista Ambiência**, v. 3, n. 1, p. 65-78, 2007.

SANTOS, A. R. **Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais**. Alegre: CAUFES, 2012, 249 p.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com Araucária utilizando imagens do satélite Ikonos II. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 169-181, 2009.