

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE NO ESTUDO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DA PARAÍBA

Alysson Pereira de Lucena¹; André Lucena Pires²; Hamilcar José Almeida Filgueira³; Adriano Rolim da Paz⁴

RESUMO - O sensoriamento remoto vem sendo utilizado no gerenciamento e monitoramento ambiental, possibilitando a obtenção de informações de uso do solo, vegetação e topografia. Este trabalho utilizou dados pluviométricos, de uso do solo, de IVDN e do HAND no estudo das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-papocas. Para tanto realizou-se as correções atmosférica e radiométrica, para ajustar o contraste, a forma e a nitidez da imagem, a confecção do mapa de uso do solo, a obtenção do IVDN e do HAND e a confecção do mapa pluviométrico e das isoietas. Como resultados, obteve-se uma imagem com respostas mais nítidas, a partir da qual foi confeccionado o temático de uso do solo e o IVDN. Em seguida foi obtido o HAND, utilizando-se uma imagem SRTM, que também deu origem a um mapa temático. Posteriormente foi realizado um cruzamento entre os dados resultantes do IVDN e do HAND que resultou em um mapa temático e uma tabela nos quais observou-se que a proximidade com a rede de drenagem influenciou na resposta da vegetação ao IVDN.

Palavras Chave: Sensoriamento remoto, bacias hidrográficas, IVDN.

ABSTRACT- Remote sensing has been used in the management and environmental monitoring, making possible to take information of land cover, vegetation and topography. This paper used rain fall, land cover, NDVI and HAND data in the studies of the watersheds of Gramame and Abiaí-Papocas Rivers. For this, was made atmospheric and radiometric corrections to adjust the contrast, shape and distinctness of images, below was made the land cover, NDVI, HAND and rain fall maps. As result, we got images with better responses, from them was made a land cover and NDVI thematic maps, and below was carried the HAND with a SRTM image to make a thematic map and a table wich has been observed that the proximity with drainage system had influenced in the vegetation results to NDVI.

Words Key: Remote sensing, watersheds, NDVI.

¹ Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental da UFPB; alysson-lucena@hotmail.com

² Graduando em Geografia da UFPB; deco86@gmail.com

³ Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB; hfilgueira@gmail.com

⁴ Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB; adrianorpaz@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Estudos ambientais apoiados em ferramentas de geoprocessamento possibilitam análises e simulações, sobre uma série de temas que compõem a dinâmica ambiental, gerando respostas com alto grau de confiabilidade. Tais estudos podem proporcionar o conhecimento dos impactos ambientais das diversas atividades do meio, podendo ainda apoiar de forma significativa a tomada de decisões para possibilitar um melhor disciplinamento do uso do solo.

Uma dessas ferramentas é o sensoriamento remoto, que vem sendo utilizada em vários campos de conhecimento, inclusive em estudos ambientais. Essa ferramenta pode ser usada no gerenciamento e monitoramento ambiental, principalmente devido ao grande alcance territorial proporcionado pelas imagens geradas a partir dessa técnica e ao seu aspecto multitemporal que possibilita o estudo das dinâmicas ocorridas no espaço.

A partir do sensoriamento remoto é possível se obter uma gama de dados, além de possibilitar uma série de análises podendo-se obter informações a cerca dos processos dinâmicos do uso do solo, da vegetação, bem como, da topografia de uma dada região. Essa ferramenta possibilita também, o monitoramento da dinâmica de degradação ambiental, que poderá trazer informações que propiciarão uma gestão ambiental condizente com a realidade da região em estudo.

Entretanto, imagens obtidas por sensores remotos são dados brutos que precisam ser tratados, analisados e interpretados para serem transformados em informação (Florenzano, 2002). Portanto, o pré-processamento das imagens é necessário, realizando-se as correções atmosférica e radiométrica que são inerentes aos erros constituintes das imagens de satélite, visto que os sinais da radiação eletromagnética coletados pelos satélites são modificados por espalhamento e absorvidos pelos gases e aerossóis enquanto viajam (Song, 2001). Essas correções serão para ajustar o contraste, as formas e a nitidez das imagens necessárias para o processamento do uso do solo e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), dando maior fidelidade ao produto final.

A gestão do uso do solo necessita de levantamentos detalhados haja vista a complexidade de informações a serem obtidas para este fim. A partir do tratamento de imagens de sensores remotos e da interpretação espectral dos elementos imageados, pode-se obter um conjunto de informações de uma determinada área no que diz respeito ao uso do solo, destacando os diversos tipos de cobertura vegetal, áreas degradadas, corpos d'água, dentre outros a fim de apoiar processo de planejamento e gestão ambiental.

Muitas pesquisas também já foram realizadas para o estudo do estado da vegetação a partir de sensoriamento remoto, gerando diversos índices que resultam de combinações de dados espectrais, realçando o sinal da vegetação, dentre os quais, destaca-se o IVDN, proposto por Rouse et al.

(1973), que segundo Ramos et al. (2010), é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho. Este índice permite não só mapear, mas também medir a quantidade e a condição da vegetação (Barbosa et al., 2006; Costa Filho et al., 2007), bem como, se há alterações ambientais, naturais ou antrópicas, em uma determinada área.

A popularização das técnicas de sensoriamento remoto juntamente com a disponibilidade de dados topográficos tem motivado o desenvolvimento de métodos e modelos para extração automática de informações diretamente do modelo digital de elevação (MDE) a partir do qual, segundo Jensen (1991), é possível derivar diversas informações sobre a morfologia e a superfície terrestre.

Na literatura podem ser encontradas diversas técnicas que se propõem a extrair atributos descritores do relevo como, por exemplo, o *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) que, segundo Rennó et al. (2008), é um algoritmo descritor do terreno que utiliza as informações topográficas do MDE para extrair informações da rede de drenagem, obtendo a descrição do terreno a partir da diferença de altura relativa entre cada pixel da imagem e o ponto de curso d'água mais próximo.

Esse descritor mostrará a distância vertical das regiões testadas até rede de drenagem. O algoritmo agrupa os pixels similares em zonas equiprováveis, considerando seu potencial hidrológico, sendo uma abordagem nova e precisa da representação do terreno que utiliza dados de topografia para extrair dados hidrológicos, produzindo mapas com forte significado ecológico e geomorfológico (Rennó et al., 2008).

Este trabalho utilizou dados pluviométricos, de uso do solo, o IVDN e o HAND para avaliar a relação existente entre esses parâmetros, analisando a influencia da topografia em relação à rede de drenagem no IVDN, no estudo de degradação ambiental de duas bacias hidrográficas localizadas no litoral sul do estado da Paraíba.

Tendo em vista que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, rede de drenagem, uso do solo, dentre outros) e do tipo de cobertura vegetal, as informações obtidas neste trabalho serão um importante suporte para tomadores de decisão, na aplicação de políticas públicas de zoneamento, preservação e gestão ambiental nas bacias hidrográficas em estudo.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Gramame é considerada como representativa entre as bacias hidrográficas litorâneas do Nordeste oriental. Está situada no litoral sul do estado da Paraíba, entre as latitudes 7°11' e 7°23' Sul e as longitudes 34°48' e 35°10' Oeste, e possui uma área de 589,1 km². Está inserida nos municípios de Alhandra, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo. Nesta bacia encontram-se áreas de plantações, principalmente com as culturas da cana-de-açúcar e abacaxi, além de áreas urbanas e industriais. Essa bacia é responsável pelo abastecimento de água da grande João Pessoa a partir da barragem Gramame-Mamuaba e tem como principal curso de água o rio Gramame, com uma extensão de 54,3 km.

A bacia hidrográfica dos rios Abiaí-Papocas, também situada no litoral sul da Paraíba, faz divisa ao sul com o estado de Pernambuco e ao norte com a bacia hidrográfica do rio Gramame. Possui uma área de 450 km² e está inserida nos municípios paraibanos de Pedras de Fogo, Alhandra, Caaporã, Pitimbú e Conde (Paraíba, 2000). Nos dias atuais está sendo alvo de estudos para a exploração de recursos hídricos para a complementação do abastecimento de água da grande João Pessoa.

Segundo Cavalcante (2008) na área que estão inseridas as bacias dos rios Gramame e Abiaí-Papocas encontra-se a planície litorânea, formada pelas praias e terras arenosas, a região da mata, e os tabuleiros, formados por acúmulos de terras. Já a vegetação litorânea apresenta matas, com árvores altas e verdes, manguezais e cerrados, denominadas de "tabuleiro", formado por gramíneas e arbustos tortuosos e quanto ao clima, o litoral classifica-se, como tropical úmido (Figura 01).

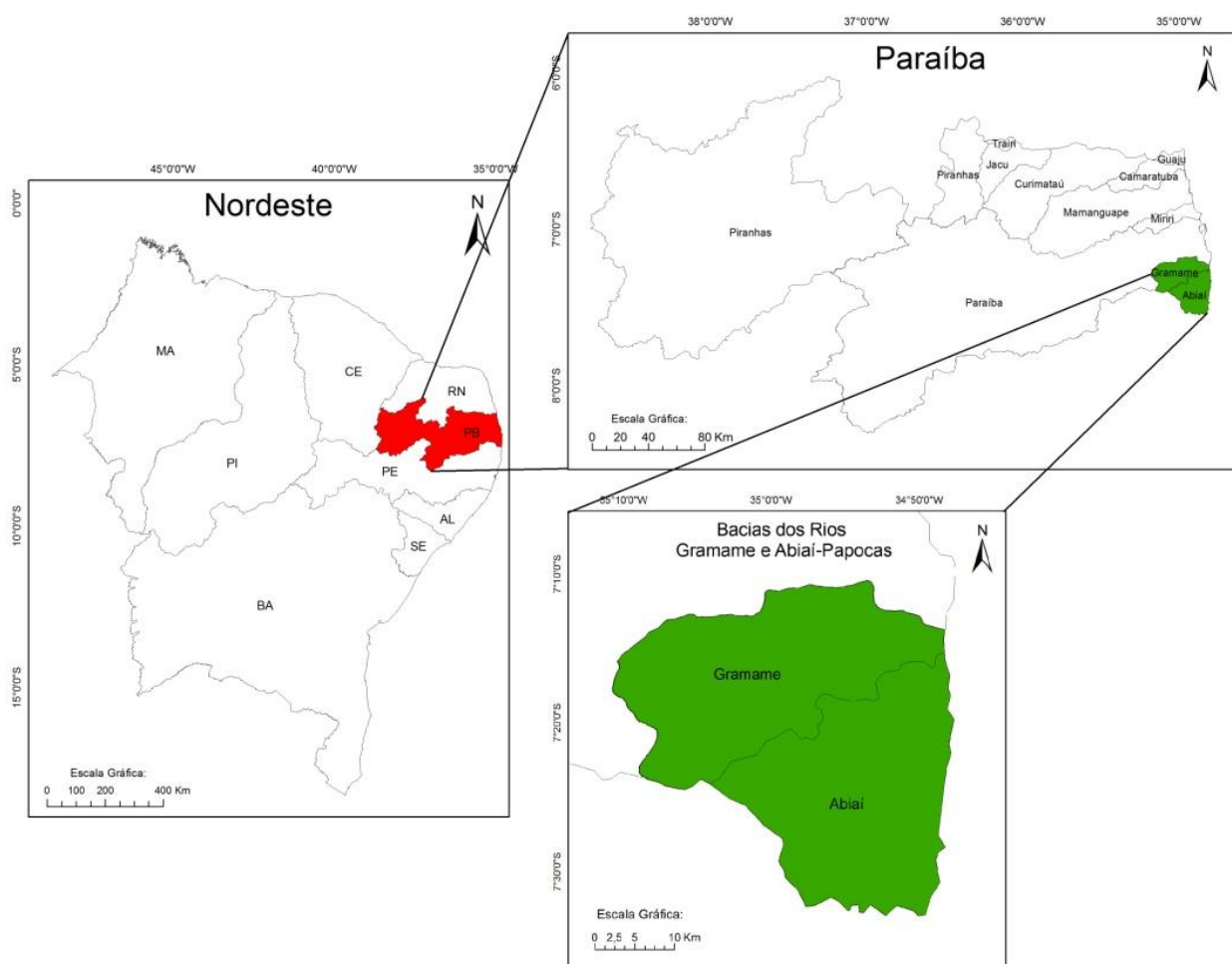


Figura 01: Mapa de localização das bacias hidrográficas do rio Gramame e dos rios Abiaí-Papocas

METODOLOGIA

Pré-processamento da imagem de satélite

Este trabalho foi realizado com o uso da imagem do satélite Landsat 5 TM da região de estudo, datada de 04 de agosto de 2001. Inicialmente foi realizado o pré-processamento da imagem, executando-se as correções atmosférica e radiométrica, inerentes aos erros constituintes das imagens de sensores remotos instalados em satélites, ocasionadas pelos efeitos de espalhamento e absorção (Song, 2001). Essas correções foram feitas para ajustar o contraste, as formas e a nitidez da imagem, necessárias para a obtenção do IVDN e do uso do solo, dando maior fidelidade ao produto final.

Para a correção atmosférica foi utilizada a técnica *Dark Object Subtraction* (DOS), proposta por Chavez (1988), amplamente utilizada pela baixa exigência de informações das imagens e por se

basear em correções atmosféricas absolutas do histograma das imagens, amenizando os efeitos atmosféricos.

Em seguida foi realizada a correção radiométrica, cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais. O procedimento de correção foi realizado por meio da ferramenta restauração do *software* SPRING que, segundo o tutorial do mesmo, é uma técnica de correção radiométrica.

Confecção do mapa de uso do solo

O método de classificação utilizado no presente trabalho foi o de classificação supervisionada por regiões, usando o classificador Batthacharya, proposto por Mather (1993). Esse classificador distinguirá as classes através do treinamento das regiões realizadas na segmentação da imagem.

No caso do trabalho em tela o treinamento foi realizado obtendo-se 20 regiões amostrais para cada classe. Foram utilizadas seis classes temáticas para elaboração do mapa de uso do solo: recursos hídricos, solo exposto/área urbana, vegetação nativa, cana-de-açúcar, abacaxi e outros cultivos.

Obtenção do IVDN

Foram confeccionadas as imagens de IVDN. Segundo Backes (2010) o IVDN consiste numa relação entre as bandas do infravermelho próximo e a do vermelho, que focaliza o contraste entre os modelos de respostas da vegetação, podendo, de acordo com Hwang et. al. (2011), destacar a densidade da cobertura vegetal.

O cálculo do IVDN é dado pela equação proposta por Rouse et al. (1973):

$$IVDN = (ivp - v) / (ivp + v) \quad (1)$$

onde: IVDN = Índice de Vegetação da Diferença Normalizada;

ivp = banda do infravermelho próximo (faixa espectral 841 – 876 nm);

v = banda do vermelho (faixa espectral 620 – 670 nm).

Na imagem do IVDN os valores variam no intervalo de -1 a +1, estando à vegetação associada aos valores positivos e quanto maiores os valores de IVDN maior a quantidade de vegetação fotossinteticamente ativa; nuvens, água e neve apresentam valores negativos; solos descobertos e rochas tem valores de IVDN próximos de zero (RIZZI, 2004).

Posteriormente, a imagem de IVDN foi reclassificada em seis classes, gerando categorias temáticas para possibilitar uma melhor visualização da variação do IVDN. Os intervalos estabelecidos foram de -1 a -0,26 para água (azul); -0,26 a 0,15 para solo exposto (rosa); 0,15 a 0,30

vegetação (amarelo claro); 0,30 a 0,45 vegetação (oliva); 0,45 a 0,60 vegetação (verde claro); e 0,60 a 1 para vegetação densa (verde escuro).

Obtenção do HAND

A partir das informações topográficas do MDE de imagens SRTM foi possível extrair informações sobre a morfologia e a superfície terrestre, obtendo-se a partir das quais informações de processos hidrológicos como: fluxo de drenagem e drenagem acumulada.

O HAND é um algoritmo que obtém a descrição do terreno a partir da diferença de altura relativa entre cada pixel da imagem e o ponto de curso d'água mais próximo. Esse descritor mostra a distância vertical das regiões testadas até rede de drenagem, sendo uma abordagem nova e precisa da representação do terreno, produzindo mapas com forte significado ecológico e geomorfológico (Pinheiro et. al. 2009).

Após a obtenção da imagem do HAND esta foi fatiada em seis classes, gerando categorias temáticas para possibilitar uma melhor visualização das diferenças de níveis em relação à rede de drenagem. Os intervalos estabelecidos foram de 0 a 2 para as regiões mais baixas (azul); 2 a 30 (verde escuro); 30 a 55 (verde) 55 a 88 (verde claro); 88 a 125 (rosa); e 125 a 162 para as regiões mais altas (amarelo).

Confecção do mapa pluviométrico e das isoietas

Tendo em vista que a imagem utilizada para a obtenção do mapa de uso do solo e do IVDN é datada de 04 de agosto de 2001, foram adquiridos junto a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) os dados pluviométricos, do mês de julho de 2001, obtidos pela agência a partir de postos de monitoramento (Pluviômetros).

Com os dados de precipitação foi confeccionado o mapa pluviométrico, a partir do qual foram extraídas as isoietas, com o intuito de avaliar a influencia da chuva na resposta da vegetação ao IVDN.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Correções de imagens

A correção atmosférica proporcionou uma melhora de sinal o que conseqüentemente possibilitará uma melhora significativa nos resultados da confecção do mapa de uso do solo e do processamento do IVDN.

A partir da correção radiométrica obteve-se uma nova imagem realçada que apresentou respostas espectrais mais semelhantes a realidade.



Figura 02a: Imagem Landsat 5 TM das bacias hidrográficas do rio Gramame e dos rios Abiaí-Papocas (R3, G2, B1)

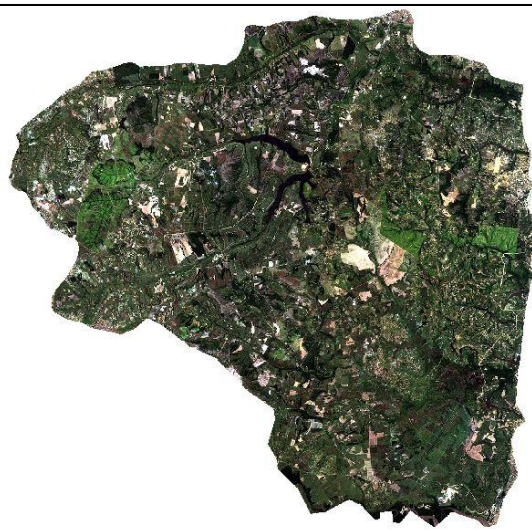


Figura 02b: Imagem Landsat 5 TM das bacias hidrográficas do rio Gramame e dos rios Abiaí-Papocas corrigidas (R3, G2, B1)

Comparando-se as figuras 02a e 02b, pode-se observar a melhoria do efeito desfocado da imagem original, além da suavização dos contornos dos alvos o que proporcionará uma confecção do mapa de uso do solo com uma maior fidelidade a realidade existente nas bacias. Já após a correção radiométrica obteve-se uma imagem com uma melhor resposta espectral dos pixels o que proporcionará um melhor processamento do IVDN com um maior detalhamento da vegetação.

Confecção do mapa de uso do solo

O pré-processamento das imagens diminuiu o efeito escuro e borrado da imagem original e evidenciou os limites dos elementos. Estas melhorias obtidas na imagem tratada proporcionaram uma melhor identificação dos objetos alvos e facilitou a distinção entre estes, permitindo uma identificação das regiões amostrais.

No entanto, após a classificação supervisionada por regiões foi necessário realizar algumas correções, pois as nuvens e sombras foram inseridas na categoria de corpos hídricos, o que está errado, além do fato de grande parte da área da bacia ser composta por cultivos, que podem se encontrar em vários estágios fenológicos, deste o plantio até a colheita. O classificador automático associou algumas culturas que haviam sido plantadas ou se encontravam em estágio inicial de crescimento com a categoria de solo exposto.

Após o processo de classificação supervisionada e a realização das correções necessárias, obteve-se um mapa temático de uso do solo, composto por seis classes temáticas: recursos hídricos, solo exposto/área urbana, vegetação nativa, cana-de-açúcar, abacaxi e outros cultivos (Figura 03).

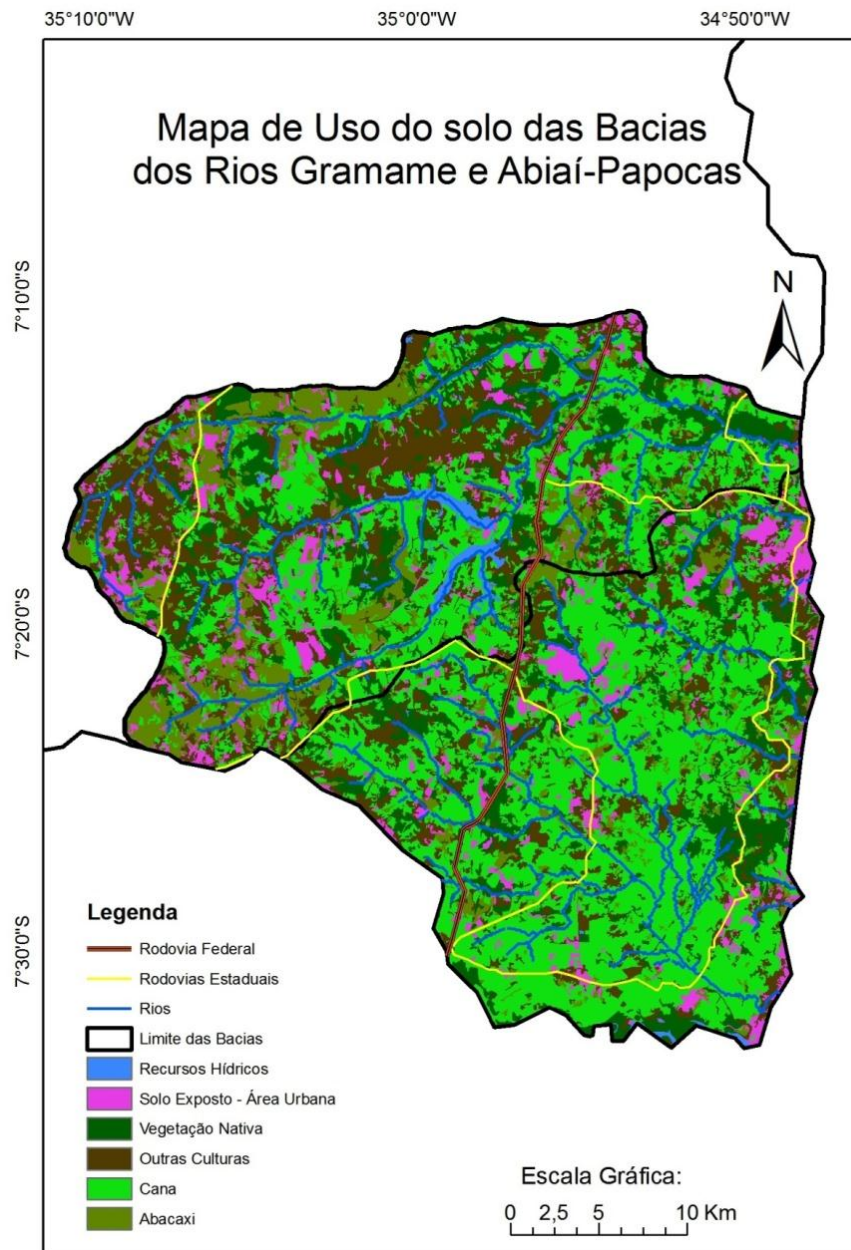


Figura 03: Mapa de uso do solo das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas

O mapa de uso do solo servirá de suporte na análise e interpretação das respostas apresentadas a partir do processamento da imagem de IVDN, bem como, poderá apontar o motivo da existência de possíveis áreas degradadas que venham a ser identificadas.

Obtenção do IVDN

O processamento do IVDN foi realizado utilizando-se as bandas 3 e 4 da imagem Landsat 5 TM, já com as correções, pois possuem uma melhor resposta espectral dos pixels o que

proporcionou um processamento do IVDN com um maior detalhamento da vegetação. O resultado desse processamento foi uma imagem índice, na qual pode-se identificar a atividade fotossintética, às características de estresse hídrico e de uma vegetação exuberante (Figura 04).

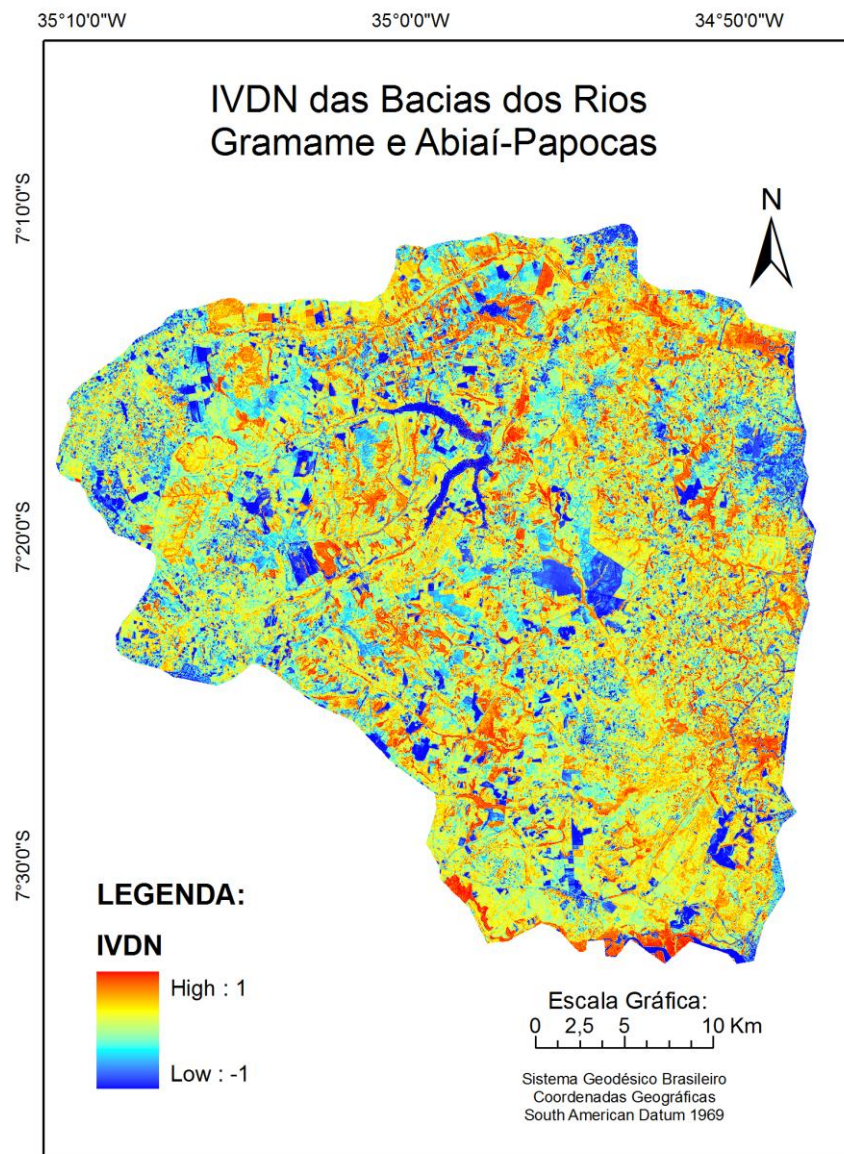


Figura 04: Imagem de IVDN das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas

A partir da imagem de IVDN pode-se observar que os valores variaram no intervalo de -1 a +1 e que os valores negativos representam os corpos hídricos, pois refletem mais intensamente na porção do vermelho. Os solos expostos estão associados aos valores próximos de zero, pois refletem nos dois comprimentos de onda em intensidade semelhante e a vegetação foi representada pelos valores positivos e quanto maiores os valores de IVDN maior a quantidade de vegetação fotossinteticamente ativa. Isto se dá pelo fato de que quanto maior a biomassa da vegetação mais esta reflete na região espectral do infravermelho próximo (Rizzi, 2004).

A reclassificação da imagem IVDN e confecção do mapa temático possibilitaram uma melhor visualização da resposta dos elementos analisados (Figura 05). Isso posteriormente permitiu o cruzamento dos mapas temáticos, possibilitando a realização de análises comparativa mais detalhada.

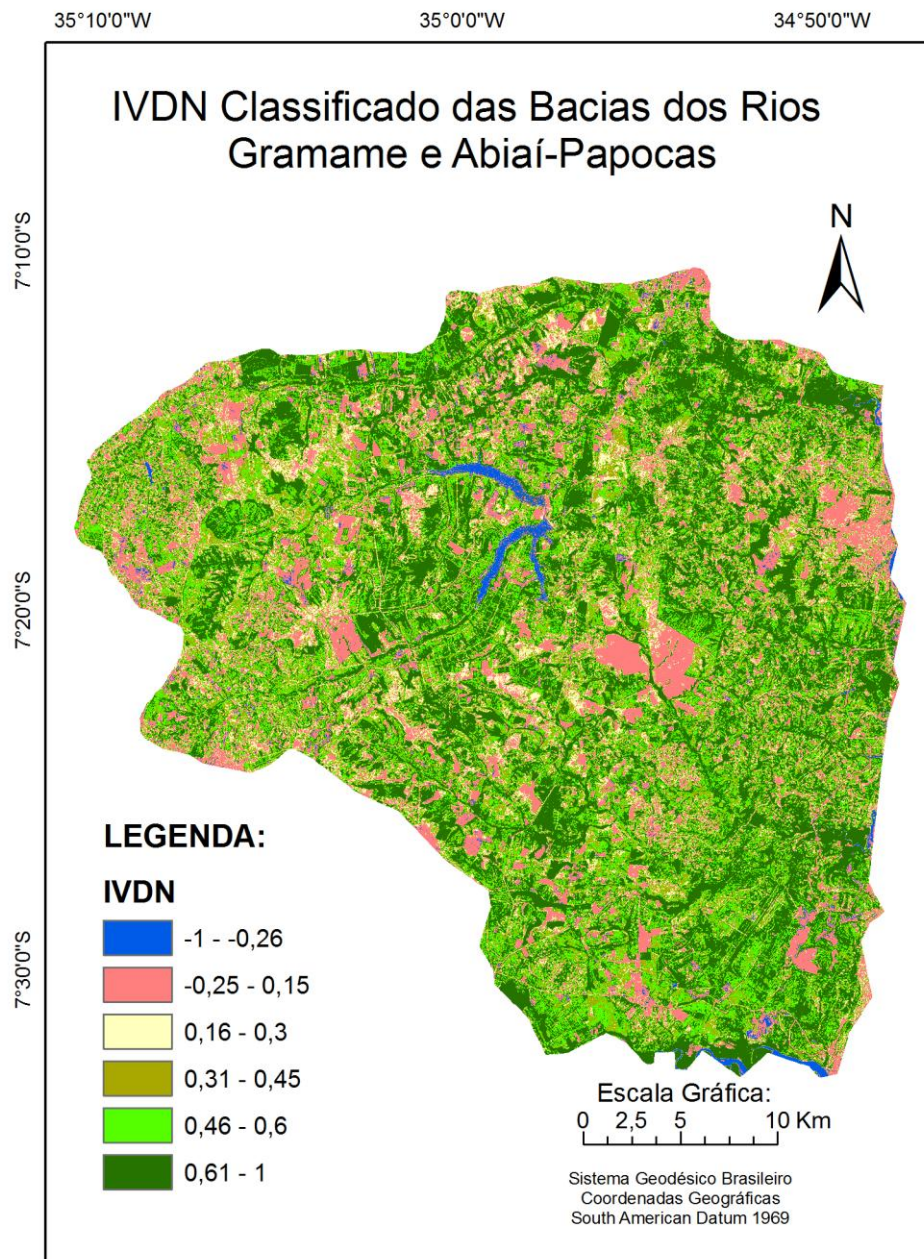


Figura 05: Mapa temático de IVDN das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas

Na figura 05 pode-se observar que existem grandes áreas com solo exposto e poucas áreas com vegetação densa, respostas estas que serão validadas a partir do mapa de uso do solo e de vistas em campo e que poderão ser justificadas com base nas análises do mapa de uso do solo, do HAND e do mapa pluviométrico.

Obtenção do HAND

O processamento do HAND resultou em uma imagem que contém a descrição do terreno apresentando distância vertical entre cada pixel da imagem e a rede de drenagem mais próxima (Figura 06).

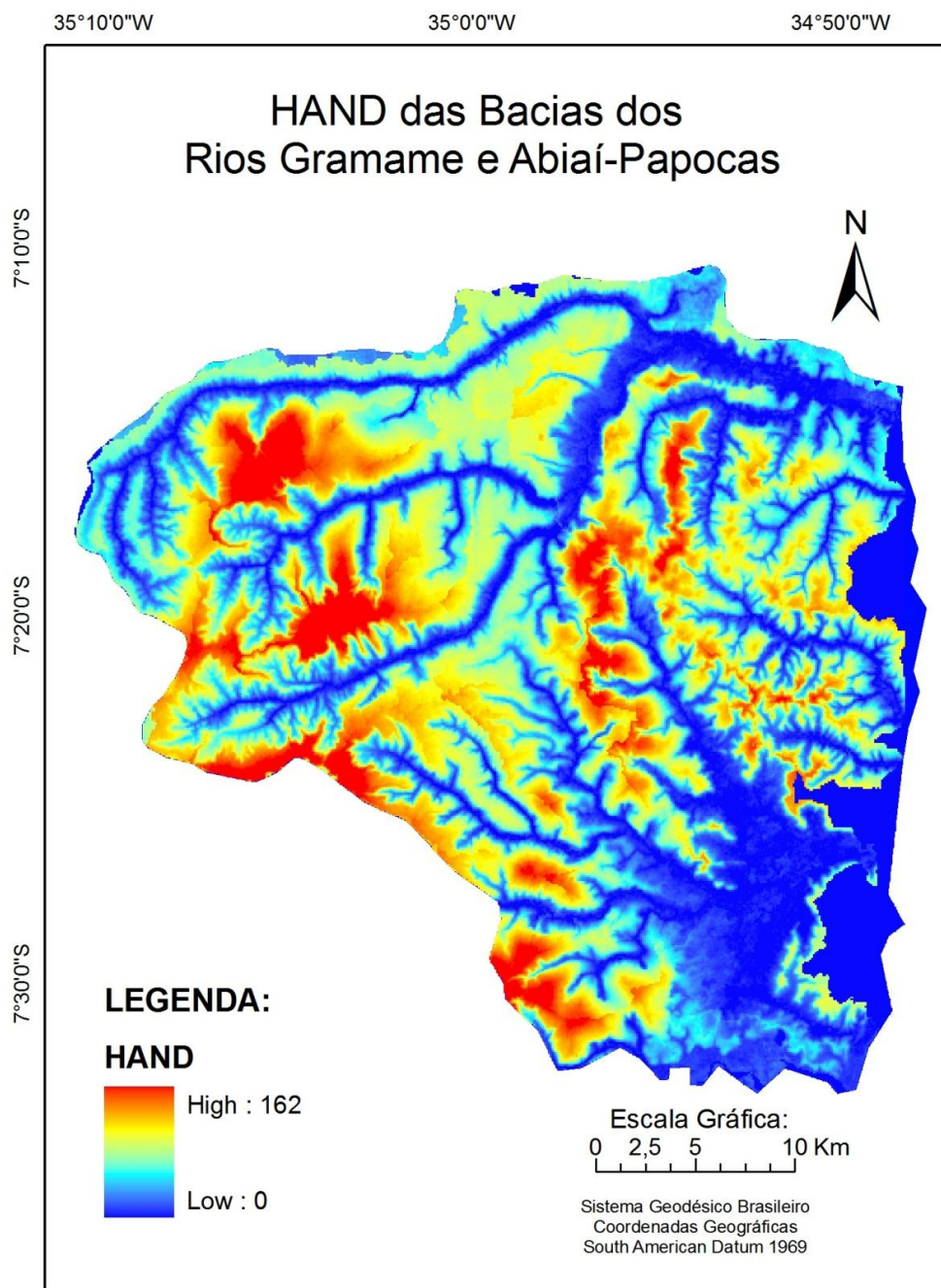


Figura 06: Imagem do HAND para as bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas

A partir desta imagem pode-se extrair informações sobre a morfologia e a superfície terrestre, além de informações dos processos hidrológicos como fluxo de drenagem e drenagem acumulada, podendo-se identificar visualmente as longas redes de drenagem desde a região onde se localizam as nascentes até a foz, no litoral.

Após a obtenção da imagem do HAND, esta foi reclassificada para seis categorias temáticas a partir das quais foi confeccionado um mapa temático, que proporcionou um melhor detalhamento das diferenças de níveis (Figura 07).

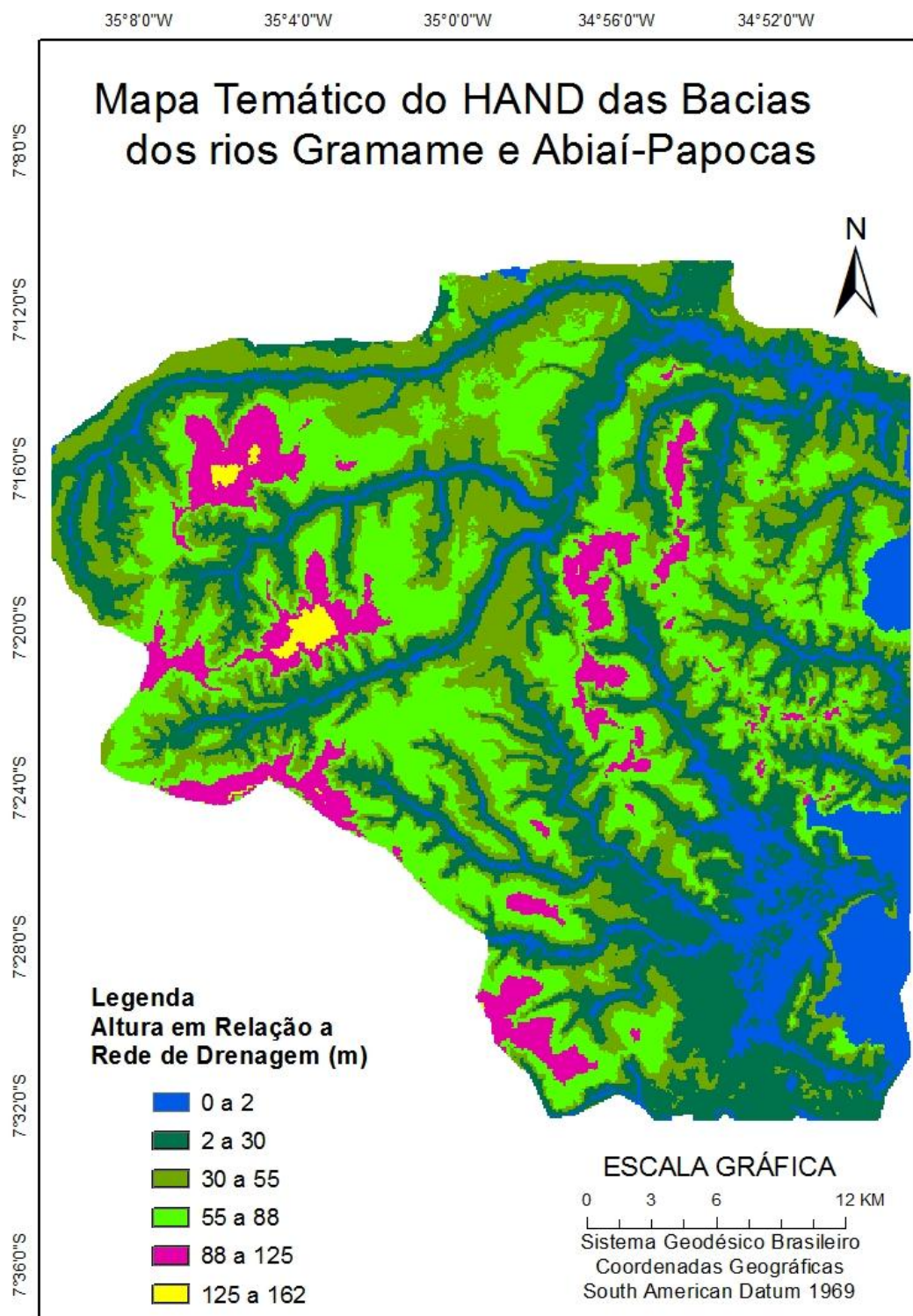


Figura 07: Mapa temático do HAND para as bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas

O processamento do HAND resultou na representação precisa do terreno, a partir do qual pode-se extrair e inferir uma gama de informações de caráter ecológico e geomorfológico.

A confecção do mapa temático do HAND permitiu também o cruzamento das suas informações com as do mapa temático de IVDN, o que possibilitou a realização de análises comparativas mais detalhadas, que permitiram justificar algumas respostas do IVDN.

Confecção do mapa pluviométrico e das isoietas

O resultado obtido nesta etapa do trabalho foi o mapa pluviométrico e de isoietas do mês de julho de 2001, que apresenta as precipitações do mês nas bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí-Papocas (Figura 08).

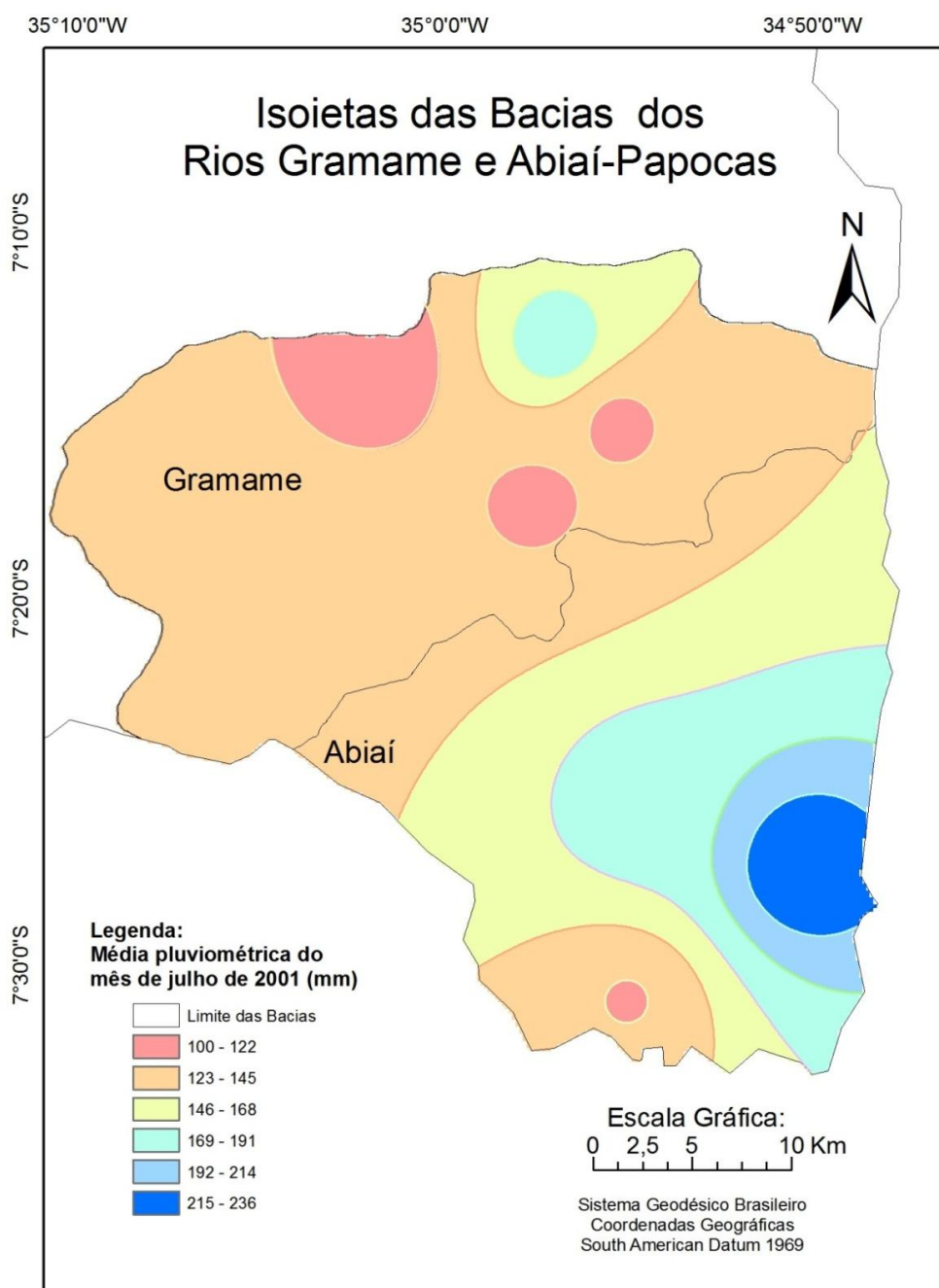


Figura 08: Mapa pluviométrico e das isoietas do mês de julho de 2001 da área de estudo

É visível que a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas recebeu uma quantidade de chuvas relativamente grande, quando comparada a sua média pluviométrica com a da bacia hidrográfica do rio Gramame, fato este que pode ser um dos motivos de a região da foz da bacia do Abiaí-Papocas ter uma maior área alagada, com maiores redes de drenagem. Este fato, caso a vegetação nativa esteja preservada, provavelmente acarretará em uma resposta ao IVDN com valores mais próximos de 1.

Cruzamento entre as respostas do IVDN e do HAND.

Após a confecção dos mapas temáticos realizou-se o cruzamento dos mapas confeccionados a partir das respostas do IVDN e do HAND. O intuito desse procedimento foi o de avaliar a relação entre ambos, ou seja, em que altura em relação da rede de drenagem predominam as categorias do IVDN, para com isso poder avaliar se, a proximidade da rede de drenagem influenciou na resposta espectral da vegetação ao processamento do IVDN. Como resultado do cruzamento destes dados obteve-se um mapa temático, que apresentam as proporções de coincidências entre as categorias dos mapas em análise (Figura 09 e Tabela 01).

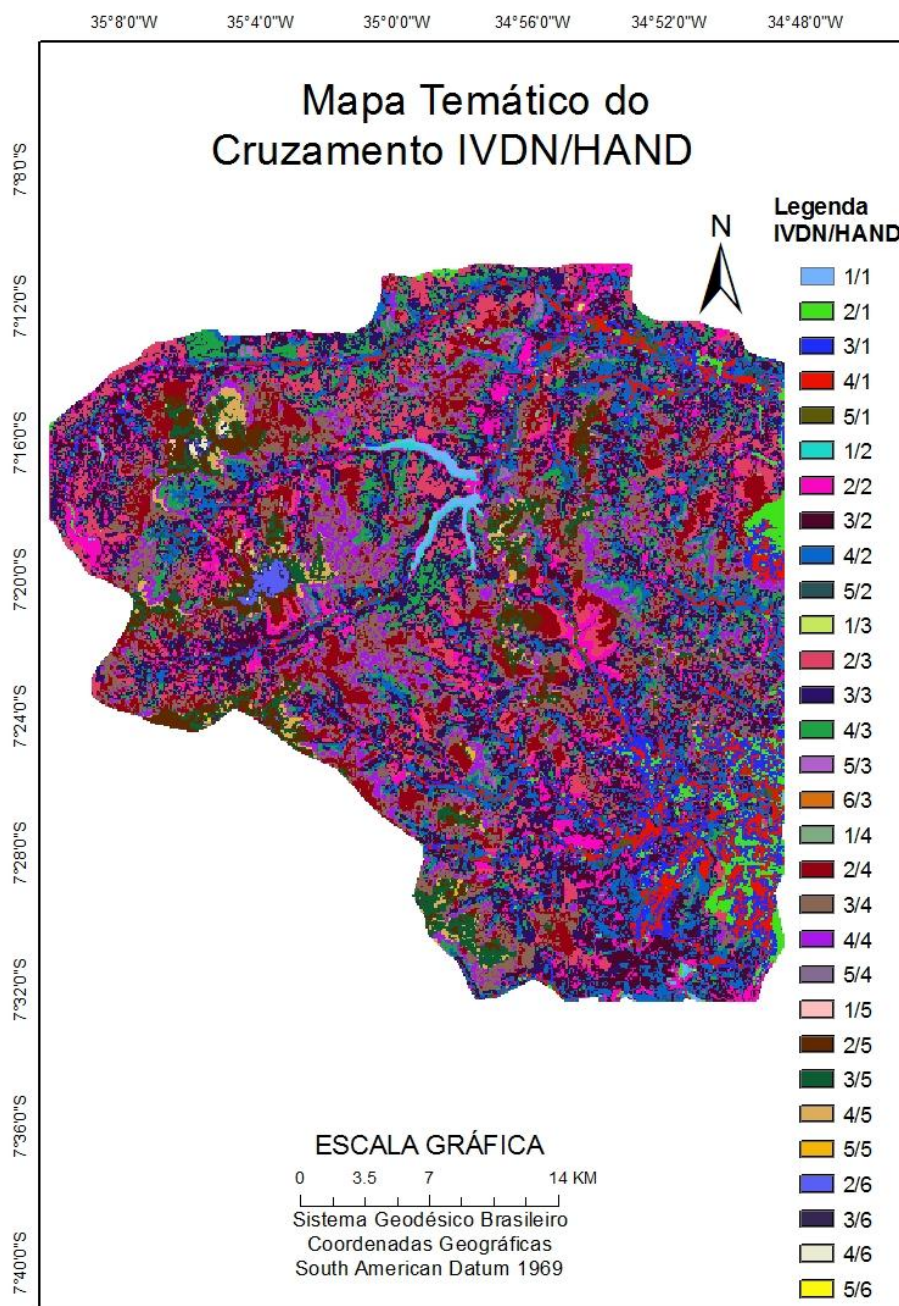


Figura 09: Mapa temático do cruzamento entre o IVDN e o HAND

Tabela 01 - Tabulação Cruzada Proporcional

IVDN	1	2	3	4	5	6	Total
HAND							
1	4.12%	22.34%	38.83%	32.21%	2.49%	0.00%	100.00%
2	0.77%	25.07%	43.79%	28.02%	2.39%	0.00%	100.00%
3	0.15%	31.40%	40.42%	25.76%	2.30%	0.00%	100.00%
4	0.31%	35.89%	40.00%	21.58%	2.23%	0.00%	100.00%
5	0.32%	39.59%	40.69%	17.51%	2.05%	0.00%	100.00%
6	0.00%	54.76%	28.57%	14.29%	0.00%	0.00%	100.00%
Total	5.66%	209.05%	232.31%	139.36%	11.47%	0.00%	600.00%

Analisando o mapa temático, figura 09, é possível constatar que a resposta da água para o IVDN representada pela categoria 1 teve uma boa coincidência com a categoria 1 do Hand que representa as regiões mais baixa, com destaque para as principais redes de drenagem a exemplo da barragem gramame-mamuaba que pode ser identificada em azul.

A partir da tabela 01, resultado do cruzamento das respostas de IVDN e HAND, observa-se que para a categoria 1 do IVDN, que corresponde água, dos 5,66% de representatividade, 4,12% correspondeu as regiões mais baixas do IVDN. Já para categoria 2 do IVDN correspondente ao solo exposto observou-se uma maior coincidência com a categoria 6 do HAND representante das regiões mais altas.

É possível se constatar ainda, a partir da análise da tabela de tabulação cruzada proporcional, que as categorias 1, que representa os corpos hídricos e 5 correspondente a vegetação com resposta entre 0,45 a 0,60, do IVDN, não tiveram nenhuma semelhança com a categoria 6 do HAND que representa as regiões mais altas. Não observou-se nenhuma coincidência entre categoria 6 do IVDN, representante da vegetação densa, com reposta ao entre 0,60 e 1 e as categorias do HAND, devido a essa categoria do IVDN não possuir representatividade suficiente para o cruzamento proporcional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram gerados a partir do sensoriamento remoto, dados que influenciam diretamente no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Os dados de relevo, bem como, sua rede de drenagem apresentaram-se por meio do HAND. A densidade da cobertura vegetal foi exposta a partir do IVDN e os dados pluviométricos puderam ser analisados a partir do mapa pluviométrico e das isoietas, além de ter sido confeccionado o mapa de uso do solo para as duas bacias em estudo.

Constatou-se com os resultados do trabalho, que com o processamento adequado de imagens captadas por sensores remotos, pode-se obter uma gama de informações, com um bom nível de precisão e adequadas para muitos estudos, necessários na aplicação de políticas públicas de zoneamento, preservação e gestão ambiental de bacias hidrográficas.

A coerência das informações obtidas pôde ser constatada no cruzamento dos dados de IVDN e HAND, cujas respostas foram condizentes com a realidade da área de estudo, podendo-se constatar que a proximidade com a rede de drenagem influenciou na resposta da vegetação ao IVDN.

Os resultados obtidos são preliminares, estando o trabalho em processo de continuidade que se dará com a correção geométrica, por meio da obtenção de pontos de controle em campo, para corrigir pequenas distorções que possam existir na imagem, da validação dos dados por meio de análises amostrais, realizadas *in situ*, além do cruzamento dos outros parâmetros, uso do solo e precipitação com o IVDN, tendo como objetivo avaliar a influência destes na resposta da vegetação ao IVDN.

BIBLIOGRAFIA

BACKES, K. S. **Variações do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (Ndv) do Sensor Modis Associadas a Variáveis Climáticas Para o Estado do Rio Grande do Sul** Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. 2010 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal).

BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. **A 20-year study of NDVI variability over the Northeast region of Brazil.** Journal of Arid Environments, n. 67, 2006. p. 288–307

CAVALCANTE, A. L. **Modelo estocástico de desagregação da Precipitação diária em escala de tempo sub-diária.** João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 2008. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana).

CHAVEZ, Pat S. Jr.; **Image-Based Atmospheric Corrections: Revisited and Improved;** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, No. 9, September 1996, p. 1025-1036.

COSTA FILHO, J. F. da; FRANCISCO, P. R. M.; ANDRADE, M. V. de; SILVA, L. da; DANTAS, R. L. **Estimativa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) na microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-21.** Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15. Aracaju, SE, 02 a 05 de julho de 2007. Anais... Aracaju, SE: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** Oficina de textos, São Paulo, 2002.

HWANG, T.; SONG, C.; BOLSAD, V. P.; BAND, L, E. **Downscaling real-time vegetation dynamics by fusing multi-temporal MODIS and Landsat NDVI in topographically complex terrain.** Remote Sensing of Environment. 2011.p. 2499–2512.

JENSEN, S.K. 1991. **Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models.** Hydrological Process, vol. 5, p. 31-44.

MATHER, Paul M.; **Computer Processing of Remotely-Sensed Images;** Secondo Edition; School of Geography, The University of Nottingham, UK. 1993.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame.** Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. Relatório Final. Vol. 1. João Pessoa, PB, 2000, 247 p.

PINHEIRO, T. F;RENNÓ, C. D; ESCADA, M. I. S. **Utilização de um Novo Algoritmo Descritor de Terreno para o Mapeamento de Ambientes de Terra Firme na Amazônia.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, RN, 25 a 30 de Abril de 2009. **Anais,** Natal - RN: INPE, 2009. p. 6069–6076.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; MELO JUNIOR, J. C. F.; CANDEIAS, A. L. B.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. **Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação.** In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3. Recife, PE, 27-30 de julho de 2010. Recife, PE: UFPE/CTG/Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, DECart, 2010. p. 001-006.

RENNÓ, C. D; NOBRE, A. D; CUARTAS, L. A. ; SOARES, J. V. HODNETT, M. G. ;TOMASELLA, J; WATERLOO. **HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia.** Remote Sensing of Environment. 2008.p. 3469–3481.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, SP: INPE/Ministério da Ciência e da Tecnologia, 2004. p. 212

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS**. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3. Washington, D.C.: NASA, 1973. p. 309-317.

SONG, Conghe.; WOODCOCK, Curtis E.; SETO, Karem; LENNEY, Mary P.; MACOMBER Scott A. **Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?**; Remote Sensing of Environment. 2001. p. 230 – 245.