

Utilização de Imagens CCD do Satélite Pléiades para identificação e mensuração de estruturas náuticas em espaços físicos em águas públicas de domínio da União

Igor Xavier de Araújo Costa ¹
Heithor Alexandre de Araújo Queiroz²
Sydney de Oliveira Dias ²

¹ Secretaria de Patrimônio da União - SPU - PB
Av. Pres. Epitácio Pessoa, 1705 - 58030-900 - João Pessoa - PB, Brasil
igor.costa@planejamento.gov.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Av. 1º de Maio, 720 - 58015-430 - João Pessoa - PB, Brasil
heithor_alexandre@hotmail.com
sydney.dias@ifpb.edu.br

Abstract. The use of remote sensing products in the identification and measurement of urban infrastructure is already widespread in the scientific and academic community. Still grows increasingly diverse applications, such as the demarcation of areas of interest to the Union. Regarding occupation of nautical structures on water mirror of the Union areas did not exist specific legislation, which is addressed by Ordinance No. 404 of 28 December 2012. Accordingly, the aim of this work is to evaluate the possible use of high resolution satellite Pleiades for the demarcation of nautical pier type structures. This methodology consists of making geometric image correction and quality control for the extraction of planimetric information (vectorization) of piers and comparing the values obtained with the "true values". From the experiments it was possible to generate a product with the scale compatible 1:2000.

Palavras-chave: remote sensing, quality control, vectorization, public areas.

1. Introdução

O Brasil é o quinto maior país do mundo em áreas descontínuas e o quarto maior quando se leva em consideração as terras contínuas. Analisando-se em um contexto global é comum associar essa grande extensão de terra como uma área de dimensões continentais, ocupando, inclusive, mais de 40% do território da América do Sul. Seu litoral compreende uma extensa faixa de terras banhadas pelo Oceano Atlântico com, aproximadamente, 7.500 km – desconsiderando as saliências e reentrâncias das desembocaduras de rios e lagos.

Monitorar e gerenciar as terras de um país com áreas de tais dimensões é realmente uma difícil e árdua tarefa. Conforme Artigo 19 do Decreto Lei nº 9.760, de 05 de Setembro de 1946, *”incumbe ao Serviço de Patrimônio da União (S.P.U.) promover, em nome da Fazenda Nacional, a discriminação administrativa das terras na faixa de fronteira, e nos Territórios Federais, bem como de outras terras de domínio da União, a fim de descrevê-las, medi-las e extremá-las do domínio particular”*. O artigo 1º desse Decreto Lei especifica quais são os bens imóveis pertencentes à União.

Com finalidade de normatizar a ocupação e exploração de espelhos d'água de domínio da União foi publicada recentemente no Diário Oficial da União (D.O.U.), a Portaria nº 404 de 28 de Dezembro de 2012 (404/2012) que estabelece as normas e procedimentos para instrução de processos visando à cessão de espaços físicos em águas públicas e fixa parâmetros para o cálculo do preço público devido, a título de retribuição à União. Conforme Artigo 2º, *“São enquadradas nessa portaria as estruturas náuticas em espaço físico em águas públicas de domínio da União, tais como lagos, rios, correntes d'água e mar territorial, até o limite de 12 milhas marítimas a partir da costa”*.

O Sensoriamento Remoto possibilitou, nas últimas décadas, o desenvolvimento de diversas metodologias para análises ambientais, estudos envolvendo classificação de uso e ocupação do solo, cadastro rural e urbano, entre outros. Com o crescente avanço no desenvolvimento tecnológico de sensores tornou-se possível obter imagens com alto grau de detalhamento da superfície terrestre. A exemplo disso podemos citar diversos satélites que operam com sensores de alta resolução espacial como o Ikonos II, QuickBird, Geoeye, Eros C, CartoSat, Spot 6, Wordview 1 e 2, Kompsat, Gaofen 1 e 2, Pléiades, entre outros.

Lançado pela Agência Espacial Francesa (CNES) em 2012, o Pléiades é um dos satélites que operam com sensores CCD que possibilitam a obtenção de imagens de alta resolução espacial. De acordo com a Agência Espacial Francesa, o sistema Pléiades foi concebido para finalidades civis e militares. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é desenvolver uma metodologia que possibilite o mapeamento e cálculo de áreas de estruturas náuticas em espaço físico em águas públicas de domínio da União.

2. Revisão de Literatura

2.1 Legislação sobre áreas de interesse da União

No contexto de demarcação de áreas de domínio da União um dos principais documentos é o Decreto Lei nº 9.760, de 05 de Setembro de 1946. O Artigo 1º do referido Decreto Lei inclui os bens pertencentes à União, contudo, não existia nenhuma regulamentação ou norma específica sobre ocupação em espelho d'água. Nesse contexto é que surge a recém lançada Portaria nº 404/2012. De acordo com o Art. 3º:

“As estruturas náuticas, para fins dessa portaria, são classificadas da seguinte forma:

I – de interesse público ou social;

II – de interesse econômico particular;

III – de uso misto. “

A cobrança devida de tributos referente à utilização do espaço físico em águas públicas deve ser calculada de acordo com a Equação 1 – conforme especificado no Art 7º *“As estruturas náuticas de interesse econômico ou particular e de uso misto terão o valor do preço anual pelo uso do espaço físico em águas públicas federais calculado conforme a seguinte equação:”*

$$V_{cuo} = V_{efap} \times A \times 0,02 \quad (1)$$

Onde:

I - V_{cuo} = Valor do preço público anual da cessão de uso onerosa em reais;

II - V_{efap} = Valor do espaço físico em águas públicas em reais por metro quadrado;

III - A = Área de utilização privativa do espaço físico em águas públicas federais, em metros quadrados;

Conforme Anexo da Portaria nº 404/2012, entende-se como estrutura náutica *“equipamento ou conjunto de equipamentos organizadamente distribuídos por uma área determinada, com a finalidade de apoio à atracação, embarque, desembarque e trânsito de pessoas, cargas ou produtos ou à atividade sobre o espaço físico em águas públicas, tais como empreendimentos náuticos, píeres, rampas, trapiches, flutuantes, atracadouros (flutuantes ou não)”*. Na presente pesquisa o tipo de estrutura náutica escolhida para o mapeamento foi do tipo trapiche, considerados como estruturas leves, horizontais, planas, montada sobre flutuante ou pilotis, lançada da terra para a água, para acesso a embarcações.

2.2 Sistema de imageamento Pléiades – Plataforma, Sensores e Produtos

O Satélite Pléiades opera em uma órbita sincronizada com o sol (*sun-synchronous*), com passagem às 10:15 Am no Equador, em uma altitude média de 649,9 km e com ciclo de 26 dias. Essa configuração faz com que o satélite efetue de 14 a 15 ciclos por dia. É um satélite

extremamente ágil no que se refere à capacidade de aquisição de um grande número de imagens por dia, possuindo uma habilidade para aquisição *offnadir* de até seis diferentes faixas (Figura 1) em uma mesma órbita permitindo ainda obter estereomagens duplas ou triplas.

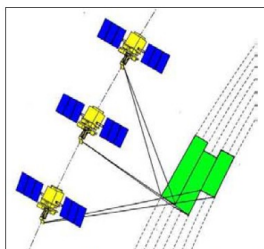


Figura 1 – Capacidade de aquisição de faixas de imagens e mosaicagem.

De acordo com Blanchet et al. (2012), as imagens geradas pelo sistema sensor são adquiridas simultaneamente no modo pancromático e multiespectral. A partir da Figura 2, é possível observar o sistema multiespectral (XS) e o pancromático (PA). Esse conjunto de sensores permite a obtenção de imagens no modo multiespectral e pancromático em visadas nadirais com resolução espacial nominal de, aproximadamente, 0,70m. O sensor multiespectral compreende um arranjo de 5 sensores *pushbroom* com 1500 detectores cada e o sensor pancromático com 5 arranjos lineares de 6000 detectores. O sistema para captação das imagens pancromáticas utiliza tecnologia TDI (*Time Delay Integration*) que possibilita obtenção de imagens sem arrasto. Esse conjunto de detectores está localizado no plano focal do telescópio e adquire as imagens pelo modo de varredura linear (*pushbroom*).

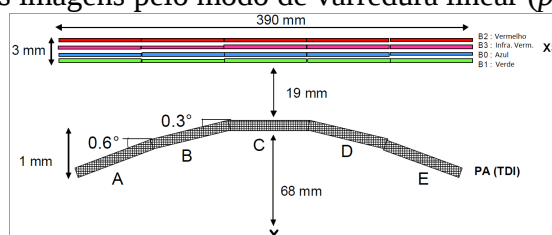


Figura 2 – Arranjo linear dos sensores CCD (BLANCHET et al., 2012)

A resolução espectral do sistema multiespectral (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo) e pancromático pode ser vista no Quadro 1.

Spectral ranges	$\lambda_{\min}$	$\lambda_{\max}$
Panchromatic	0.47 μm	0.83 μm
B0 - Blue	0.43 μm	0.55 μm
B1 - Green	0.50 μm	0.62 μm
B2 - Red	0.59 μm	0.71 μm
B3 - Near Infrared	0.74 μm	0.94 μm

Quadro 1 – Bandas espectrais do Pléiades.

Ainda segundo os autores o satélite é equipado com moderno sistema de giroscópios bem como de sistema de rastreio de estrelas que possibilita a obtenção de parâmetros para correção geométrica das imagens - para os usuários que necessitam de um produto com alto padrão de precisão geométrica sem a necessidade de utilização de pontos de controle no terreno.

Com relação aos produtos comercializados pela Astrium, representante oficial para aquisição de imagens pléiades, existe a possibilidade de aquisição de imagens em uma única banda (pancromática) bem como as composições coloridas (QUADRO 2).

Band Combination products	Image files (*)	Number of band
Panchromatic (Black and White, 50cm)	1	1
Pan-sharpened 3-Band (Natural Color, 50cm)	1	3
Pan-sharpened 3-Band (False Color, 50cm)	1	3
Pan-sharpened 4-Band (Color, 50cm)	1	4
Multispectral 4-Band (Color, 2m)	1	4
Bundle (Panchromatic, 50cm + 4-Band Color, 2m)	1 + 1	1 + 4

(*) Regardless of tiling

Quadro 2 – Produtos Pléiades

2.2 Utilização de imagens de alta resolução em mapeamento

Após o lançamento do IKONOS II, primeiro satélite a operar com sensores que possibilitaram obter imagens de alta resolução, em 1999, iniciou-se uma corrida mundial para o lançamento de satélites para produção de imagens de alta resolução.

Com o desenvolvimento tecnológico dos sensores orbitais muitas pesquisas foram elaboradas utilizando imagens para cadastro técnico rural (SILVA, 2007) mapeamento de área de preservação permanente (TRABAQUINI ET AL., 2009), mapeamento da cobertura vegetal (SILVA ET AL., 2011; GRISI ET AL., 2013), inventário florestal (MATAVELLI, 2011), georreferenciamento de imóveis rurais (BARROS E FERRI, 2013), correção geométrica com modelos aproximados e rigorosos (DIAS, 2011) entre outros.

3. Materiais e Métodos

3.1 Materiais

Para a realização dos experimentos utilizou-se um recorte de uma imagem obtida pelos sensores CCD do satélite Pléiades. A cena disponibilizada pela Astrium, corresponde a um recorte de uma cena completa. O Quadro 3 mostra as principais características dessa cena.

Nome do provedor	Astrium Service / SPOT Image
Data aquisição	19/09/2012
Nível de processamento geométrico	Ortho
Nível de processamento radiométrico	Básico
Modo espectral	PMS-N
Datum	WGS-84
GSD	0,5m
Ângulo de visada longitudinal (Along Angle)	-25,71735091065202°
Ângulo de visada lateral (Accross Angle)	7,248977604895239°
Posição do Satélite	Lat= -4,3052° Long=-34,1347°
Altitude do Satélite	694 km
Dimensões da imagem	colunas= 9175; linhas=27020

Quadro 3 – Especificações da Imagem utilizada

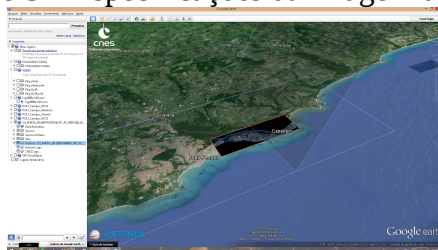


Figura 3 - Detalhe da Cena obtida.

3.2 Métodos

A metodologia adotada para a presente pesquisa consiste na extração das feições de interesse a partir da imagem devidamente georreferenciada, o cálculo das áreas dessas feições e avaliações estatísticas comparativas entre os valores obtidos a partir da vetorização das feições nas imagens e os valores assumidos como “verdadeiros”, obtidos em campo com levantamento GNSS/RTK.

Com objetivo de se obter pontos de controle para o georreferenciamento da imagem Pléíades bem como os pontos das feições de interesse (trapiche), o primeiro passo foi efetuar o planejamento para levantamento de campo. Essa etapa consistiu em analisar a imagem e efetuar uma pré-seleção de possíveis pontos foto-identificáveis para georreferenciamento da imagem e controle de qualidade (pontos de verificação). Optou-se em escolher pontos de fácil acesso no terreno e, preferencialmente, pontos situados no nível do terreno.

Para o georreferenciamento da imagem optou-se em utilizar os modelos matemáticos lineares (1° e 2° grau). Foram levantados em campo um total de 45 pontos para georreferenciamento e controle de qualidade. O controle de qualidade da imagem consistiu em avaliar as discrepâncias obtidas das coordenadas dos pontos de verificação comparadas com seus valores assumidos como “verdadeiros” obtidos pelo levantamento GNSS/RTK. O critério para controle de qualidade da imagem georreferenciada foi efetuado avaliando-se a precisão e tendência (NERO, 2003; DIAS, 2011).

Para o levantamento das estruturas náuticas escolhidas (trapiches), efetuou-se um levantamento detalhado de todos os vértices definidores da plataforma fixa a flutuante, conforme pode-se verificar na Figura 4. Por questões de agilidade, praticidade e qualidade na precisão final dos pontos optou-se em efetuar todos os levantamentos (imagem e trapiche) com receptor GNSS utilizando a técnica de posicionamento em tempo real (RTK).



Figura 4 - Detalhe do levantamento GNSS/RTK no Trapiche 1.

A partir da imagem devidamente georreferenciada, o passo seguinte foi efetuar a vetorização dos trapiches na imagem com o objetivo de calcular a área e o perímetro visando efetuar a comparação dos valores obtidos com os levantados em campo (GNSS/RTK).

4. Resultados

A partir da Figura 5 é possível observar os pontos de controle que foram utilizados no processo de georreferenciamento bem como os pontos de verificação, utilizados para avaliação do controle de qualidade. O controle de qualidade efetuado para a imagem georreferenciada baseia-se na utilização do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) aplicado para as escalas 1:5000 e 1:2000, efetuando-se teste estatístico tendência - baseado na distribuição normal - e o teste de precisão, utilizando Qui-Quadrado.

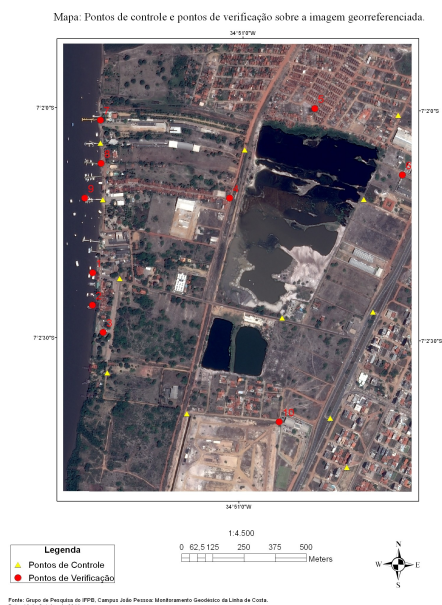


Figura 5 - Recorte utilizado para realização dos experimentos.

Os resultados para o teste estatístico *t-student* e Qui-Quadrado podem ser visto na Tabela 1, onde é possível observar que em ambos os testes a hipótese nula foi aceita, ou seja, não verificou-se tendenciosidade em nenhuma das componentes (E e N) e o teste de precisão permitiu classificar o produto na Classe "A" para a escala 1:2000 (FIGURA 6), segundo PEC.

Tabela 1 - Resultados testes estatísticos do controle de qualidade (*t-student* e *Qui-Quadrado*) para Escala 1:2000.

Teste tendência	Coordenadas	
	E (m)	N (m)
$\mu_{\Delta X}$ (m)	-0,188	-0,177
$\sigma_{\Delta X}$ (m)	0,360	0,414
Z_{tab}	-1,6449	1,6449
Z_{xcalc}	1,61	1,35
Tendência	Não	Não
Teste Precisão		
$\chi^2_{(9,10\%)}$	14,68	14,68
χ^2	3,249	4,289
CLASSE	A	A

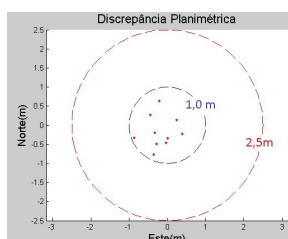


Figura 6 – Discrepância das coordenadas planimétricas dos pontos de verificação.

A partir da Figura 7 é possível observar o detalhe dos polígonos dos trapiches selecionados para realização dos experimentos quantitativos. A Tabela 2 apresenta os valores de área e perímetro obtidos a partir da vetorização na imagem *orthobasic*, na imagem georreferenciada bem como os dados da “verdade de campo”, obtidos a partir do levantamento GNSS/RTK. É possível observar que tanto na imagem “*orthobasic*” como na

imagem georreferenciada, os valores de área e perímetro ficaram bem próximos aos valores assumidos como “verdadeiros”.

Tabela 2 - Resultados comparativos entre os valores de área e perímetro obtidos.

Trapiches	GNSS RTK		Imagem OrthoBasic						Imagem Georreferenciada					
	Área	Perímetro	Área	Perímetro	ΔA	ΔP			Área	Perímetro	ΔA	ΔP		
cd	m ²	m	m ²	m	(m)	(%)	(m)	(%)	m ²	m	(m ²)	(%)	(m)	(%)
T1	281,85	206,1	280,95	208,54	-0,9	-0	2,44	1,18	285,97	207,55	-0,9	-0,32	1,45	0,7
T2	171,63	204,52	173,12	202,71	1,49	0,867	-1,81	-0,9	167,83	205,38	1,49	0,87	0,86	0,42
T3	144,96	165,57	140,04	171,39	-4,9	-3,39	5,82	3,52	138,82	170,73	-4,9	-3,39	5,16	3,12
T4	207,39	191,69	187,3	179,5	-20,1	-9,68	-12,2	-6,4	195,13	176,18	-20	-9,69	-15,51	-8,1

Apenas o Trapiche 4 apresentou elevada discrepância nos valores comparativos. Uma das principais justificativas para esse resultado foi a não tendenciosidade na vetorização das feições escolhidas, ou seja, o operador vetorizou os trapiches sem pensar na ida à campo, simplesmente fotointerpretando a imagem, o que ocasionou algumas inconsistências na definição do polígono correspondente ao trapiche 4 e, conseqüentemente, uma elevada discrepância no valor de área quando comparada com o valor assumido como “verdadeiro”.

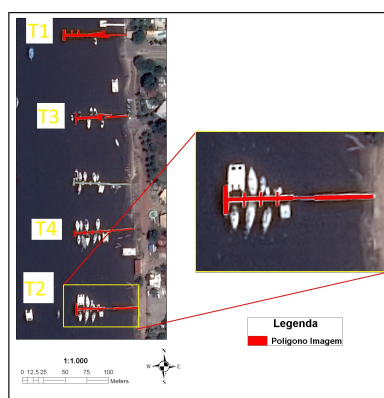


Figura 7 - Detalhe dos trapiches levantados em campo e vetorizados na imagem.

5. Conclusões

A utilização de imagens de satélites para finalidades cartográficas é uma realidade e os resultados dos experimentos utilizando-se as imagens Pléiades, com resolução espacial de, aproximadamente, 0,5 metros confirmam a possibilidade de utilização das mesmas para mapeamento planimétrico de produtos compatíveis com a escala 1:2000, Classe A, segundo o PEC. Nesse sentido a metodologia proposta alcançou resultados satisfatórios na demarcação de estruturas náuticas do tipo trapiche.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio no fomento de bolsa de estudos (PIBITI) para projeto de pesquisa, ao Grupo de Pesquisa em Monitoramento Geodésico da Linha de Costa da Paraíba e à Astrium Brasil por ceder a imagem, obtida no XV SBSR.

7. Referências Bibliográficas

Barros, A. F.; Ferri, M.; Utilização de imagem de alta resolução espacial no levantamento de vértices de limites naturais inacessíveis na Amazônia Legal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1197-1204. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00065-2. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1249.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

BRASIL. Decreto nº. 89.817 , de 20 de junho de 1984. Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de junho de 1984.

BRASIL. Decreto nº. 9.760, de 05 de Setembro de 1946. Dispõe sobre os bens imóveis da União. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Rio de Janeiro, 05 de setembro de 1946.

BRASIL. Portaria nº. 404, de 28 de Dezembro de 2012 da Secretaria do Patrimônio da União. Dispõe sobre cessão de espaços físicos em águas públicas da União. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 de dezembro de 2012.

Blanchet, G.; Lebegue, L.; Fourest, S.; Latry, C.; Porez-Nadal, F.; Lacherade, S.; Thiebaut, C.; Pleiades-HR innovative techniques for radiometric image quality commissioning. In: XXII ISPRS Congress, 2012, Melbourne, Austrália. *International Archives of the Photogrammetry , Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.

Grisi, M. M.; Araki, H.; Biondi, D.; O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial – Geoeye na identificação da arborização urbana. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1030-1037. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00065-2. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1243.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

Dias, S. O. **Estudos sobre a determinação de coordenadas tridimensionais empregando imagens de alta resolução – Ikonos II**. 2011. 181 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

Matavelli, C. J.; Planejamento e execução do inventário florestal em reflorestamentos homogêneos de *Pinustaeda e Eucalyptus dunnii* utilizando imagens de alta resolução espacial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 1660-1665. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00057-7. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0516.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

Nero, M. A. **Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional**. 2005, 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

Passos, A. C. P.; Markus, F. F.; Antunes, A. F. B.; Araki, H.; Avaliação da aplicabilidade de imagem de alta resolução para o cadastro técnico municipal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. Artigos, p. 1139-1145. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.21/doc/1139.1145.041.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

Santos, C. S.; Castro, C. M. S.; Ribeiro, T. R.; Aplicação de imagens de satélite de alta resolução no planejamento urbano: o caso do cadastro técnico multifinalitário de Mata de São João, Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 3843-3850. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00057-7. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1683.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

Silva, R. R.; **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário**, 2007, 139 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

Trabaquini, K.; Takeda, M. M. G.; Romagnoli, R.; Barros, M. V. F.; Oliveira Júnior, H. J.; Shimabukuro, Y. E. Avaliação das APPs em áreas de fundo de vale na cidade de Londrina-PR utilizando imagens de alta resolução. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1047-1054. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.14.19.46/doc/1047-1054.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.