



DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO VEGETACIONAL DO MUNICÍPIO DE BREJO DA MADRE DE DEUS, PERNAMBUCO, BRASIL, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO

Milena Dutra da Silva^{1*}
Josicleda Domiciano Galvêncio²
Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel³

Artigo recebido em 27/11/2008 e aceito para publicação em 25/03/2009.

RESUMO

O diagnóstico e monitoramento da dinâmica de ocupação vegetal, a partir das características das plantas, permitem avaliar a disponibilidade dos recursos naturais. Este trabalho objetiva analisar a cobertura vegetal utilizando processamento digital de imagem via satélite do município de Brejo da Madre de Deus, a fim de contribuir para o diagnóstico e monitoramento da vegetação. Imagem do satélite CBERS-2, sensor CCD, de 20 julho de 2007 foi processada e estimada a reflectância e o IVDN. Este último foi classificado para a determinação de áreas não-vegetadas e de fitofisiografias com vegetação rala, esparsa, vegetação/área de transição e densa. O comportamento espectral da vegetação foi influenciado pelo comportamento espectral do solo exposto. Aproximadamente 56% da área vegetada aumentou o vigor e a densidade vegetal com o aumento da altitude. A vegetação rala e esparsa ocupou, aproximadamente, 40% da área estudada. O diagnóstico disponibiliza informações iniciais que viabilizam o acompanhamento da alteração da biodiversidade vegetal em um município do semi-árido nordestino sob diversas ações antrópicas.

Palavra-chave: Reflectância, IVDN, fitofisiografia.

DIAGNOSIS OF THE VEGETATIONAL OCCUPATION OF “BREJO DA MADRE DE DEUS” MUNICIPALITY, PERNAMBUCO, BRAZIL THROUGH REMOTE SENSING

ABSTRACT

The diagnosis and monitoring of the dynamics of the vegetational occupation from the plant characteristics to permit evaluate the disponibility of the natural resources. This study aimed to analyze the plant covering using the digital processing of images through satellite of Brejo da Madre de Deus city to contribute to the diagnostic and monitoring of the vegetation.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Ciências Geográficas. Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. CEP 50670-901. (dutra_ms@yahoo.com.br).

² Professora da Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Geografia. (josicleda@pq.cnpq.br).

³ Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia/Botânica. (pimentel@db.ufrpe.br).

*Autor para correspondência.

Satellite CBERS-2 images, CCD sensor, 20 of July of 2007 was processed and the reflectance and the NDVI was estimated. The latter was classified to the determination of the no-plant areas and with scarce and sparse vegetation, transition area and dense phytophysiographies. The spectral behavior of the vegetation was influenced by the spectral behavior of the exposed soil. Approximately 56% of the area with vegetation enhanced the vigor and the vegetation density with high altitude. The scarce and sparse vegetation occupied, approximately, 40% of the studied area. The diagnostic informs the initials data that permit the monitoring of the alterations of the plant biodiversity in a country of the northeastern semi-arid under several antropic actions.

Keywords: NDVI, reflectance, phytophysiography.

INTRODUÇÃO

Nas condições geoambientais típicas da Depressão Sertaneja, encontra-se relevo predominantemente suave-ondulado com vertentes dissecadas, delimitando vales estreitos com vegetação de floresta úmida conhecida como Brejo de Altitude (VICENTE et al., 2003). Nesses vales, os platôs apresentam altitude entre 600 e 1100 m (VICENTE et al., 2003), propiciando condições favoráveis ao desenvolvimento de uma vegetação denominada brejo que possui características inerentes à mata atlântica e à caatinga (TAVARES et al., 2000).

A flora nativa da caatinga apresenta espécies vegetais com caracteres anatômicos, morfológicos e funcionais especializados para a sobrevivência destas plantas às condições adversas de clima e solo, típicos desta fisionomia. Possui 596 espécies já registradas, sendo 180 endêmicas, com densidade, frequência e

dominância determinadas pelas variações topográficas, tipo de solo e pluviosidade (DRUMOND et al., 2000). Esta fitofisionomia varia entre extremos, de uma caatinga hiperxerófila a uma floresta caducifólia (BRASIL, 2005).

A caatinga tem sido extensamente devastada, em consequência do uso insustentável de seus recursos naturais (LEAL et al., 2003). Para estes autores, este fato é agravado por se tratar de um ecossistema menos valorizado, uma vez que sempre foi considerado, equivocadamente, pobre em biodiversidade. A elevação do índice de alteração da vegetação nativa e a exploração exacerbada dos recursos naturais têm aumentado os riscos de desertificação nas regiões do semi-árido (BRASIL, 1991).

Os brejos podem ser classificados em florestas montanas (altitude > 600m) ou sub-montanas (altitude entre 100 a 600 m) variando de ombrófilas a estacionais (VELOSO et al., 1991), com variação florística determinada pelos fatores climáticos

(precipitação, temperatura e vento) e fisiográficos (orografia e efeito da continentalidade) (RODAL et al., 2005). Esta formação esteve exposta a uma intensa exploração predatória, inicialmente por apresentarem em sua constituição florística madeiras de alto valor comercial (FALCÃO, 2001). A exploração tem ocorrido até o presente e é intensificada pela prática de culturas que implicam a devastação de grandes áreas. Há registros de que as áreas de abrangência dessa formação vegetacional reduziram em 85%, restando apenas 2.626 km² dos 18.596 km² de brejo amostrados na década de 70 para o Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (FALCÃO, 2001). Estima-se que esta vegetação, ainda pouco conhecida (TAVARES et al. 2000), torne-se extinta em dez anos, caso políticas de conservação não sejam instauradas (FALCÃO, 2001).

Diante do exposto, faz-se necessário um maior acompanhamento do ecossistema Brejo e Caatinga, sobretudo acerca do conhecimento de sua cobertura vegetal, haja vista que esta informação contribui para o diagnóstico e monitoramento da dinâmica de ocupação vegetacional (GAMON et al., 1995), contribuindo, também, para o diagnóstico do ecossistema como um todo, possibilitando uma avaliação dos recursos naturais existentes. Estas informações podem ser obtidas através da interpretação

de imagens de sensores remotos, sobretudo através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), o qual indica a quantidade de biomassa verde, os parâmetros de crescimento e o grau de desenvolvimento da vegetação (JUNGES et al., 2007).

A estimativa de índices de vegetação é possível devido ao comportamento espectral característico da vegetação verde, com baixa reflectância nos comprimentos de onda do visível e alta reflectância nos comprimentos de onda do infravermelho próximo, otimizando a relação desses dados com os parâmetros físicos da vegetação (DAUGHTRY et al., 2000).

O IVDN é resultante da combinação dos valores de reflectância entre dois ou mais intervalos de comprimento de onda, sensíveis à quantidade e ao estado vegetacional em uma dada área imageada. Esta combinação de valores simplifica as informações referentes à vegetação, resumindo-as a apenas um valor numérico, possibilitando uma redução no volume de dados a serem analisados (JUNGES et al., 2007). Este índice também reduz os efeitos de diferença de iluminação, sombra, atenuação atmosférica e variação topográfica (HUETE et al., 2002).

Este trabalho objetiva analisar a cobertura vegetal utilizando processamento digital de imagens via satélite em uma área com vegetação de brejo e de caatinga, considerando a distribuição das plantas, em função da reflectância de seus componentes e

de valores de IVDN, a fim de contribuir para o diagnóstico e monitoramento da vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo – O município do Brejo da Madre de Deus está localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco (Fig. 1) ocupando 779,3 km², equivalentes a 0.79 % do Estado de Pernambuco. Está inserido nas Folhas SUDENE de Santa Cruz do Capibaribe e Belo Jardim na escala de 1:100.000 limitando-se, ao norte, com Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte; ao sul, com Belo Jardim, Tacaimbó e São

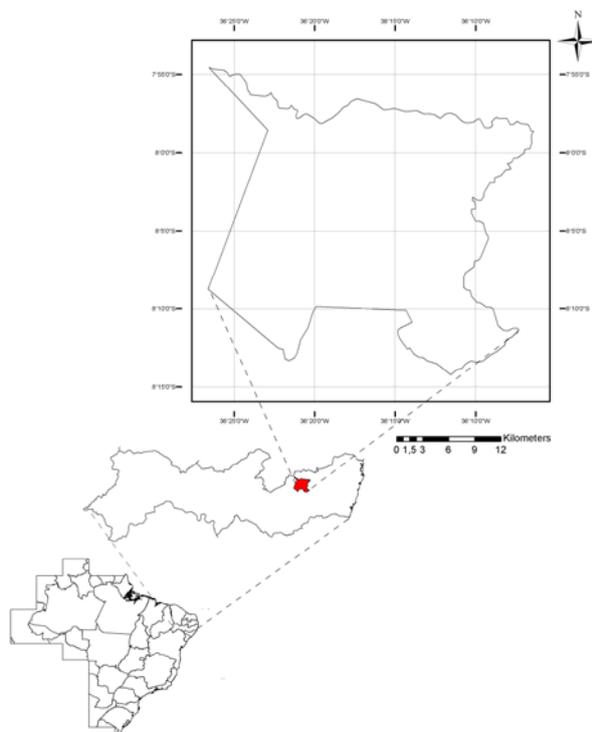


Figura 1. Localização do Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, Brasil.

Caetano; ao leste, com Caruaru e Toritama; e ao oeste, com Jataúba (BRASIL, 2005). Localiza-se entre as latitudes 07°50'S e 08°18'S e longitudes 36°05'W e 36°30'W. A altitude aproximada da sede do município é de 627 m distando 202,2 km da capital. O município apresenta vegetação de brejo e caatinga e encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BRASIL, 2005). A área apresenta Patamares Compridos e Baixas Vertentes, onde o relevo é suave ondulado, com Planossolos mal drenados, fertilidade natural média e problemas com acúmulo de sais; Topos e Altas Vertentes com solos Brunos não Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado com solos Podzólicos drenados, com fertilidade natural média e as Elevações Residuais com solos Litólicos rasos, pedregosos e fertilidade natural média (BRASIL, 2005). O clima é do tipo Tropical Semi-Árido com chuvas de verão; o período chuvoso tem início em novembro e término em abril, com precipitação média anual de 431,8 mm e; a temperatura média anual é equivalente a 22°C (BRASIL, 2005).

O mapeamento da cobertura vegetal foi realizado a partir da interpretação da carta topográfica elaborada pela III Divisão do Serviço Geográfico do Exército para a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (folhas SB.25-Y-C, SC.25-V-A, SB.24-Z-D e SC.24-X-B), carta

de vegetação em escala 1:100.000 (COMPASSO, 2004), e por meio de classificação visual de uma imagem multiespectral de 20 de julho de 2007 (período seco) do sensor CCD/CBERS-2, o qual apresenta parâmetros característicos de imageamento: as bandas CCD-1 (0,45 – 0,52 μm), CCD-2 (0,52 – 0,59 μm), CCD-3 (0,63 – 0,69 μm), CCD-4 (0,77 – 0,89 μm) e CCD-5 pan (0,51 – 0,73 μm) (INPE 2006); resolução espacial de 20 m e; resolução temporal de 26 dias, numa faixa de imageamento equivalente a 113 km (INPE, 2006).

Transformações matemáticas dos dados das bandas CCD-3 e CCD-4 do CCD/CBERS-2 foram utilizadas como indicadores sensíveis da presença de vegetação verde e referidos como índices da vegetação nessas bandas, seguindo critérios de Lourenço & Landim (2004).

A classificação dos tipos vegetacionais encontrados esteve fundamentada no mapeamento da vegetação de Pernambuco realizado por Silva Filho et al. (1998), projeto PNUD/FAO/IBAMA - Governo do Estado de Pernambuco.

Processamento digital de imagens de satélite – A imagem multiespectral do sistema CCD/CBERS-2 foi georreferenciada no sistema de projeção cartográfica Transversal Universal de

Mercator (UTM), coordenadas planas, com auxílio do programa ENV1 4.5. O processamento das imagens envolveu uma análise visual e estatística das características espectrais das bandas CCD-1, CCD-2, CCD-3 e CCD-4, separadamente. Para o mapeamento da cobertura vegetal foram geradas imagens com valores de reflectância para cada banda analisada. Estas imagens foram, então, empilhadas possibilitando o cálculo do IVDN para confirmação da distribuição e densidade vegetacional. Este cálculo foi efetuado através da fórmula definida por Turck (1979): $IVDN = (b_3 - b_4) / (b_3 + b_4)$, onde b_3 corresponde à reflectância da banda CCD-3 e b_4 corresponde à reflectância da banda CCD-4. Posteriormente foi realizada uma classificação multiespectral, de acordo com o intervalo de IVDN, modificado de Chuvieco (1990) (Tab. 1). Tal adaptação possibilitou a identificação de áreas não-vegetadas (áreas urbanas, solos desnudos e/ou corpos hídricos) e de fitofisiografias compostas por vegetação rala, vegetação esparsa, áreas de transição entre vegetação esparsa e densa (vegetação/área de transição) e áreas com vegetação densa.

Tabela 1. Intervalos de IVDN que definem classes da vegetação, modificados de Chuvieco (1990).

Fitofisiografias	Intervalo de IVDN
Áreas não-vegetadas	$\geq -0,156$ e $< 0,100$
Vegetação rala	$\geq 0,100$ e $< 0,200$

Vegetação esparsa	$\geq 0,200$ e $< 0,400$
Vegetação/área de transição	$\geq 0,400$ e $< 0,525$
Vegetação densa	$\geq 0,550$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, as fitofisiografias presentes no Município do Brejo da Madre de Deus apresentaram similaridades quanto ao comportamento espectral sob os intervalos de ondas às quais foram analisadas, com picos de reflectância na região do visível na faixa de comprimento de onda entre $0,45 - 0,52 \mu\text{m}$ (banda CCD-1), posterior absorção entre $0,52 - 0,59 \mu\text{m}$ (CCD-2), aumento discreto da reflectância no intervalo de onda entre $0,63 - 0,69 \mu\text{m}$ (CCD-3) e picos mais elevados na região do infravermelho próximo no comprimento de onda compreendido entre $0,77$ a $0,89 \mu\text{m}$ (CCD-4) (Fig. 2).

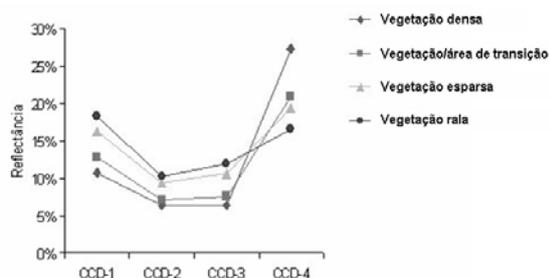


Figura 2. Comportamento espectral de fitofisiografias compostas por vegetação rala, esparsa, vegetação/área de transição e vegetação densa do Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, Brasil.

O comportamento espectral apresentado pela vegetação analisada,

quando comparado à assinatura espectral padrão da vegetação verde sadia estabelecida por Curran (1986), apresentou-se diferenciado revelando a influência da variação, principalmente, de caracteres intrínsecos à vegetação (clorofila e estrutura celular) e à topografia.

Os picos de reflectância apresentados pela vegetação são decorrentes do comportamento espectral na região do verde, onde a luz é absorvida em menor quantidade pelos vegetais do que nas regiões do azul e do vermelho, acarretando numa maior reflectância e aparência verde às folhas (VERBYLA, 1995; THIAM & EASTMAN, 1999), e na região do infravermelho próximo (KUMAR, 1974; CARRIELO et al., 2003).

Quando comparados entre si, os valores de reflectância emitidos pelas fitofisiografias imprimiram comportamento espectral com diferenças que possibilitaram a distinção das fitofisiografias dentre a totalidade de cobertura vegetal. De acordo com Goyot (1995), isto se torna possível devido ao fato da reflectância das coberturas vegetacionais estar intimamente relacionada às propriedades ópticas das plantas e a sua distribuição espacial, possibilitando essa distinção.

A vegetação rala apresentou os maiores valores de reflectância para as bandas CCD-1, CCD-2 e CCD-3, porém para a banda CCD-4 apresentou o menor valor quando comparada às fitofisiografias

estudadas (Fig. 2). A vegetação esparsa apresentou valores aproximados àqueles da vegetação rala para as bandas CCD-1, CCD-2 e CCD-3, distinguindo-se desta por ter demonstrado uma maior reflectância na banda CCD-4 (Fig. 2). A reflectância apresentada pela vegetação rala e a esparsa para a banda CCD-1 foi superior à assinatura espectral, apresentada por Curran (1986), para vegetação. Isto, provavelmente, é justificado por estas fitofisiografias terem o seu comportamento espectral permeado pela reflectância do solo por assemelhar-se ao comportamento espectral deste, posto que quanto menor a densidade vegetal maior a área de solo exposto à radiação de forma facilitada.

A vegetação/área de transição apresentou comportamento espectral paralelo e contínuo à vegetação esparsa, porém com valores inferiores de reflectância, tornando-se superior apenas na banda CCD-4. Provavelmente, tais valores apresentam-se superiores em decorrência da maior concentração de clorofila encontrada nesta fitofisiografia (KUMAR, 1974; GOEL, 1988; SIMS & GAMON, 2002).

O comportamento espectral da vegetação densa foi caracterizado pela detecção de uma menor reflectância para as bandas CCD-1, CCD-2 e CCD-3 e por apresentar o maior valor de reflectância para a banda CCD-4, quando comparadas

às demais formações vegetacionais (Fig. 2). Este comportamento possivelmente indica que, dentre as fitofisiografias estudadas, a vegetação densa possui a maior concentração de clorofila, uma vez que o comportamento espectral observado nessas zonas está intimamente relacionado à presença de pigmentação fotossintetizante, onde as fitofisiografias com maior concentração apresentam, também, uma maior absorção da radiação e, por conseguinte, uma menor reflectância (KUMAR, 1974; GOEL, 1988; SIMS & GAMON, 2002).

A análise comparativa entre imagens da banda CCD-3 e CCD-4 (Fig. 3A-B), com valores de reflectância, permite a observação de um comportamento espectral inverso entre estas. Na imagem da banda CCD-3 os menores valores estiveram relacionados aos pixels com alta densidade vegetal (Fig. 3A), enquanto que na imagem da banda CCD-4 (Fig. 3B), os valores mais baixos de reflectância foram detectados em pixels com reduzida cobertura vegetal. Os maiores valores de reflectância encontrados na imagem da banda CCD-3 (Fig. 3A) estiveram associados ao comportamento espectral de solos, sobretudo arenoso, e correspondente às áreas com menor nível de cobertura vegetal, alcançando nestes o pico de 0,239 de reflectância. Enquanto que na imagem da banda CCD-4 (Fig. 3B), os maiores valores foram detectados em áreas de maior densidade vegetal, chegando a 0,365 de

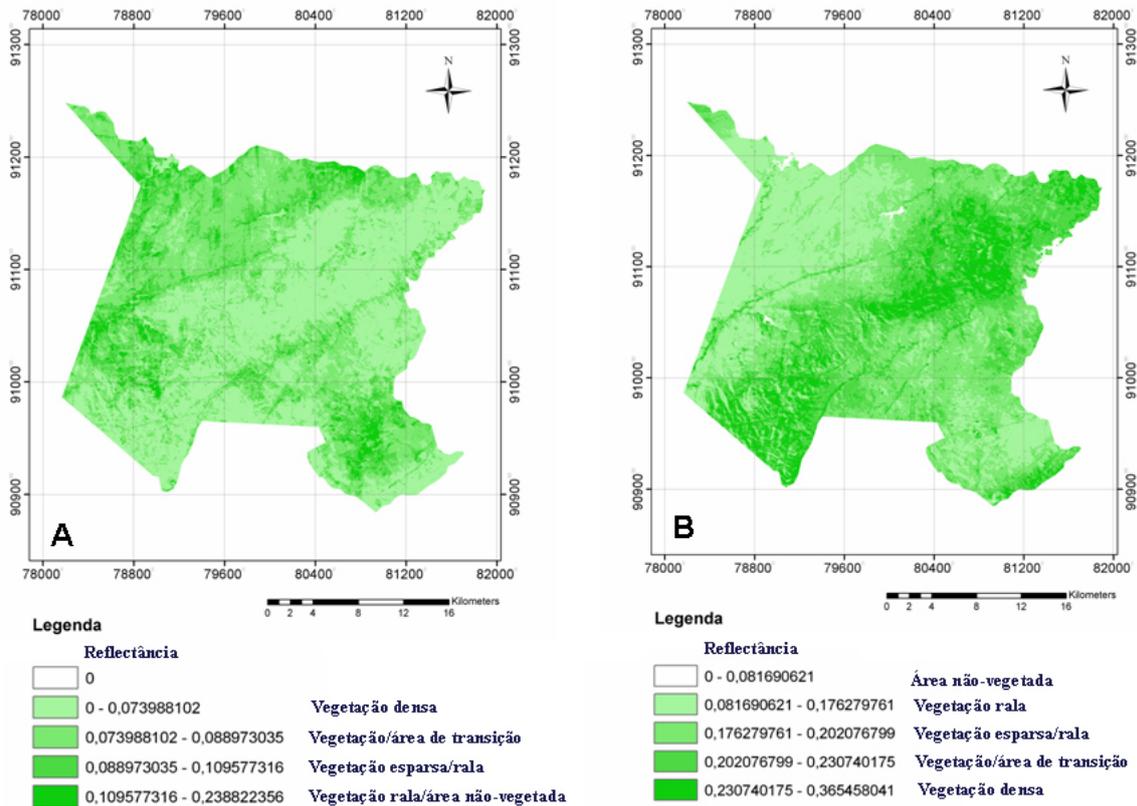


Figura 3. Imagem do satélite CBERS-2/CCD, com valores de reflectância do Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, em julho/2007. A. Banda CCD-3. B. Banda CCD-4.

de reflectância.

O aumento significativo da reflectância da vegetação estudada na faixa do infravermelho próximo, correspondente à banda CCD-4, é característico deste tipo de alvo e é fortemente influenciado pela estruturação anatômica foliar (KUMAR, 1974; CARRIELO et al., 2003), onde ocorrem múltiplas reflexões e refrações da radiação eletromagnética, em associação às descontinuidades entre os índices de refração ocorrentes nos espaços intercelulares e nas paredes celulares (MOREIRA, 2000; CARRIELO et al., 2003).

Coura et al. (2005) apontam que plantas com estruturação anatômica mais elaborada tendem a apresentar valores de reflectância superiores àqueles apresentados por plantas com uma estrutura celular mais simplificada e, por isso, tornam-se válidos para a distinção dos diferentes tipos de vegetação (HOFFER, 1978). O aumento dos espaços intercelulares, do tamanho de células e organelas e do número de estratos do tecido clorofiliano exerce influência direta sobre a reflectância, promovendo o seu aumento (SIMS & GAMON, 2002; CARRIELO et al., 2003). A partir dessas considerações pode-se justificar a diferença de reflectância emitida pelas

fitofisiografias inferindo que estas, provavelmente, apresentam plantas com estruturação morfoanatômica diferenciada. Por este motivo, é esperado que a vegetação densa apresente as características acima citadas mais acentuadas em relação àquelas encontradas nas demais fitofisiografias, visto que apresentou o maior valor de reflectância. A confirmação destas suposições só é possível após um estudo da morfoanatomia foliar das espécies que compõem estas fitofisiografias.

Além da influência dos caracteres morfoanatômicos, sobretudo foliares, o nível de densidade do dossel é apontado como fator relevante na estruturação do comportamento espectral vegetal (RANSON et al., 1986). Dosséis densos, quando comparados a dosséis com níveis inferiores de densidade, tendem a uma maior reflectância na região do infravermelho, com comportamento inverso na região do visível (RANSON et al., 1986).

A estimativa do IVDN mostrou os principais padrões de densidade vegetal (Tab. 1), possibilitando a identificação de categorias fitofisiográficas e da área ocupada pela vegetação. A imagem com valores de IVDN foi representada em cinco classes fitofisiográficas (Fig. 4A), para as quais se obteve uma classe correspondente às áreas

não-vegetadas (3,103 km², equivalente a 0,4% da área total), às áreas com vegetação rala (6,649 km², ocupando 0,8%), às áreas com vegetação esparsa (333,790 km², ocupando 42,85%), às áreas com vegetação de transição entre vegetação esparsa e densa (vegetação/área de transição, com 313,840 km², correspondentes a 40,26%) e às áreas com vegetação densa (121,90 km², equivalentes a 15,63 %). Esse diagnóstico é relativo ao período seco, considerando-se, portanto, que as áreas de abrangência fitofisiográficas apresentadas, sobretudo às áreas com vegetação rala e esparsa, podem demonstrar alterações durante o período úmido por se tratar de uma vegetação que modifica a quantidade de biomassa verde (folha) como uma adaptação ao clima semi-árido, apresentando maior densidade foliar e de indivíduos durante este período (BRINA,1998).

Em uma análise comparativa entre a estimativa de IVDN e os dados hipsométricos do município do Brejo da Madre de Deus (Fig. 4A-B), pode-se observar que as áreas com maior densidade e vigor vegetacional (0,400 a 0,600 de IVDN) estiveram relacionadas àquelas com maior altitude (500m a 1000m), ocupando 56% da área total. De acordo com Silva et al. (1998) nas referidas áreas os tipos vegetacionais predominantes são correspondentes ao Tipo Florestal AG 3 (vegetação arbustiva arbórea fechada), caracterizada por espécies com

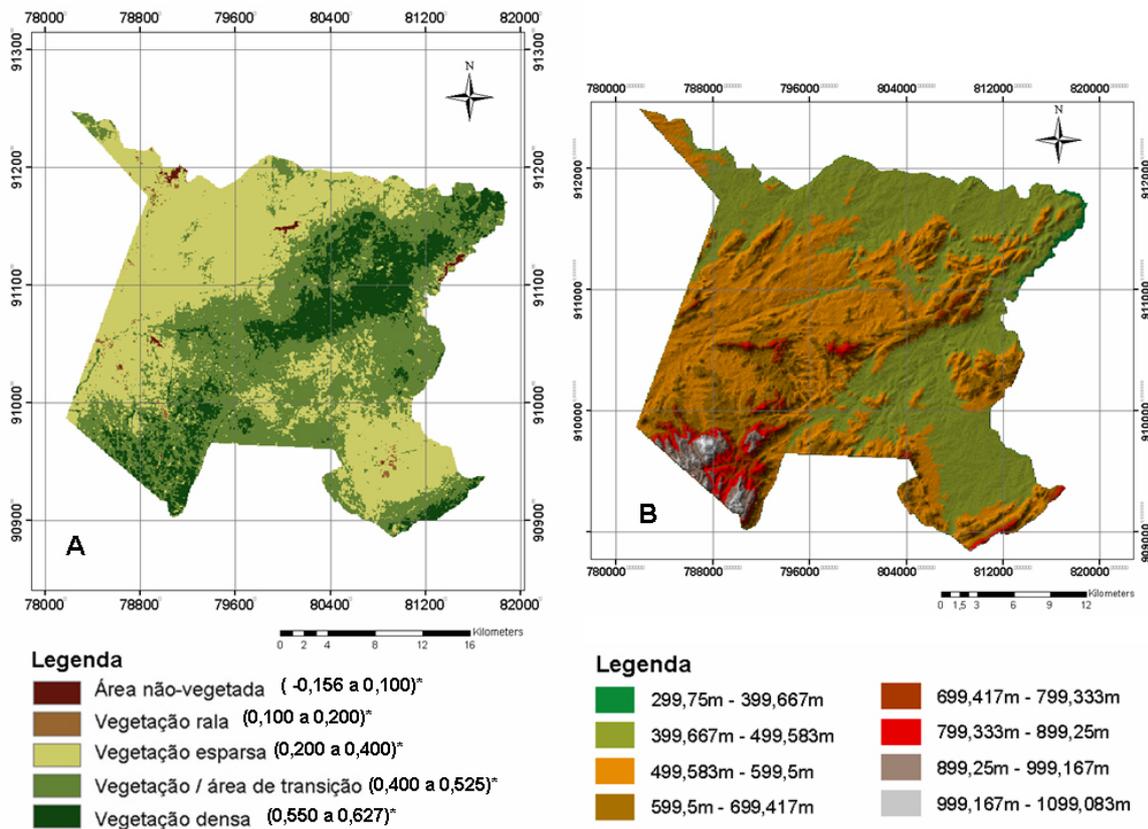


Figura 4. Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, em julho/2007. A. Distribuição fitofisiográfica a partir da classificação da imagem com valores do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). B. Distribuição de valores hipsométricos. *, intervalo de IVDN.

altura média de 4,0m e indivíduos emergentes de 7,0 m), entre 550 e 750m de altitude, e ao Tipo Florestal AG 4, “Brejo de Altitude”, com vegetação arbórea fechada, presença de alguns arbustos, altura média de 5,0m e emergentes com mais de 8,0m.

As demais fitofisiografias analisadas possuem uma organização menos densa, que aliadas, entre outros, às condições decorrentes da altitude (altitude igual ou inferior a 500m), apresentam uma configuração característica de vegetação de

caatinga, aproximadamente 40% da área estudada. Silva et al. (1998) afirma que nestas áreas a vegetação predominante é Tipo Florestal AG 2, caracterizada por apresentar uma vegetação arbustiva arbórea aberta (caatinga), com espécies caducifófilas de altura média de 3,0m e emergentes de 5,0m.

Estudos feitos por Campbell (1987) mostraram que os vários tipos de comunidades vegetais respondem de modo diferente com relação ao comportamento espectral e, por conseguinte, diferem quanto aos valores de IVDN. De acordo com

Lourenço & Landim (2004), em imagens com vegetação, o IVDN varia entre 0,100 e 0,600, com valores mais altos associados a um maior vigor e densidade da cobertura vegetal. Esta variação foi observada nas fitofisiografias analisadas, onde a discrepância de valores de IVDN apresenta-se como fator favorável à distinção entre classes vegetacionais, como afirmado por Silva et al. (2006). Além disto, faz-se possível a distinção entre a vegetação e as demais feições presentes na imagem (ROSA, 2003). É possível observar que: corpos hídricos apresentam reflectância maior na faixa do visível do que na faixa do infravermelho, gerando, assim, valores negativos de IVDN; o solo exposto ou com vegetação rala apresenta valores positivos de IVDN, porém com equivalência inferior aos valores de IVDN relativos às formações vegetacionais mais densas (SILVA et al., 2006). Estas características apresentadas por Silva et al. (2006) justificam a variação dos valores de IVDN encontrados neste estudo e validam a classificação fitofisiográfica adotada.

Silva et al. (2005), estudando vegetação de caatinga, observaram que a média de IVDN encontrada para esta vegetação equivale a 0,150, assemelhando-se ao IVDN encontrado em pixels com solo exposto. Para interpretação de vegetação de caatinga, a partir de dados de IVDN, é recomendável uma

maleabilidade nas análises e interação dos dados espectrais de outras feições, sobretudo solo exposto, devido à heterogeneidade vegetacional dos ambientes áridos (NYOKABI & LANEVE, 2004).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização da imagem do CBERS-2/CCD foi satisfatória para a análise da cobertura vegetal do Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, tornando-se possível, ainda, a detecção do comportamento espectral da vegetação, influência do comportamento espectral do solo exposto sobre este e a distinção de fitofisiografias presentes na vegetação a partir dos valores de IVDN.

Valores de IVDN associados aos valores de altitude possibilitam a quantificação de percentual de área vegetacional com vigor e densidade influenciado pela orografia. Foram identificados que 56% da área vegetada potencializam o vigor e a densidade com o aumento da altitude. A vegetação rala e esparsa representa, aproximadamente, 40% da área estudada.

O diagnóstico aqui apresentado disponibiliza informações iniciais para o acompanhamento da ocupação vegetacional do Município do Brejo da Madre de Deus, vegetação rala e esparsa (caatinga) e vegetação densa (brejo), uma vez que estas

áreas correspondem às formações vegetacionais sob diversas ações antrópicas.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e à Fundação de Amparo à Ciência e a Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA/CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do município de Brejo da Madre de Deus, estado de Pernambuco. Editores: BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, J.C.; MIRANDA, J.L.F.; SOUZA JUNIOR, L.C.; GALVÃO, M.J.T.G. & PEREIRA, S.N. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 21p.

BRINA, A.E. Aspectos da dinâmica da vegetação associada a afloramentos calcários na APA Carste de Lagoa Santa, MG. Dissertação. Universidade de Minas Gerais – Ecologia (Conservação e Manejo da Vida Silvestre). 1998. 107p.

CAMACHO, R.G.V. & BAPTISTA, G.M.M. Análise geográfica computadorizada aplicada à vegetação da caatinga em unidades de conservação do Nordeste: a) Estação Ecológica do Seridó-ESEC/RN/Brasil. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Goiânia - Brasil, 2005. Anais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). p. 2611-2618.

CAMPBELL, J.B. Introduction to remote sensing. New York, The Guilford, 1987. 551 p.

CARRIELLO, F.; MIRANDA, F.G.; PONZONI, F.J.; CARDOSO, P.A. & MARTINS, S.P. Uso da transmitância na caracterização espectral de folhas verdes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Belo Horizonte - Brasil, 2003. Anais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). p. 2451-2457.

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp, 1990. 451p.

COMPASSO, H. Cartografia dos brejos de altitude. In: PORTO, K.C.; CABRAL, J.J.P. & TABARELLI, M. Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural,

ecologia e conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2004. p. 25-30.

COURA, S.M.C.; PIROMAL, R.A.S.; CANAVESI, V.; GOMES, M.N.; QUIRINO, V.F. & PONZONI, F.J. Comparação das características espectrais das espécies *Ligustrum japonicum* Thunb. e *Cassia macranthera* DC. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Goiânia - Brasil, 2005. Anais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). p.1477-1484.

CURRAN, P.J. Principles of remote sensing. New York, USA, 1986. 282p.

DAUGHTRY, C.S.T.; WALTHALL, C.L.; KIM, M.S.; BROWN DE COLSTOUN, E. & MCMURTREY III, J.E. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sens. Environ.*, 74: 229-239, 2000.

DRUMOND, M.A.; KILL, L.H.P; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, M.C.; OLIVEIRA, V.R.; ALBUQUERQUE, S.G.; NASCIMENTO, C.E.S. & CAVALCANTE, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In WORKSHOP DE AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE 29 AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA A

CONSERVAÇÃO, UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL E REPARTIÇÃO DE BENEFÍCIOS DA BIODIVERSIDADE DO BIOMA CAATINGA. Petrolina - Brasil, 200. Embrapa/Cpatsa, UFPE e Conservation International do Brasil. pp. 47.

GAMON, J.A., FIELD, C.B., GOULDEN, M.L., GRIFFIN, K.L., HARTLEY, A.E., JOEL, G., PENUELAS, J. & VALENTINI, R. Relationships Between NDVI, Canopy Structure, and Photosynthesis in three Californian Vegetation Types. *Ecol. Appl.*, 5(1):28-41, 1995.

GOEL, N.S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. *Remote Sens. Rev.*, 4:1- 21, 1988.

GOYOT, G. La réflectance des Couverts Végétaux. *Photo-interprétation*, 33:157-180, 1995.

GUYOT, G.; GUYON, D. & RIOM, J. Factor affecting the spectral response of forest canopies: a review. *Geocarto Int.*, 4(3): 3-18, 1989.

HOFFER, R.M. Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: SWAIN, P.H. & DAVIS, S.M., Ed. *Remote*

Sensing the Quantitative Approach, New York: McGraw Hill, 1978. p.89-228.

HUETE, A.R. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sens. Environ.*, 83(1-2):195-213, 2002.

INPE. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/n-index.php>>. Acesso em 20 set. 2006.

JUNGES, A.H.; ALVES, G. & FONTANA, D.C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Florianópolis – Brasil, 2007. Anais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). p.241-248.

KUMAR, R. Radiation from plants-reflection and emission: a review. Lafayette, Purdue Research Foundation, Research Project n:5543, 1974. 88p.

LEAL, I.R.; TABARELLI M. & SILVA, J.M.C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2003. 453p.

LOURENÇO, R.W. & LANDIM, P.M.B. Estudo da variabilidade do “índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI” utilizando krigagem indicativa. *Holos Environ.*, 4(1):38-55, 2004.

MOREIRA, R.C. Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação. Tese de Doutorado, São Paulo, INPE, 2000. p.7-38.

NYOKABI, M.W. & LANEVE, G. Vegetation index Calibration for Dry Arid Ecosystems of Eastern Africa. *Int. Geo. Rem. Sens. Symp.*, 3:1542-1546, 2004.

RANSON, K.J.; DAUGHTRY, C.S.T. & BIEHL, L.L. Sun angle, view angle and background effects on spectral response of simulated Balsam Fir canopies. *Photogrammetric Eng. Rem. Sens.*, 52(5):649-658, 1986.

RODAL, M.J.N.; SALES, M.F.; SILVA, M.J. & SILVA, A.G. Flora de um Brejo de Altitude na escarpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 19(4): 843-858. 2005.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Editora: Universidade Federal de

Uberlândia. 5ª edição. Uberlândia, 2003. p.228 p.

SILVA FILHO, A. A.; TONIOLO, E. R.; GABÍNIO, M. & OLIVEIRA, S. F. S. Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do estado de Pernambuco (Documento de Campo FAO nº 17) PNUD/FAO/IBAMA/ Governo de Pernambuco, Recife, 1998. 32p.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M. & AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. Rev. Bras. Met., 20(2): 243-252, 2005.

SILVA, C.R.; SILVA, M.R.; RIBEIRO, M. & CENTENO, J.A.S. Análise Temporal da Variação da Mata Ciliar do Rio São Francisco na Região do Norte de Minas Gerais com Base nas Imagens do Sensor CCD do CBERS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. Florianópolis-Brasil, 2006. Anais. Universidade Federal de Santa Catarina. p. 1-6.

SIMS, D.A. & GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sens. Environ., 81:337-354, 2002.

SWAIN, P.H. & DAVIS, S. Remote sensing: the quantitative approach. New York: MC Graw-Hill, 1978, 395p.

THIAM, A. & EASTMAN, R. Vegetation Indices. In: Guide To and Image Processing. IDRISI 32, 1999. 170p.

TURCK, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ., 8(2):127-150, 1979.

VERBYLA, D. Satellite remote sensing of natural resources. New York. USA. 1995. 198p.

VICENTE, A.; SANTOS, A.M.M. & TABARELLI, M. Variação no modo de dispersão de espécies lenhosas em um gradiente de precipitação entre floresta seca e úmida no nordeste do Brasil. In: LEAL, I.R.; TABARELLI M. & SILVA, J.M.C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife, Ed. Universitária da UFPE. 13. p. 565-592, 2003.