

## USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO MAPEAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL, CORPOS HÍDRICOS E CIDADES PARA O ESTADO DO PARANÁ

ALEX PALUDO<sup>1</sup>, JERRY A. JOHANN<sup>2</sup>, MIGUEL A. U. OPAZO<sup>3</sup>, JONATHAN RICHETTI<sup>4</sup>,  
WILLYAN R. BECKER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, Bolsista Pibic, Laboratório de Estatística Aplicada (LEA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel – PR, Fone: (045) 3320-7320, [paludo.alex@hotmail.com](mailto:paludo.alex@hotmail.com).

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), LEA, UNIOESTE/Cascavel – PR.

<sup>3</sup>Estatístico, Prof. Doutor do PGEAGRI, Laboratório de Estatística Espacial (LEE), UNIOESTE/Cascavel – PR.

<sup>4</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola PGEAGRI, Bolsista Capes, LEA, UNIOESTE/Cascavel – PR.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** O sensoriamento remoto vem sendo largamente utilizado no mundo para se analisar diversos alvos na superfície terrestre, com uma boa precisão e sem a necessidade de se deslocar até a região em estudo. Este trabalho teve como objetivo o mapeamento da cobertura florestal, dos corpos hídricos e das cidades em todo estado do Paraná. Foram utilizadas imagens de satélite do índice de vegetação EVI do sensor Modis/Terra que tem resoluções espacial de 250 m e temporal diária. Para o processamento das imagens utilizou-se os softwares ENVI 4.5, ArcGis 10 e IDL. Para o mapeamento foram usadas imagens entre os anos de 2010 e 2012, gerando-se o perfil espectro-temporal. Como cada alvo tem características diferentes, foi possível, através da análise da série temporal de EVI, mapear os alvos de interesse. Como resultados, obteve-se o mapeamento e a área (hectares) da cobertura florestal, corpos hídricos e cidades por mesorregião do Paraná. Assim, constatou-se que o território Paranaense é coberto por 24,31% de cobertura florestal e 2,46% pelos corpos hídricos e cidades. Além disto, estes resultados serão utilizados na melhoria do mapeamento das culturas agrícolas do estado, evitando-se desta forma, que as áreas permanentes sejam classificadas como áreas cultiváveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** séries temporais, modis, índice de vegetação EVI.

### USE OF REMOTE SENSING IN THE MAPPING OF FOREST COVER, CITIES AND WATER BODIES AT THE STATE OF PARANA

**ABSTRACT:** Remote sensing has been widely used around the world to analyze several targets in the earth's surface with good accuracy and without the need to travel to the region under study. This study aimed to map the forest cover, water bodies and cities throughout the state of Parana. Satellite images of the Vegetation Index EVI from Modis/Terra's sensor with 250 m of spatial resolutions and daily temporal data were used. For image processing, we used the software ENVI 4.5, ArcGIS 10 and IDL. For mapping, images dated from 2010 and from 2012, generating the spectrum and temporal profile. As each target has different characteristics, it was possible through the analysis of time series of EVI map the targets of interest. As a result, we obtained the mapping and area (hectares) of forest cover, water bodies and cities from the mesoregion of Parana state. Thus, it was found that the forest cover of 24.31 % and 2.46 % for water bodies and cities covers the Parana's territory. Moreover, these results are used to improve the mapping state of crops, avoiding in this way that cultivation areas classified as permanent areas.

**KEYWORDS:** time series, modis, vegetation index EVI.

## INTRODUÇÃO

O Brasil, em 2010, foi o segundo maior exportador de produtos agrícolas, ficando atrás apenas dos EUA (WTO, 2011). Portanto o país possui um local de destaque na economia agrícola mundial, sendo assim, é de suma importância o acompanhamento dos produtos agrícolas. Dentre os produtos agrícolas a soja é a principal *commodity*. Em 2003, o Brasil aparece como o segundo produtor mundial de soja, responsável por 52, das 194 milhões de toneladas produzidas em nível global, ou seja, 26,8% da safra mundial. No ano safra 2012/13 a produção brasileira foi de 81,28 milhões de toneladas sendo o Paraná responsável por 19,51% desta produção. (CONAB, 2013).

Para obter-se os dados da produção de uma cultura faz-se necessário o conhecimento da sua área semeada e da sua produtividade. Desta forma, é importante que se conheça onde estão cultivadas as culturas e onde não há produção alguma, como por exemplo, em cidades, florestas e corpos d'água. Para isso as técnicas de sensoriamento remoto são importantes. São poderosas ferramentas para análises espaciais de diversos alvos e possibilitam trabalhar com áreas significativamente grandes sem a necessidade de locomoção a campo, apresentando resultados bastante consistentes (TRENTIN et al., 2011). Entretanto, para que o mapeamento das culturas agrícolas seja mais eficiente, é importante a proposição de metodologias que minimizem ao máximo a confusão entre o que deseja-se mapear nestas imagens de satélite. Uma das possibilidades é mapear preliminarmente os alvos permanentes (cobertura florestal, corpos hídricos e cidades) para que no posterior processo de mapeamento das culturas agrícolas estas áreas sejam retiradas. Assim, evita-se que as áreas cultiváveis sejam classificadas como áreas permanentes. Este é motivo pelo qual este trabalho foi desenvolvido para o estado do Paraná. Portanto, este trabalho tem como objetivo o mapeamento de áreas permanentes de cobertura florestal, corpos hídricos e cidade por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

A determinação de alvos permanentes já foi realizada por outros pesquisadores (SIMÕES et al., 2009; SOARES et al., 2011) em regiões bem específicas como municípios ou microrregiões utilizando-se, apenas, o índice de vegetação NDVI. O índice de vegetação EVI diminui as variações abaixo das coberturas de copa e mantém a sensibilidade em coberturas de vegetação densas. Nesse sentido, o EVI tem se mostrado adequado para o monitoramento agrícola, pois substitui, com vantagens, o NDVI, por ser menos suscetível à saturação e mais sensível à variação da estrutura, arquitetura do dossel e fisionomia da planta (HUETE et al., 2002).

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste projeto foi realizada o mapeamento dos alvos permanentes (cobertura florestal, corpos hídricos, cidades) para o estado do Paraná Brasil. A determinação desses alvos foi realizada através dos softwares ENVI 4.5, ArcGis 10 e IDL. Foram utilizadas rotinas para análise das imagens de índice EVI do sensor Modis/Terra com resolução de 250 m, baixadas da NASA (2013). Inicialmente estas imagens foram recortadas de acordo com o perímetro do estado obtido do IBGE (2013). Foram adquiridas as imagens de 2003 a 2012 com a intenção de analisar o melhor período para a geração do mapeamento. Entretanto, foi necessário apenas o uso das imagens entre os anos de 2010 e 2012. As demais imagens apenas foram utilizadas para análise do perfil espectro-temporal dos alvos.

Para o monitoramento da atividade agrícola é imprescindível à análise de múltiplas datas, para obter informações do padrão espectro-temporal (perfil) de um alvo ou cultura de interesse (JENSEN et al., 2002). Neste estudo, o perfil espectro-temporal de EVI de cada alvo foi obtido após se fazer uma junção de imagens de determinados período através de uma rotina IDL que realiza uma sobreposição de imagens. Posteriormente esses perfis temporais foram analisados através do software Envi 4.5, onde o índice de vegetação de cada alvo tem padrão temporal diferente uns dos outros. Através dessas diferenças, foi possível a diferenciação dos alvos. Os perfis espectro-temporais de cada alvo permanente (cobertura florestal, corpos hídricos e cidades) estão representados nas Figuras 1 a 3.

A Figura 1a apresenta imagem Modis do estado do Paraná com o Mosaico de imagens Landsat. Como exemplo, ilustra-se o perfil espectro-temporal de EVI do Modis (gráfico de linhas) de um pixel selecionado sobre o Parque Nacional do Iguaçu do período de imagens de janeiro de 2010 a agosto de 2012. A Figura 1b também ilustra uma imagem do sensor Modis sobre o estado do Paraná e um mosaico de imagens Landsat. Contudo, destaca-se a região metropolitana de Curitiba sobre o mosaico Landsat (mapas abaixo da Figura) e seu perfil espectro-temporal de EVI do Modis (gráfico) selecionado sobre a cidade, resultante, também, da junção das imagens do período de janeiro de 2010 a agosto 2012.

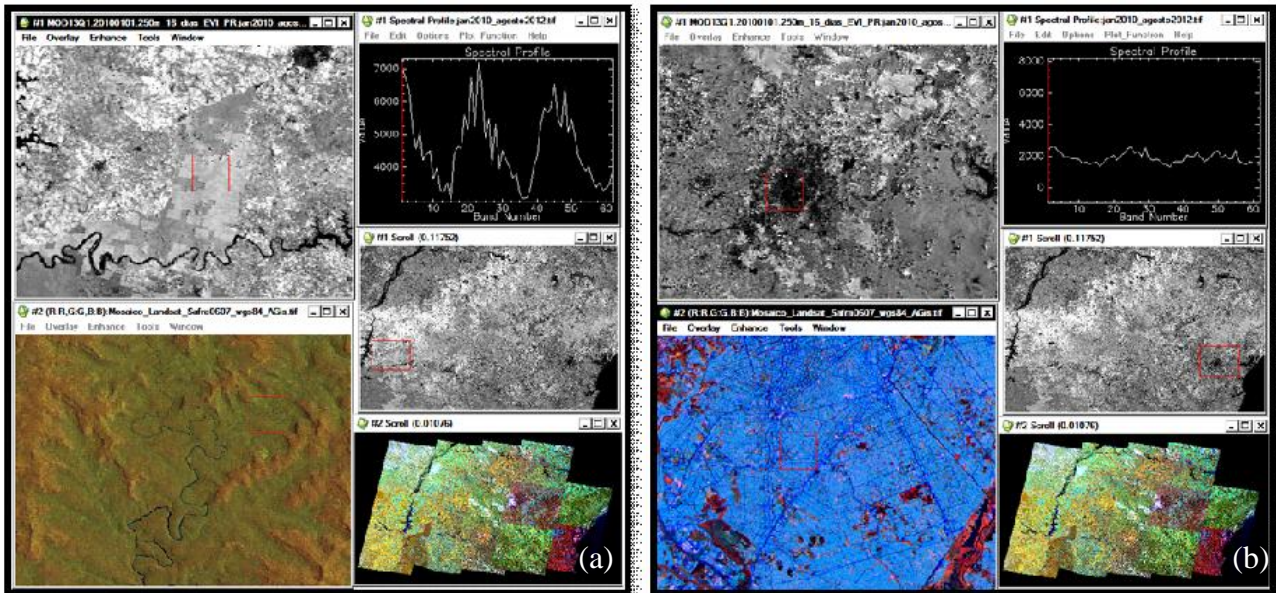


Figura 1. (a) Determinação do alvo Floresta; (b) Determinação do alvo Cidades.

A Figura 3 apresenta a imagem Modis do estado do Paraná com o mosaico de imagens Landsat detalhando o rio Paraná. O perfil espectro-temporal de EVI do pixel do Modis foi gerado também para o mesmo período de imagens dos alvos cidade e floresta (gráfico).

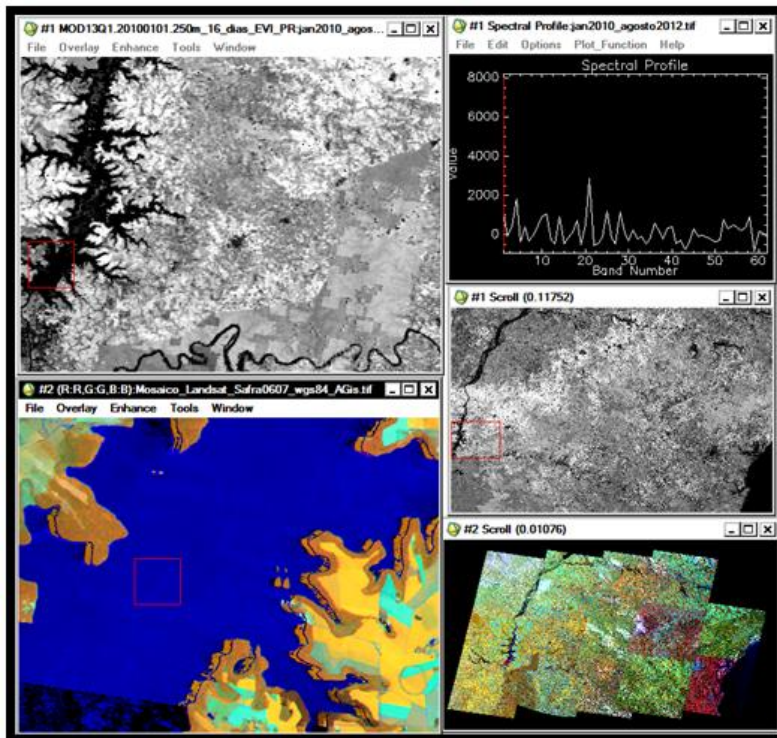


Figura 3. Determinação do alvo Corpos Hídricos

Foram realizadas simulações de períodos para se determinar um intervalo de tempo onde os valores de EVI de um determinado alvo permanente diferencia-se dos demais alvos. Algumas das simulações realizadas para se determinar os períodos de geração das máscaras não geram os resultados esperados. Assim, não foi possível diferenciar a cobertura florestal dos demais alvos, então realizou-se a junção das imagens do período de março à setembro de 2010 a 2012. Nesta situação foi possível visualizar uma diferenciação dos alvos, mas ainda não foi o suficiente para se fazer a separação dos mesmos. As simulações foram realizadas até se determinar um período em que fosse possível a diferenciação desses alvos.

Após a determinação destes períodos para a melhor diferenciação dos alvos, foi realizada a soma das imagens desses períodos preestabelecidos através do software ArcGis 10. Posteriormente se determinou os valores de corte de Mínimo e Máximo EVI para cada alvo de interesse, selecionando-se, por consequência, todos os pixels da imagem com valores dentro deste intervalo. Estes valores de corte Mínimo e Máximo foram usados para selecionar, com o software Envi 4.5, todos os pixels da imagem, gerando-se, desta forma, as máscaras de cada alvo. A referência de campo utilizada foi um mosaico de imagens Landsat, onde, a cada simulação de valores de corte de EVI, a máscara de cada alvo permanente gerada era comparada. A comparação foi realizada no ArcGis 10, até se determinar valores de corte que gerassem um mapeamento que descrevesse adequadamente cada alvo.

Para a geração dos mapeamentos dos alvos permanentes foram realizadas simulações para a determinação dos melhores períodos para cada alvo permanente. Para corpos hídricos e cidades utilizaram-se as 23 imagens somadas de 2012. Para o mapeamento da cobertura florestal, os resultados foram melhores quando se procedeu a simulação por mesorregião do estado (cenas de 2010 a 2012). Para as mesorregiões centro oriental, sudeste e metropolitana usaram-se as imagens de agosto e setembro. Para as demais mesorregiões, as imagens de setembro a fevereiro de 2010 a 2012.

Todos os mapeamentos foram gerados através do software Envi 4.5, determinando um intervalo de valores em que os pixels possuíam valores dentro desse intervalo são transformados em valores binários, portanto, tem-se que a máscara é uma imagem binária: 0 (zero) e 1 (um). Assim, os pixels com valor 1 representaram os alvos permanentes de interesse, e os com valores 0, as demais áreas, seguindo o procedimento metodológico utilizado por Simões et al. (2009).

No caso da cobertura florestal esses limiares de corte não abrangiam todo o estado corretamente, então foram determinados limiares de cortes para todas as mesorregiões do estado, desta forma, o processo se tornou mais confiável. Posteriormente foram determinadas as máscaras de todas as mesorregiões para a cobertura florestal, as máscaras foram agrupadas através do ArcGis10, formando assim, o mapeamento de cobertura florestal do estado. Já para os alvos: corpos hídricos e cidades foi possível se determinar limiares de corte que abrangem todo o estado.

Após, a geração dos mapeamentos, foram determinadas as áreas (em hectares) de cobertura florestal, corpos hídricos e cidades por mesorregião do Paraná. Para isto, o software IDL foi utilizado através da rotina de extração de área. Estas informações também foram convertidas em porcentagem territorial de cada alvo para facilitar a análise dos dados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após muitos testes, foram determinados os valores de corte para cada alvo permanente do estado. Para a geração dos mapeamentos dos alvos permanentes foram realizadas simulações para a determinação dos melhores períodos para cada alvo permanente. Para corpos hídricos e cidades utilizaram-se as 23 imagens somadas de 2012, o limiar mínimo de corte para os corpos hídricos foi de -69.000 e o máximo foi de 20.000. Para as cidades o limiar de corte mínimo foi de 20.000, e o máximo foi de 70.000.

A cobertura florestal foi o alvo permanente mais difícil para determinação dos valores de corte, não sendo possível determinar um mesmo valor de corte para todo o estado. Sendo assim, a solução encontrada foi determinar valores de corte e gerar as máscaras para cada mesorregião do

estado, o que resultou em vários testes em todas as mesorregiões o que tornou a determinação bastante trabalhosa. A mesorregião sudeste foi a mais difícil de determinar os valores de corte, possivelmente em função das suas características topográficas (alternar áreas com relevo plano e acidentado).

Para o mapeamento da cobertura florestal, os resultados foram melhores quando se procedeu a simulação por mesorregião do estado (cenas de 2010 a 2012). Para as mesorregiões centro oriental, sudeste e metropolitana usaram-se as imagens de agosto e setembro, ou seja, as cenas 225, 241, 257 e 273 de cada ano, e, os valores de corte utilizados para cada mesorregião são mostradas na Tabela 1. Para as demais mesorregiões, foram utilizadas as imagens de setembro a fevereiro de 2010 a 2012, ou seja, as cenas 1, 17, 33, 49, 257, 273, 289, 305, 321, 337 e 353. Os valores de cortes utilizados nestas mesorregiões estão na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de cortes mínimos e máximos para a cobertura florestal por mesorregião.

**Minimum and maximum values of cuts to forest cover by mesoregion.**

Mesorregiões	Corte mínimo	Corte máximo
Oeste	149.500	Máximo
Noroeste	154.000	Máximo
Sudoeste	153.000	Máximo
Centro ocidental	150.000	Máximo
Centro sul	148.000	Máximo
Norte central	149.000	Máximo
Sudeste	68.000	Máximo
Centro oriental	71.000	80.000
Norte pioneiro	149.000	Máximo
Metropolitana	68.000	Máximo

Pela Figura 4 é possível visualizar espacialmente onde os alvos permanentes do Estado se encontram, especialmente, a cobertura florestal que é mais concentrada na parte leste do Paraná.

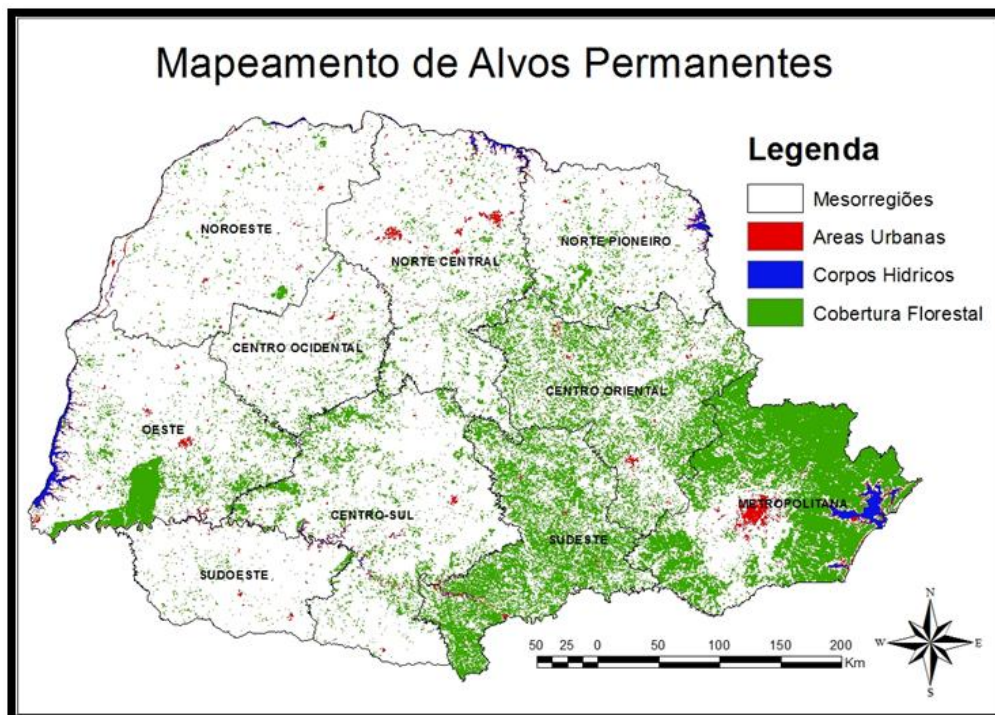


Figura 4: Mapeamento dos alvos permanentes do estado do Paraná.

Após a realização do mapeamento foram determinadas as áreas, em hectares, de cobertura florestal, corpos hídricos e cidades, para cada mesorregião através de uma rotina programada no software IDL. Também foi calculada a porcentagem em que essas áreas, de alvos permanentes, ocupam em cada mesorregião do estado (Tabela 2).

Tabela 2. Áreas e percentual de alvos permanentes (cobertura florestal, corpos hídricos, cidades) por mesorregião do Paraná. **Areas and percentage of permanent targets (forest cover, water bodies, cities) for mesoregion Paraná.**

Mesorregiões	Área Total	Área - Cobertura Florestal (%)			Corpos Hídricos e Cidades (%)		
	(ha)	Área (ha)	Mesorregião	Estado	Área (ha)	Mesorregião	Estado
Oeste	2.285.100	398.038	17,42	2,00	98.644	4,32	0,49
Noroeste	2.448.865	79.006	3,23	0,40	52.319	2,14	0,26
Sudoeste	1.164.579	39.994	3,43	0,20	20.481	1,76	0,10
Centro Ocidental	1.193.703	86.356	7,23	0,43	7.526	0,63	0,04
Centro Sul	2.640.978	380.644	14,41	1,91	32.287	1,22	0,16
Norte Central	2.455.573	196.431	8,00	0,99	68.975	2,81	0,35
Sudeste	1.702.090	1.013.209	59,53	5,08	15.600	0,92	0,08
Centro Oriental	2.184.955	810.050	37,07	4,06	16.501	0,76	0,08
Norte Pioneiro	1.572.668	156.006	9,92	0,78	41.419	2,63	0,21
Metropolitana	2.282.371	1.687.307	73,93	8,47	136.475	5,98	0,68
<b>TOTAL</b>	<b>19.930.882</b>	<b>4.847.041</b>	<b>24,32</b>		<b>490.227</b>	<b>2,46</b>	

O mapeamento de cidades apresentou uma mistura com o mapeamento dos corpos hídricos como se pode visualizar na Figura 5. Isto ocorreu, possivelmente, devido aos pixels de 250m das imagens Modis, localizados nas margens dos corpos hídricos que tiveram valores maiores e menores do que o esperado, respectivamente, para os corpos hídricos e cobertura florestal, causando confusão no mapeamento.

Desta forma, para análise quantitativa, apresentada na Tabela 2, optou-se em agrupar os dois alvos: corpos hídricos e cidades, numa única classe. Sendo assim, verificou-se que, respectivamente, 24,32% e 2,46% da área total do Estado é de cobertura florestal ou corpos hídricos e cidades, totalizando 26,78% do território paranaense. As mesorregiões Sudeste, Metropolitana de Curitiba e Centro Oriental têm 72,4% da área florestal do Paraná.

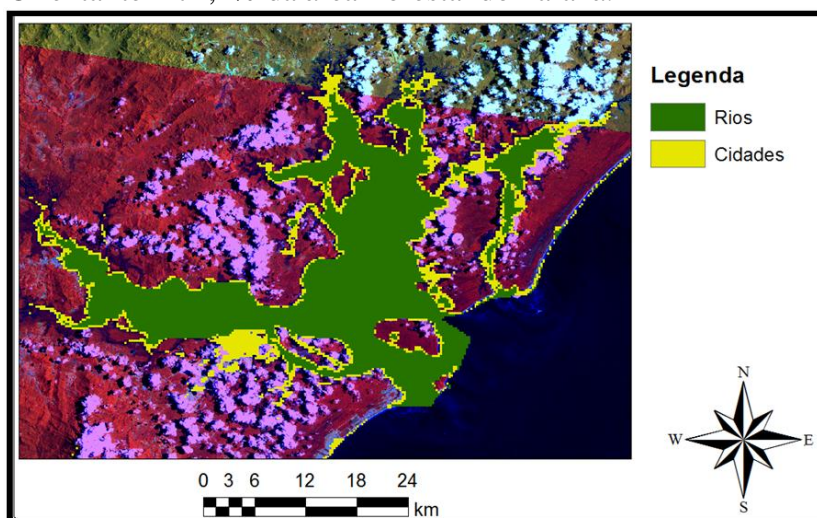


Figura 5: Mistura de pixels de corpos hídricos e de cidades nas margens do mar.

## CONCLUSÕES

Com o uso de imagens de satélite foi possível a realização do mapeamento dos alvos permanentes de cobertura florestal, corpos hídricos e cidades, dentro das limitações de resolução espacial (250m) do sensor utilizado.

As características de distribuição gratuita das imagens e a ampla área de imageamento (uma única cena para todo Estado) do sensor Modis mostraram-se interessantes à finalidade definida. Assim, os resultados obtidos neste trabalho servirão de base, para futuramente, realizar o mapeamento da atividade agrícola do Estado, ou seja, identificar quais e onde estão sendo cultivadas as culturas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

HUETE, A.D.L.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.195-213, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados Agregados**: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 fevereiro 2013.

JENSEN, J.R.; BOTCHWAY, K.; BRENNAM-GALVIN, E.; JOHANNSEN, C.J.; JUMA, C.; MABOGUNJE, A.; MILLER, R.; PRICE, K.; REINING, P.; SKOLE, D.; STANCIOFF, A.; TAYLOR, D.R.F. **Down to Earth**: geographic information for sustainable development in Africa. Washington: National Academy Press, 2002. 155p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2013, **Boletim Técnico** Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2013.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Technical specifications: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)**, 2013. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>. Consultado em 20 de janeiro de 2013.

SIMÕES, K. DEPPE, F.; LOHMANN, M.; MERCURI, E.G.F. Análise de perfis espectrais e mapas de diferença de NDVI para o monitoramento da evolução temporal da cultura da cana-de-açúcar no estado do Paraná. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 2009. Natal/RN. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p.491-498, 2009.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de reserva legal em imóveis rurais. **CERNE**, vol. 17, núm. 4, outubro-diciembre, Universidade Federal de Lavras/Lavras, Brasil, pp. 555-561, 2011

TRENTIN, R.; LOHMANN, M.; DEPPE, F.; GRASSI, J. Máscaras de cultivo de cana-de-açúcar das safras 2008, 2009 e 2010 no estado do Paraná. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 2011. Curitiba/PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p.607-614, 2011.

WTO - World Trade Organization; **International Trade Statistics 2011**, 2011. Disponível em: [http://www.wto.org/english/ress\\_e/statistics\\_e/world\\_commodity\\_profiles10\\_e.pdf](http://www.wto.org/english/ress_e/statistics_e/world_commodity_profiles10_e.pdf) Acesso em: 15/04/2014