

Índices Espectrais de Vegetação Aplicados no Parque Nacional do Itatiaia

Monika Richter¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹
Danielle Rodrigues Medeiros¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Avenida Brigadeiro Trompowsky CCMN – Bloco I - sala 12 – Ilha do Fundão - RJ
mrichter84@hotmail.com; cmad@ufrj.br; medeiros@yahoo.com.br

Abstract. Products from digital image processing play considerable role in provision information about the landscape patterns at a range of spatial and temporal scales. One of these products, the spectral vegetation index (IVs), has been applied to analyze and compare differences in sensitivity to vegetation cover condition. Therefore the present study checked the potential of some IVs as a landscape ecosystem diversity indicator. It also accounts for an easy and rapid follow up of the vegetation cover state, showing its importance as it yields results for places quite difficult to reach. The case study was conducted at the Itatiaia National Park, once it shows considerable phytophysionomies and ecosystem diversity associated in several abiotic conditions, such as: microclimate, shaded relief, aspect relief, elevation, slope, drainage proximity, concluding that the MVI7 was the most appropriated index to distinguish these formations. It's relevant to emphasize that this index without atmospheric correction based on the dark object model showed better results in the study area instead of what most of the consulted bibliography recommended.

Palavras-chave: spectral vegetation index, digital image processing, vegetation, índice espectral de vegetação, processamento digital de imagens, vegetação.

1. Introdução

Os mapeamentos resultantes de processamento digital de imagens (PDI) ou da interpretação de aerofotos são fundamentais para a análise dos padrões da paisagem, espaciais e/ou temporais. No entanto, a classificação digital, técnica de PDI mais utilizadas para o mapeamento temático da cobertura vegetal e uso do solo, segundo CROSTA (1992), causa uma certa perda da informação contida na imagem original, já que se trata de uma simplificação considerável frente a enorme complexidade existente na mesma.

Assim sendo, uma técnica alternativas de PDI para a extração de informações relativas à cobertura vegetal e seu estado de conservação são os índices espectrais de vegetação, que surgiram após investigações desenvolvidas a fim de quantificar e qualificar o dossel a partir de dados espectrais. O principal objetivo era diminuir o volume de dados a serem processados, explorando o potencial do contraste entre algumas bandas.

Os índices de vegetação (IVs), mais comumente utilizados em estudos de ecossistemas florestais são o NDVI e o SR (*Simple Ratio*) – razão simples - (FASSNACHT *et al*, 1997; AMARAL *et al*, 2000; BAWA *et al*, 2002) e o SAVI (MACIEL *et al*, 2003). Algumas pesquisas sugerem também a inclusão de bandas do infravermelho médio para se obter melhor performance dos índices. Essa possibilidade foi pesquisada por PONZONI e SOUZA (1998), que propuseram dois índices avaliados (MVI5 e MVI7), adotando apenas bandas do infravermelho, concluindo que os mesmos são sensíveis à detecção de retirada de volume de madeira em florestas plantadas. Recentemente FREITAS (2004) e RICHTER (2004), obtiveram através do MVI5 correlações substanciais a altas com parâmetros estruturais de formações florestais nativas, ao contrário do NDVI.

No entanto, o que se observou junto à bibliografia consultada é que a performance dos índices em relação às características biofísicas é variada, tendo sido pesquisado por FOODY *et al* (2003) a questão da transferência de resultados. Este autor, concluiu, em amplo estudo realizado com florestas tropicais da Malásia, Brasil e Tailândia, que resultados satisfatórios obtidos em um local não foram bem sucedidos em outros.

O objetivo do presente trabalho foi o de testar a aplicação de alguns IVs disponíveis, tendo como área de estudo o Parque Nacional do Itatiaia (PNI), uma vez que apresenta fitofisionomias que variam de campestres a florestais, em distintas condições físicas (altitude, declividade, orientação e morfologia de encosta, microclima e etc), podendo seus resultados, serem replicados para outras regiões próximas à área de estudo que também apresentem relevo montanhoso, destacando-se o Parque Nacional da Bocaina e a APA da Mantiqueira.

2. Metodologia de Trabalho

O processamento digital da imagem foi realizado com cena do LANDSAT 7 ETM⁺ em formato Geotiff, da órbita 218, ponto 075 datada de 26 de junho de 2000. Após o recorte da imagem e a correção geométrica procedeu-se à correção atmosférica pelo método CHAVEZ modificado (1988) e à conversão dos dados digitais (níveis de cinza/NC) em valores físicos, realizados no sistema SPRING/INPE por meio de programação em linguagem Legal.

Em seqüência foram aplicados alguns índices disponibilizados no software IDRISI: NDVI, SAVI (utilizando-se três valores para a constante L: 0.25 - indicado para alta densidade de vegetação, 0.5 - mais usual e 0.75 - mais indicado para baixa densidade de vegetação) e MSAVI2. Além desses IVs já consagrados, foram testados três novos índices propostos por PONZONI & SOUZA (1998), que observaram haver maior sensibilidade das bandas 2, 5 e 7 do *Landsat* às alterações no volume de madeira. São eles: GNDVI; MVI-5 e o MVI-7.

Para avaliar o potencial dos índices na diferenciação das classes de vegetação encontradas no PNI (mapa de uso do solo e cobertura vegetal gerado por RICHTER, 2004), cada índice, calculado utilizando as bandas com (CA) e sem correção atmosférica (reflec), teve os seus valores extraídos por classe através do comando *Analysis/Statistic/Extract* do IDRISI. Com as médias obtidas, analisaram-se os índices mais ajustados à identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal. Por fim, verificando-se o índice de melhor desempenho, foi realizada uma avaliação no sentido de minimizar a interferência do contato entre classes com o comando *Analysis/Statistic/Sample* do IDRISI, quando 5.000 pontos foram dispostos aleatoriamente por todo o mapa temático. Posteriormente, as classes foram individualizadas e, realizado um cruzamento de cada uma com o arquivo de pontos, obtendo-se assim, arquivos com os pontos separados por classe. A última etapa compreendeu a extração dos valores do índice selecionado de cada arquivo de pontos/classe, visando a comparação deste resultado (média do índice por ponto/classe) com o anterior (média do índice para toda a classe).

3. Resultados

Os índices aplicados no geral responderam as diferenças de densidade de vegetação de dois dos ecossistemas que mais se destacam no PNI: campestres e florestais, demonstrando que quanto mais alto o valor, maior a densidade da vegetação. Observou-se também que os calculados utilizando bandas do visível (a exceção do GNDVI) e do infravermelho próximo apresentaram amplitudes maiores quando se realizou a correção atmosférica (CA).

Dentre os resultados obtidos, o que chama a atenção é o fato do índice SAVI, mesmo utilizando diferentes valores para a constante L (0.25, 0.50 e 0.75), apresentar comportamento semelhante ao NDVI, variando somente nos valores. Desses índices, cabe acrescentar que o MSAVI2 com correção atmosférica superestimou a densidade de vegetação, destacando-se uma alta saturação nas áreas florestadas, enquanto que o GNDVI, assim como o NDVI e o SAVI, principalmente com as bandas corrigidas, também superestimaram a cobertura vegetal, menos que o primeiro, mas ainda com altos valores para as áreas com pouca vegetação, além das com predomínio de rocha exposta.

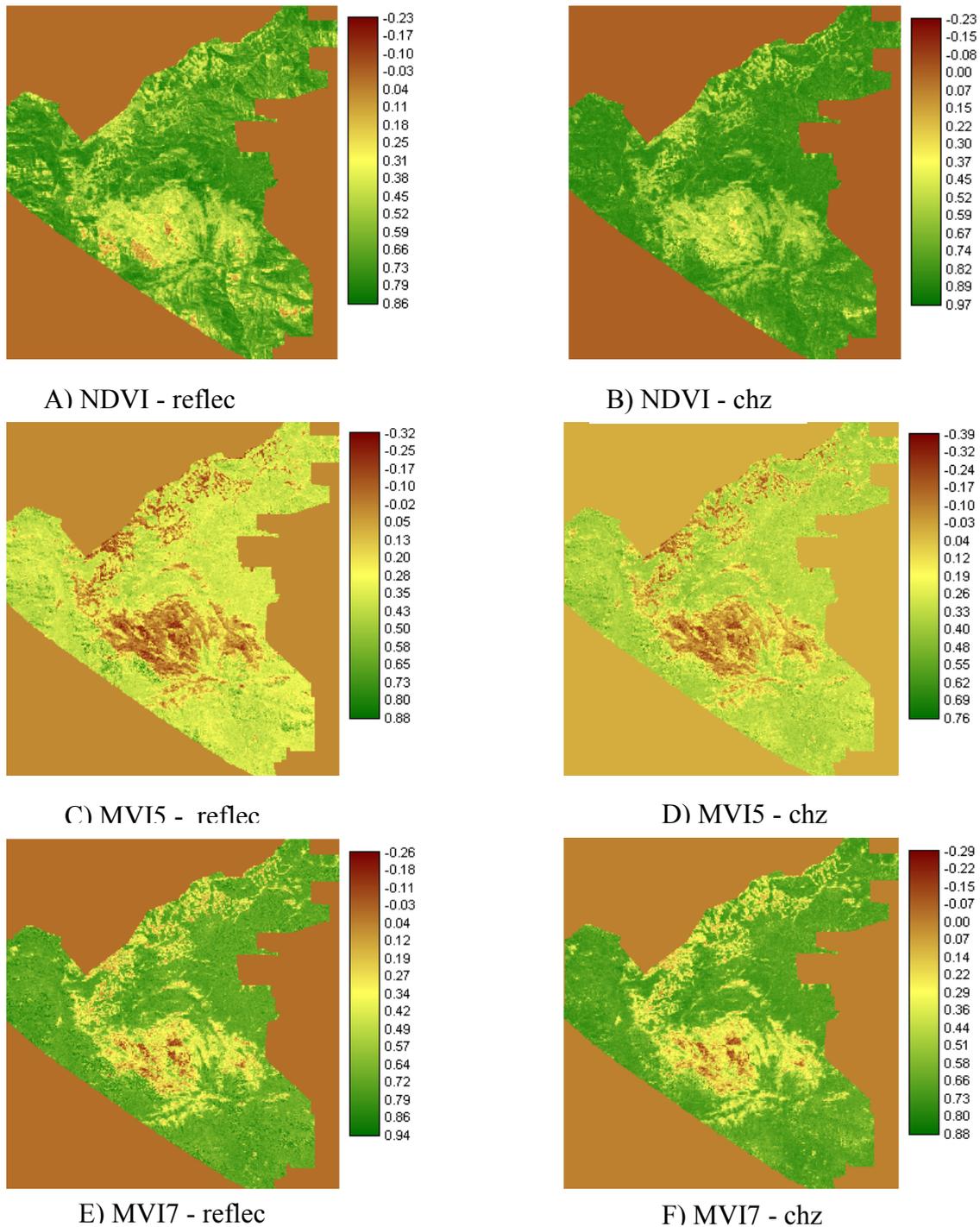


Figura 1) Alguns Índices Espectrais de Vegetação Aplicados no PNI: A e B) NDVI; C e D) MVI-5; e E e F) MVI-7

Com relação aos que utilizam apenas as bandas do infravermelho, também foram sensíveis na diferenciação das áreas com maior ou menor cobertura vegetal, porém observou-se que suas amplitudes são menores quando se realizou a CA, assim como no GNDVI, ao contrário dos anteriores.

O MVI5, com e sem CA, apresentou valores inferiores aos demais índices (Figura 1 C e D), com resultados negativos para os campos de altitude o que, segundo a bibliografia, representaria a ausência de vegetação, não sendo o caso. Já o MVI7, aparenta ter sido o mais ajustado, com valores maiores para as florestas, médio/baixo para os campos e pastagens, e

baixo ou negativo para as áreas com predomínio de rocha exposta (Figura 1 E e F). Dessa forma, em uma investigação preliminar e apenas visual, este parece ser o mais adequado.

3.1 Cruzamento com o Mapa de Uso

Em seguida, foram calculadas as médias dos índices referentes a cada uma das classes de cobertura vegetal.

Confirmando a análise preliminar, as variações do SAVI tiveram o mesmo comportamento do NDVI, apenas com valores superiores proporcionais aos da constante L. Verificou-se ainda que as médias foram maiores conforme aumenta o porte da vegetação até a classe Capoeirinha, depois decrescem à medida que a Floresta se adensa. Isso se explica provavelmente pela influência do sombreamento em função da arquitetura do dossel, sendo que sem a correção atmosférica essa diferença se acentua.

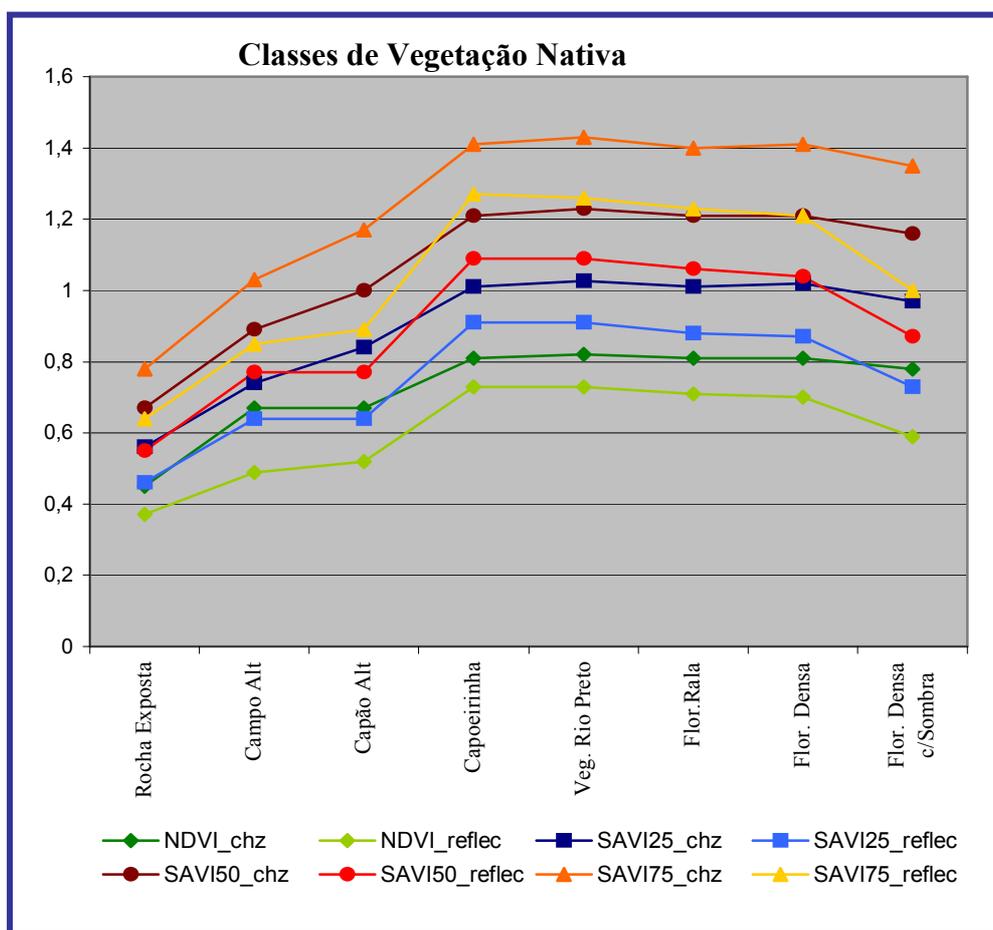


Gráfico 01) Comportamento dos IVs NDVI e SAVI em relação às classes de vegetação nativa do PNI

As médias encontradas para o Capão de Altitude diferenciam-se das demais classes de floresta, apresentando valores muito próximos dos campos de altitude, nos índices sem CA, e um pouco mais altos nos com CA, mas muito abaixo da Capoeirinha. Neste caso, a mais forte e provável influência é da Rocha Exposta já que rodeando esses Capões normalmente encontram-se grandes blocos de rocha.

No gráfico 02, as curvas se referem ao comportamento de índices alternativos, a exceção do MSAVI2 que pouco diferenciou as classes, apresentando intervalos de valores muito próximos, assim como o GNDVI com CA, que também usa o contraste de uma banda do visível com uma do infravermelho próximo. Este último teve sua curva semelhante ao NDVI

para as classes florestais, ou seja, os valores reduzem à medida que o porte da floresta aumenta.

Assim sendo, a partir da análise dos gráficos, concluí-se que os índices MVI5 e MVI7 com e sem CA, forneceram os melhores resultados em termos de distinção entre todas as classes de vegetação nativa, sendo a única exceção o valor médio do MVI7 para a classe floresta densa com influência de sombra que teve comportamento inverso com e sem CA.

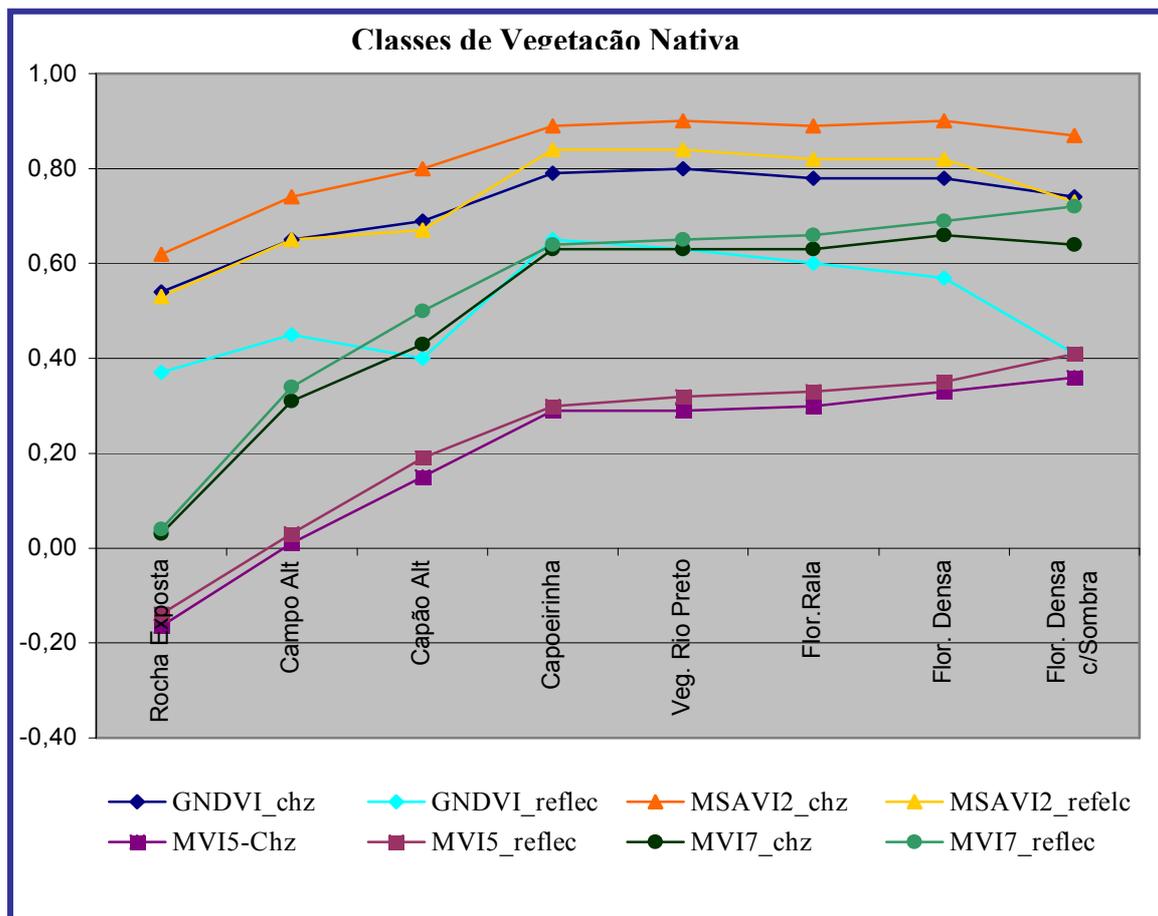


Gráfico 02) Comportamento gráfico dos IVs GNDVI, GNDVI, MVI5 e MVI7 com relação às classes de vegetação nativa do PNI

3.2 Estatística descritiva básica dos índices

Além da análise visual preliminar e posterior construção de gráficos comparativos com as médias por classe, os índices MVI7 e MVI5, que apresentaram o melhor desempenho na diferenciação das classes, e o NDVI, por ser o mais difundido, foram também analisados segundo alguns parâmetros estatísticos básicos: média, desvio padrão e amplitude.

Nota-se que os comportamentos são bastante distintos, porém com algumas semelhanças com relação às seguintes amplitudes: (i) áreas sombreadas - no geral foram altas, o que pode ser explicado pelo fato da razão de bandas ser uma forma de minimizar as diferenças nas condições de iluminação de uma cena (CROSTA, 1992), ou seja, nessas áreas foram detectadas outras classes, o que justifica as médias mais altas; (ii) floresta rala com amplitudes também elevadas, provavelmente pela interferência de rocha exposta comum no PNI. (iii) campos de altitude que apresentam um mosaico considerável de ambientes (TORRES, 2002) causando a grande variação nos valores máximo e mínimo; e (iv) reflorestamento, com a menor amplitude e desvio padrão, para todos os índices; pelo fato de

ser apenas uma mancha e rodeada por florestas, não apresentando variabilidades interna e nos contatos.

Tabela 01) Parâmetros estatísticos calculados a partir dos valores do MVI5 com e sem CA para cada classe de uso do solo e cobertura vegetal

Classe	MVI5 - chz			MVI5 - reflec		
	Média	Amplitude	Des. Padr.	Média	Amplitude	Des. Padr.
Rocha Exposta	-0.16	0.47	0.07	-0.14	0.47	0.07
Solo Exposto	0.09	0.50	0.13	0.11	0.52	0.13
Pastagem	0.00	0.79	0.13	0.02	0.81	0.13
Campos Alt	0.01	0.89	0.11	0.03	0.93	0.11
Brejo da Lapa	0.05	0.36	0.08	0.07	0.37	0.08
Ocupação Rarefeita	0.11	0.71	0.14	0.14	0.72	0.14
Capão Alt	0.15	0.68	0.12	0.19	0.72	0.12
Capoeirinha	0.29	0.67	0.01	0.30	0.66	0.11
Veg. Rio Preto	0.29	0.49	0.07	0.32	0.48	0.06
Flor.Rala	0.30	0.93	0.09	0.33	0.91	0.09
Flor. Densa	0.33	0.81	0.07	0.35	0.82	0.07
Flor. Densa c/Sombra	0.36	0.92	0.07	0.41	0.98	0.08
Reforest.	0.47	0.30	0.07	0.49	0.30	0.07

Tabela 02) Parâmetros estatísticos calculados a partir dos valores do MVI7 com e sem CA para cada classe de uso do solo e cobertura vegetal

Classe	MVI7 - chz			MVI7 - reflec		
	Média	Amplitude	Des. Padr.	Média	Amplitude	Des. Padr.
Rocha Exposta	0.03	0.69	0.11	0.04	0.66	0.11
Solo Exposto	0.39	0.65	0.14	0.39	0.60	0.15
Pastagem	0.32	0.82	0.14	0.34	0.88	0.15
Campos Alt	0.31	0.94	0.13	0.34	1.03	0.14
Brejo da Lapa	0.36	0.46	0.09	0.38	0.44	0.09
Ocupação Rarefeita	0.42	0.81	0.17	0.43	0.89	0.18
Capão Alt	0.43	0.90	0.15	0.50	0.91	0.14
Capoeirinha	0.63	0.82	0.12	0.64	0.85	0.12
Veg. Rio Preto	0.63	0.68	0.09	0.65	0.59	0.07
Flor.Rala	0.63	0.94	0.10	0.66	1.05	0.09
Flor. Densa	0.66	0.81	0.07	0.69	0.94	0.07
Flor. Densa c/Sombra	0.64	0.88	0.07	0.72	0.94	0.07
Reforest.	0.74	0.22	0.04	0.78	0.23	0.05

Com relação ao desvio padrão, a sombra teve o maior valor no MVI5 com e sem CA e no MVI7 com CA, e coeficiente de variação - CV (desv. padrão/média) em torno de 43%, o que demonstra significativa dispersão dos valores em torno da média, confirmando a observação anterior.

Finalizando, identificou-se que o MVI5 e o 7 se destacaram como os mais adequados na diferenciação dos ecossistemas/classes de vegetação do PNI, entretanto o MVI5 apresentou valores baixos, estando os campos de altitude próximos de zero, o que segundo a bibliografia, representariam áreas com praticamente nenhuma vegetação; e para as florestas valores entre 0.3 e 0.5, geralmente associados as formações campestres (MESQUITA JUNIOR, 1998). Portanto, o MVI7 foi considerado o mais indicado para a condição biofísica da área de estudo.

Tabela 03) Parâmetros estatísticos calculados a partir dos valores do NDVI com e sem CA para cada classe de uso do solo e cobertura vegetal

Classe	NDVI - chz			NDVI - reflec		
	Media	Amplitude	Des.Padr.	Media	Amplitude	Des. Padr.
Rocha Exposta	0.45	0.47	0.07	0.37	0.51	0.07
Solo Exposto	0.55	0.64	0.14	0.48	0.59	0.13
Pastagem	0.59	0.88	0.10	0.50	0.81	0.09
Campos Alt	0.59	1.12	0.08	0.49	1.04	0.08
Brejo da Lapa	0.56	0.38	0.08	0.49	0.33	0.07
Ocupação Rarefeita	0.61	0.86	0.16	0.52	0.79	0.15
Capão Alt	0.67	0.65	0.10	0.52	0.67	0.12
Capoeirinha	0.81	0.92	0.08	0.73	0.85	0.08
Veg. Rio Preto	0.82	0.39	0.07	0.73	0.59	0.11
Flor.Rala	0.81	0.92	0.07	0.71	0.86	0.09
Flor. Densa	0.81	0.95	0.06	0.70	0.84	0.06
Flor. Densa c/Sombra	0.78	0.97	0.08	0.59	0.89	0.12
Reflorest.	0.84	0.11	0.02	0.72	0.11	0.02

3.3 Comparação das médias dos valores do IV para a classe e pontos/classe

Os valores médios dos pontos/classes e por polígono/classe foram muito próximos, com pequenas variações nas classes brejo da lapa, vegetação do rio preto e capão de altitude, este último com a maior diferença, provavelmente em função de alguns pontos terem caído justamente na borda com a classe rocha exposta. A exceção foi para a classe solo exposto, que são cicatrizes causadas por deslizamentos de terra que ocorreram nas encostas declivosas do Parque em decorrência da elevada precipitação no período de chuvas. Esta classe apresenta considerável contato com a classe florestas, o que causa um aumento nos seus valores. Os resultados são apresentados no gráfico 03.

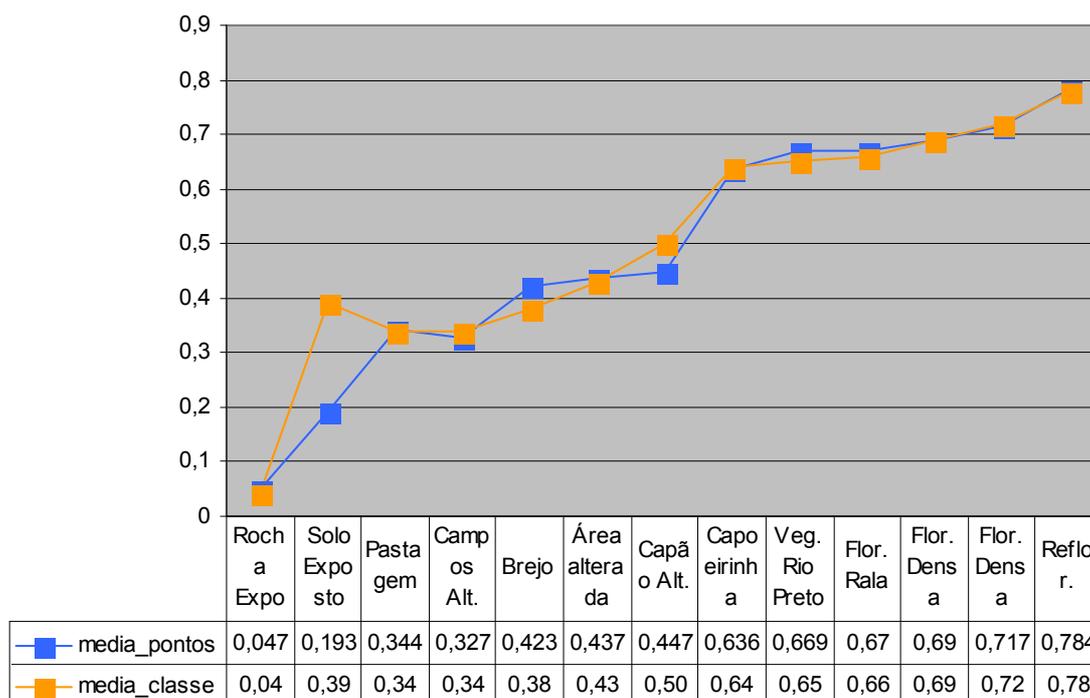


Gráfico 03) Comparação do comportamento do MVI7 reflectância - pontos aleatórios de cada classe e média da classe

4. Conclusões

Os resultados obtidos ressaltam o potencial da utilização dos índices espectrais de vegetação para a diferenciação das classes de vegetação encontradas no PNI. Dentre os avaliados, o mais ajustado foi o MVI7 por ter separado melhor as classes, e apresentar valores mais próximos à bibliografia, o que permite comparações.

Cabe destacar que o MVI7 sem correção atmosférica forneceu valores mais ajustados do que com a correção atmosférica realizada pelo método CHAVEZ modificado, apesar da bibliografia recomendar que esse procedimento seja feito, mesmo não sendo o modelo ideal.

5. Bibliografia

AMARAL, S.; SOARES, J. V.; ALVES, D. S.(1997) Relações entre índice de área foliar (LAI), área basal e índice de vegetação (NDVI) em relação a diferentes estágios de crescimento secundário na Floresta Amazonica em Rondônia. **Revista Selper**, v. 13, p. 35-39.

CHAVEZ, JR., P.S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment** 24: 459-479.

CRÓSTA, A.P. 1992. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. IG/UNICAMP, Campinas, 170p.

FASSNACHT, K.S., GOWER, S.T., MacKENZIE, M.D.; Nordheim, E. V. & LILLESAND, T. M. (1997). Estimating the Leaf Area Index of North Central Wisconsin Forest Using Landsat Thematic Mapper. In. **Remote Sensing of Environment**, 61. 229-245p.

FOODY, G.M., DOREEN S. B. & CUTLER, M.E.J., (2003), Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. In. **Remote Sensing of Environment**, 85, 463-474.

FREITAS, S. (2004) **Modelagem dos Padrões de Fragmentação Florestal na Bacia do Rio Guapiaçu/RJ**. Tese Doutorado, 365p. UFRJ/IGEO/PPGG. Orientadora: Carla Bernatdete Madureira Cruz

MACIEL, M.N.M.; LINGNAU, C.; SANQUETTA, C. R. & NETTO, S. P. (2003). Relações entre Variáveis Digitais de Imagem Landsat e Variáveis Biométricas de Uma Floresta Primária na Amazônia Oriental. In. **Anais do XI SBSR**, Belo Horizonte, 2791 – 2798p.

MESQUITA JUNIOR, H.N. (1998). **Análise Temporal com Sensor Orbital de Unidades Fisionômicas de Cerrado da Unidade Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP)**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, USP. Orientador: Marisa Dantas Bittencout. 103p.

RICHTER, M. (2004). **Geotecnologias como suporte ao planejamento e gestão de unidades de Conservação. Estudo de Caso: Parque Nacional do Itatiaia**, PPGG, UFRJ. Orientadores: Paulo Marcio Leal de Menezes e carla Madureira cRuz

SOUSA, C.L. & F.J. PONZONI. (1998). Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinus spp*. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE/SELPER, [on line] <<http://www.inpe.br/>> (acessado em 28/03/2001).

TORRES, K.R. 2002. **Estrutura, Dinâmica e Biogeografia das Ilhas de Vegetação Rupícola do Planalto do Itatiaia**, RJ. Tese de Doutorado, UFRJ/Instituto de Biologia. 116p.