

**ANÁLISE DOS PADRÕES DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL E
ELABORAÇÃO DE CHAVE DE INTERPRETAÇÃO PARA IMAGENS
LANDSAT-8/SENSOR OLI E IRS2/SENSOR AWiFS, NO ESTADO DO PARÁ,
AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA.**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Emily Regina Siqueira Dias (UFPA/ INPE, Bolsista)

emily.das@inpe.br

Igor da Silva Narvaes (INPE, Orientador)

igornarvaes@inpe.br

COLABORADORES:

Arlesson Antônio de Almeida Souza (INPE)

Jeremias Vitório Pinto Feitosa (INPE)

Julho de 2016

Sumário

1. Resumo do plano de trabalho	03
2. Resumo das atividades	04
3. Resumo dos processos realizados	04
4. Localização da área de estudo	05
5. Resultados obtidos	06
6. Conclusões	16
7. Atividades	16
8. Referências	17

1. Resumo do plano de trabalho

Diante das constantes transformações ocorridas no território amazônico desde a sua ocupação na década de 60, estão presentes a degradação e o desmatamento da floresta (ALENCAR *et al.*, 1996), realidades expressivas na região que demandam devida atenção. Segundo Fearnside (2004) os dados divulgados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) demonstram que taxa de degradação e desmatamento na Amazônia tem oscilado e isso se dá em função de uma variedade de forças – econômicas e políticas que envolvem esta temática.

Contudo, para que haja tomada de decisões para a preservação e conservação da floresta o Brasil conta com o suporte de serviços de mapeamento sistemático da Amazônia, um destes é o Projeto DETER-B (Sistema de Detecção de Desmatamento e Alterações na Cobertura Florestal em Tempo Quase Real) desenvolvido pelo INPE que identifica e mapeia áreas desmatadas e alterações de sua cobertura em formações florestais. Para cumprir sua função este sistema utiliza imagens do sensor AWiFS e WFI de resolução espacial de 56m e 60m respectivamente que registra uma imagem do mesmo ponto no intervalo de 5 dias por toda a extensão amazônica e obtém polígonos com assertividade com dimensões superiores a 3ha. No projeto, são utilizadas 7 classes: degradação (em diferentes intensidades); corte seletivo (padrão geométrico e padrão aleatório); desmatamento por corte raso; desmatamento com vegetação e mineração.

A primeira fase deste plano de trabalho teve como objetivo criar uma chave de interpretação para a classe de degradação no Estado do Pará em diferentes estágios (baixo, moderado, intenso, e cicatriz de incêndio florestal). Através do mapeamento realizado junto ao projeto DETER-B, a análise dos resultados da distribuição espacial se deu por meio da ilustração de mapas de indicação das tendências de distribuição baseadas na literatura especializada sobre o tema. Após concluir a primeira etapa, foram adotados novos objetivos, sendo eles: a) analisar quais foram as eventuais mudanças que ocorreram dentro da classe de degradação que possam ter evoluído para desmatamento por corte raso, desmatamento com vegetação e eventualmente para mineração; b) criar uma nova chave de interpretação com a inclusão das classes supracitadas acima, c) verificar o cenário da degradação e da dinâmica espaço temporal no mesmo local após um ano de pesquisa no Estado do Pará. O recorte temporal da análise foi de: outubro/novembro de 2014 a dezembro de 2015.

2. Resumo das atividades

Nos primeiros meses foi feito um levantamento bibliográfico a respeito do conceito de degradação e desmatamento para melhor compreensão das classes que serão utilizadas.

Posteriormente deu-se início a aprendizagem para utilização das ferramentas do software TerrAmazon que utiliza conceitos de Geoprocessamento, por meio do cruzamento de planos de informação, de dados georreferenciados oriundos da estruturação inicial de um banco de dados em TerraLib (VINHAS e FERREIRA, 2005).

Foi aplicado a metodologia do programa DETER-B para a geração das referidas classes, realizando aquisição de imagens para elaboração da chave de interpretação e obtenção de dados para compreensão da dinâmica da degradação florestal no Estado do Pará.

As imagens utilizadas para elaboração da chave de interpretação foram as AWiFS disponíveis no catálogo de imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). A estrutura de disponibilização destas imagens seguem a nomenclatura estabelecida pela Agência Espacial Indiana (ISRO), obedecendo a seguinte ordem: A (noroeste), B (nordeste), C (sudoeste) e D (sudeste) e estão disponíveis em quadrantes e nas bandas 2, 3, 4 e 5. Porém para este processo foram usadas as bandas 5, 4 e 3, que correspondem às regiões do espectro eletromagnético do infravermelho médio (1,55-1,70 μm), infravermelho próximo (0,77-0,86 μm) e vermelho (0,62-0,68 μm). Para elaboração da chave de interpretação (Tabela 1) foi utilizado o recorte de três imagens em suas composições colorida e a fração solo, gerada por técnicas de processamento de imagem estabelecida em Shimabukuro e Smith (1991) que melhor ilustraram o padrão adotado a cada classe, por meio do realce do solo exposto. Para a comparação entre os meses eleitos nesta análise foram utilizadas 66 imagens correspondentes a cobertura territorial do Estado do Pará.

3. Resumo dos processos realizados

Para GEWRNIN e VIDAL (2002) a degradação é tida como o estágio intermediário da vegetação entre floresta intacta e a floresta desmatada. Neste trabalho, entende-se como sinônimo de desmatamento o conceito de corte raso, que segundo o INPE (2008) é quando ocorre a supressão total da cobertura florestal original, onde o solo fica coberto por resíduos de madeira morta ou por vegetação rasteira. Logo, pressupõe-se que se uma área degrada não for regenerada naturalmente e/ou por

enriquecimento de espécies nativas, esta inevitavelmente se tornará uma área desmatada. A chave de interpretação elaborada demonstra de forma visual a dinâmica desta mudança de uso de áreas degradadas para desmatamento por corte raso e desmatamento com vegetação, para o Estado do Pará, no intervalo de um ano.

Na execução da intersecção entre os dados de degradação do ano de 2014 e o desmatamento do ano de 2015 no Estado do Pará, as diferentes intensidades de degradação (degradação avançada, intermediária e inicial) mapeadas em 2014 foram agrupadas em uma só classe denominada apenas de degradação. Após esta etapa, foi feita a intersecção com os dados diários de desmatamento por corte raso e desmatamento com vegetação, obtidos no projeto DETER-B (DINIZ et al., 2015), durante o ano de 2015 (Figura 1).

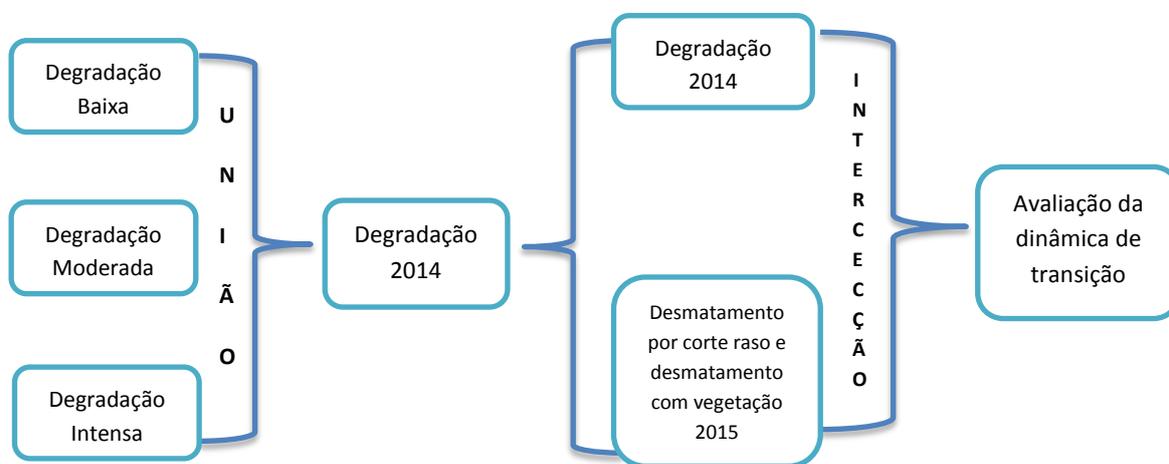


Figura 1: Processo de agrupamento de classes, cruzamento e comparação de dados.

4. Localização da área de estudo

O Estado do Pará compreende 1.247.954,320 km² de extensão e é composto por 144 municípios (IBGE 2010), correspondente a 15% do território nacional sendo o segundo maior Estado do Brasil (Figura 2). A população estimada para o Estado no ano de 2015 foi de 8 milhões de pessoas. O clima do Estado segundo a classificação de Köppen divide-se entre tropical superúmido, tropical chuvoso e tropical quente (MARTORANO et al., 1993). Os solos predominantes são compostos por argissolos, cambissolos, latossolos, luvisolos e neossolos (IBGE, 2011), enquanto a formação vegetal é diversificada entre floresta ombrófila densa, floresta estacional e regiões de transição entre floresta de campinarana (IBGE, 2011).

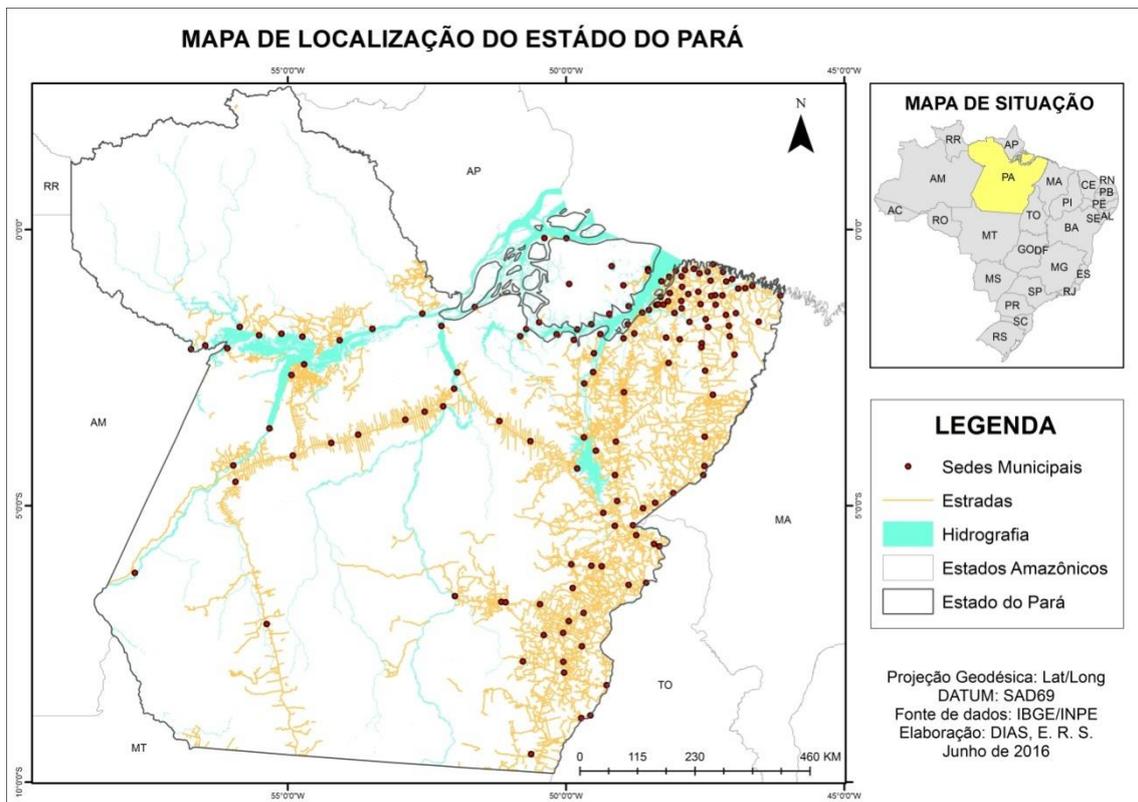


Figura 2. Mapa de Localização do Estado do Pará

5. Resultados obtidos

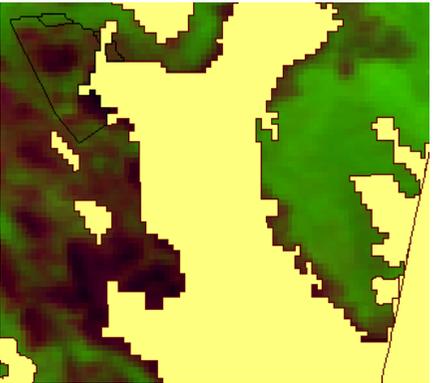
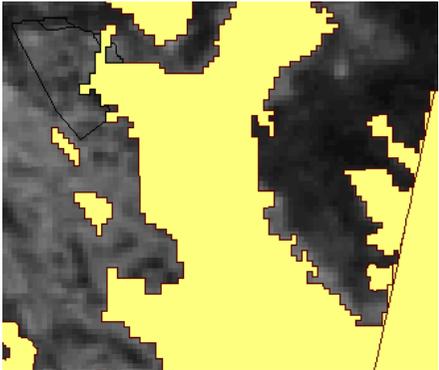
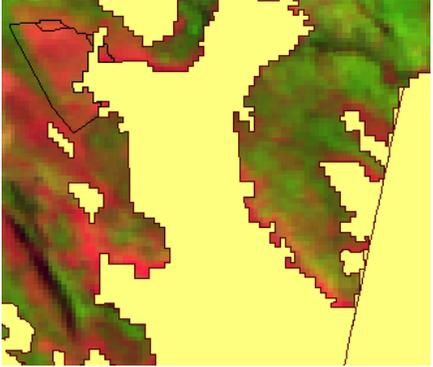
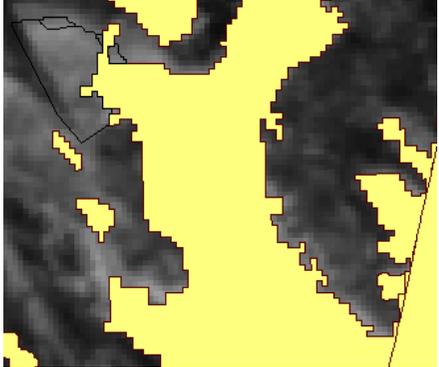
O interesse por temas associados a mudança do uso do solo tem aumentado dentro e fora do meio científico, Aguiar (2003) justifica que isto se dá

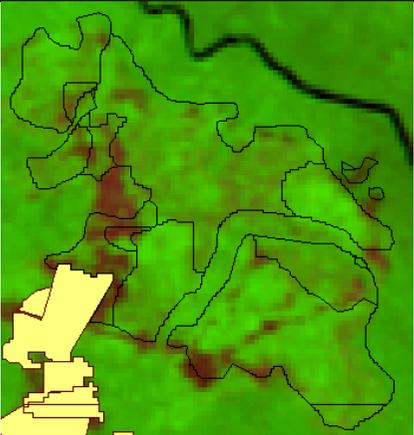
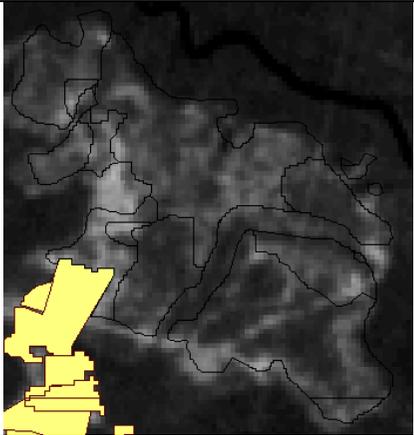
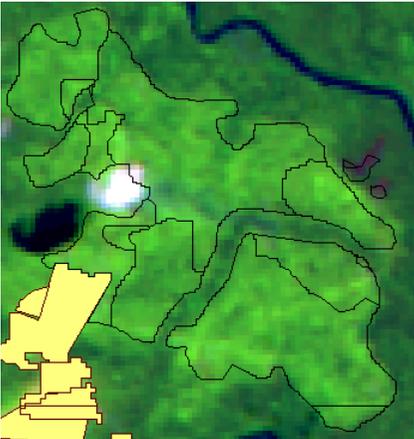
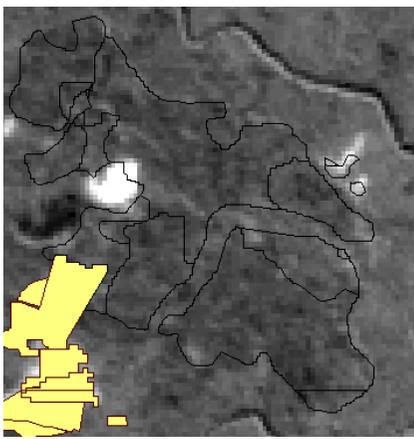
[...] “devido ao acelerado processo de mudança das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e sócio-econômicos dessas mudanças, que causam preocupações desde o nível local até o global”.

O Sensoriamento Remoto por meio de interpretação de imagem tem muito a contribuir para a compreensão do cenário das possíveis mudanças na cobertura do solo. Ao que se restringe este trabalho, as mudanças aqui analisadas será a conversão da degradação em desmatamento no Estado do Pará admitindo padrões, que para LAMBIM (1999) são subsídios fundamentais para análise temporal da modificação da cobertura florestal. Parrota et al. (2012) afirma que degradação e desmatamento agem muitas vezes sinergicamente, podendo dificultar a diferenciação de ambos.

Desta forma, com base no sinergismo e na dinâmica de transição exposta acima, além das áreas de alerta gerados no programa DETER-B, foi possível elaborar uma chave de interpretação (Tabela 1), o qual demonstra através de cor, tonalidade, textura, forma e contexto a diferenciação entre estas transições.

Tabela 1 – Chave de Interpretação das transições analisadas

COMPARAÇÃO DA MUDANÇA DA COBERTURA FLORESTAL	COMPOSIÇÃO COLORIDA	IMAGEM FRAÇÃO SOLO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO NA COMPOSIÇÃO COLORIDA 5(R), 4(G) e 3(B)	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO NA FRAÇÃO SOLO
<p>DEGRADAÇÃO EM 2014</p>			<p>Cor: Verde e magenta Tonalidade: Media Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Tonalidades de verde e magenta mesclados, relacionadas à presença de clareiras, solo exposto, vegetação secundária ou nativa.</p>	<p>Cor: Cinza Tonalidade: Clara Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Escala de tons de cinza com predomínio da cor mais clara, associados à presença de clareiras e solo exposto, pouca evidência de vegetação secundária ou nativa.</p>
<p>DESMATAMENTO POR CORTE RASO EM 2015</p>			<p>Cor: Magenta Tonalidade: Clara Textura: Lisa Forma: Regular Contexto: Tonalidade de magenta claro relacionado com o solo exposto, indicativo de retirada total da vegetação, tem com contorno bem definido entre o solo e a matriz florestal.</p>	<p>Cor: Cinza Tonalidade: Clara Textura: Lisa Forma: Regular Contexto: Predomínio do tom de cinza claro contínuo associado ao solo exposto e com contorno bem definido entre o solo e a matriz florestal.</p>

<p>DEGRADAÇÃO EM 2014</p>			<p>Cor: Verde e magenta Tonalidade: Clara e média Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Tonalidades de verde e magentas misturados relacionadas à presença de clareiras, solo exposto, vegetação secundária ou nativa.</p>	<p>Cor: Cinza Tonalidade: Clara e média Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Escala de tons de cinza, associados à presença de clareiras e solo exposto, vegetação secundária ou nativa.</p>
<p>DESMATAMENTO COM VEGETAÇÃO EM 2015</p>			<p>Cor: Verde Tonalidade: Clara Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Tonalidades de verde claro associadas a vegetação rasteira em formação e/ou em regeneração.</p>	<p>Cor: Cinza Tonalidade: Média Textura: Rugosa Forma: Irregular Contexto: Predomínio de tonalidade cinza médio ou escuro, indicativo de vegetação rasteira em formação e/ou em regeneração. Neste caso, pelo fato da feição assemelhar-se a vegetação primária, não é muito perceptível na fração solo.</p>
<p> Máscara do PRODES</p>		<p> Limite das feições mapeadas</p>		

O mapeamento de transição das classes demonstrou que 2,27% de áreas mapeadas como degradação acumuladas nos meses de outubro e novembro de 2014 passaram a ser desmatamento em 2015 (Tabela 2):

Tabela 2 – Quantificação das áreas (em km²) de conversão florestal

Classes	Área (km ²)	Área em porcentagem (%)
Área de degradação em 2014	5.435,50	100
Área de conversão para corte raso	63,68	1,17
Área de conversão para desmatamento com vegetação	59,77	1,1
Área de conversão em 2015	123,45	2,27

Valores semelhantes foram encontrados no estudo de Pinheiro et al. (2016) na região da BR-163, no sudoeste do estado do Pará, onde em 28 anos, apenas 19% das áreas mapeadas como degradação foram convertidas em desmatamento. Embora este estudo tenha analisado áreas de exploração florestal em menores proporções, ficou comprovado que a trajetória de áreas degradadas em sua grande maioria não são convertidas diretamente em áreas desmatadas, indicando ainda que as áreas de exploração florestal foram abandonadas por aproximadamente 4 anos, antes de sua completa abertura e consequente conversão para desmatamento.

Levando em consideração que a degradação é tida como processo incremental na exploração das florestas e consequentemente conversão para desmatamento, e (GERWING e VIDAL, 2008), o tempo de mudança do total das áreas convertidas de floresta, no período de análise, comprova tal afirmação (Figura 3).

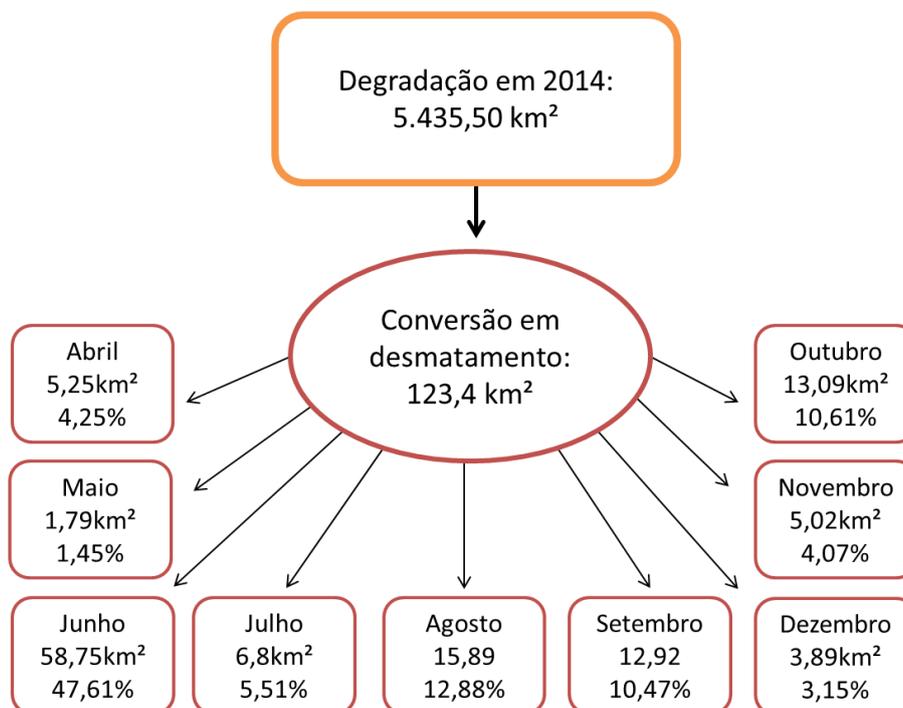


Figura 3: Distribuição mensal da área de conversão florestal

Os dados demonstram que o mês em que houve maior conversão de degradação em 2014 para desmatamento em 2015 foi em junho com 47,5% da área total mapeada, enquanto as menores taxas concentram-se em abril, maio e dezembro. Essas variações nas taxas de conversão são confirmadas pelo regime de chuvas na região Amazônica, onde o período de forte atividade convectiva na região é compreendido entre novembro e março e o período de baixa atividade convectiva fixa-se entre os meses de maio e setembro, já os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro (Fisch et al., 1998).

O fato dos meses de dezembro, abril e maio terem menores índices de conversão florestal é previsto pelas Leis nº 12.651 de 25 de maio de 2012; nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 e nº 6.905 de 12 de fevereiro de 1998 (D.O.U – Instrução Normativa nº3/ 2015) que determinam que do dia 16 de dezembro a 14 de maio de cada ano deve haver restrição quanto as concessões de usos florestais que englobam: atividades de construção de estradas, pátios, corte, arraste e transporte na floresta no período chuvoso em floresta de terra-firme no bioma amazônico devido a sazonalidade local. Do ponto de vista da preservação da floresta, Pires et al. (s.d) afirma que esta restrição é benéfica haja vista “os impactos ambientais provocados pela exploração madeireira em época chuvosa serem maiores do que os impactos no período de estiagem”.

Araujo et al. (2013) afirmam que a degradação envolve uma combinação de fatores que reduzem os potenciais de determinada área, onde estes processos podem ter gênese antrópica, tais como a remoção da cobertura florestal para posterior condução do gado ou natural como a textura e composição do solo frágeis ligados a regimes de chuvas fortes, por exemplo.

Ao analisar o mapeamento realizado em 2014 para as áreas degradadas no Estado do Pará (Figura 4), observa-se que os as regiões de concentração da degradação localizam-se principalmente frente rodovias de grande fluxo no Estado, sendo elas: BR-163, BR-230, BR-158 e PA-270, nas proximidades dos municípios de: Altamira, Itaituba, Novo Progresso, Aveiro, Rurópolis, Medicilândia, Cumaru do Norte, Santana do Araguaia, Santa Maria das Barreiras e São Félix do Xingu.

Esta relação entre áreas de exploração florestal desordenada frequentemente ligada a degradação frente as estradas foi comprovada em alguns estudos. Asner et al. (2009) afirmam que 70% destas áreas na Amazônia distam até 10km das estradas pavimentadas enquanto no Arco desmatamento esta proximidade muda para 5km mesma relação de distância encontrada no contexto do Estado do Pará por Lameira et al. (2010).

Assim, estes investimentos em infra-estrutura promovem a viabilidade econômica desde agroflorestas (Smith et al., 1996) à agriculturas tecnificadas, todavia medida que novas infra-estruturas são criadas há o crescimento dos mercados regionais e também nacional, sendo que estes trazem consigo a viabilidade econômica para a agricultura e a exploração madeireira nas terras centrais da Amazônia valorizando também de preço de suas terras (Soares-Filho et al., 2005).

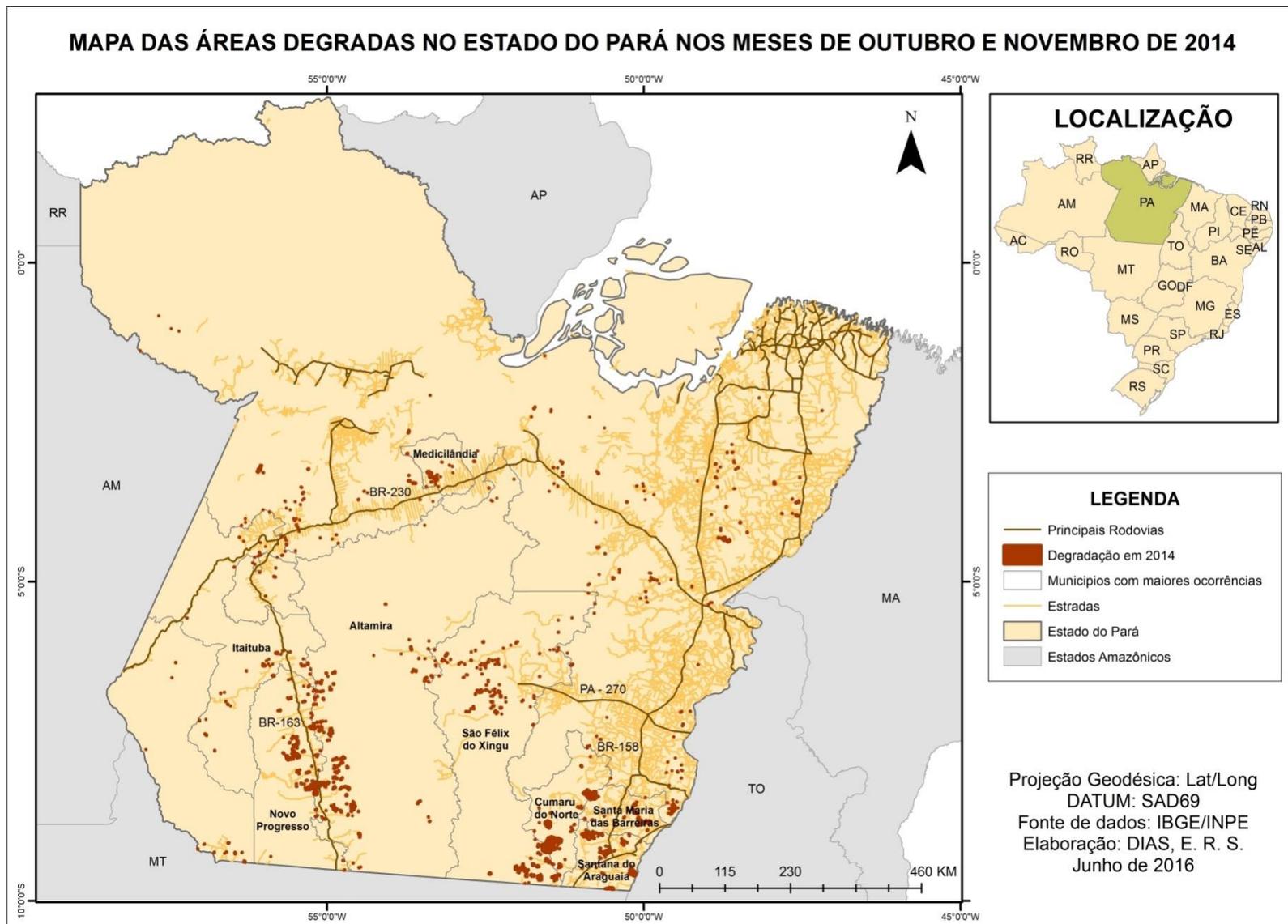


Figura 4 – Mapa de degradação no Estado do Pará

Já as áreas de concentração de conversão do estágio de degradação em 2014 para desmatamento em 2015 são congruentes ao que fora mapeado em 2014, principalmente nas rodovias BR-320, BR-163, BR-158 e PA-270 próximas aos municípios de Medicilândia, Altamira, Itaituba, Novo Progresso, Cumaru do Norte, Santana do Araguaia, Santa Maria das Barreiras e São Félix do Xingu (Figura 5).

Isto corrobora com o estudo de Nepstad et al. (2001) o qual suas análises de cenários estimaram que os investimentos em pavimentação e recuperação de estradas pavimentadas pelo governo incrementariam entre 120 mil a 270 mil Km² de áreas desmatadas, além do empobrecimento florestal decorrente da sua exploração e posterior fogo de sub-bosque, primeiramente ocorrente em áreas mais próximas as rodovias.

MAPA DE CONVERSÃO FLORESTAL NO ESTADO DO PARÁ PARA OS ANOS DE 2014 E 2015

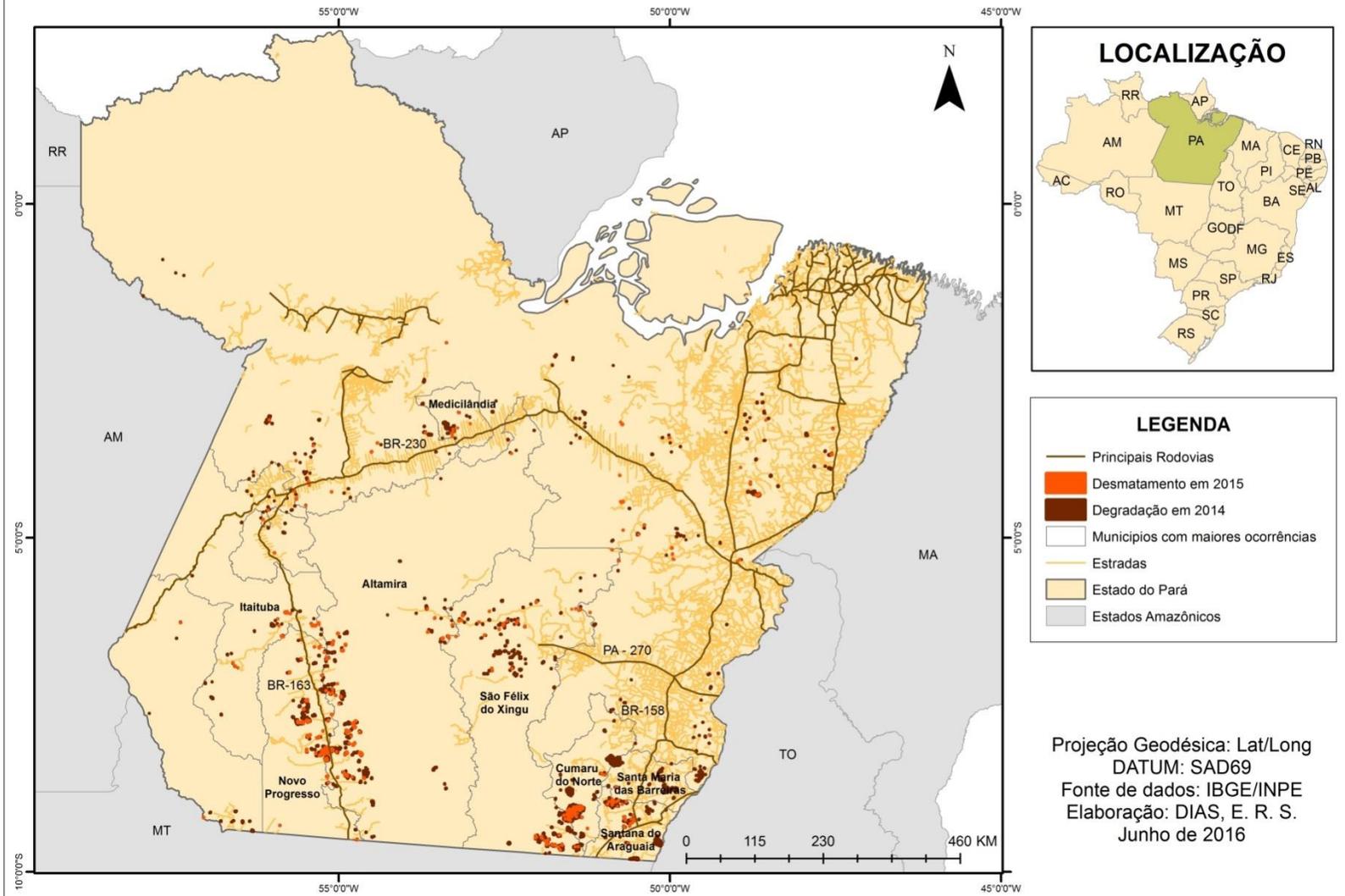


Figura 5 – Mapa de conversão florestal no Estado do Pará

6. Conclusões

O mapeamento realizado através da chave de interpretação elaborada e o cruzamento de dados referentes aos anos de análise na área de estudo apontaram que:

- A grande maioria das áreas de degradação mapeadas em 2014 (97,73%) não foram convertidas para desmatamento em 2015, o que possibilita inferir que estas áreas podem ser degradações reversíveis, decorrentes do abandono da área, passíveis de regeneração ou que podem estar recebendo algum tipo de manejo sustentável sob as mesmas;

- A metodologia utilizada pelo Projeto DETER-B para a detecção de áreas degradadas e áreas desmatadas em tempo hábil para fins de fiscalização é eficaz para a emissão de alertas e monitoramento de tendências de ocorrências regionalizadas, para posterior utilização na fiscalização de ocorrências em tempo quase real e consequentemente para preservação da floresta.

7. Atividades futuras

Diante do já foi executado, propõem-se realizar a análise do padrão da dinâmica de trajetórias das alterações de degradação florestal para áreas desmatadas no período, por meio da utilização de métricas de distância entre estas e a infraestrutura de transporte. Além disso, faz-se necessário avaliar se há relação da distribuição espacial das áreas convertidas para desmatamento com solos de diferentes aptidões agrícolas, como forma de estabelecer um parâmetro de ocupação destas áreas no Estado do Pará.

8. Referências

- AGUIAR, A. P. D. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: questões gerais. In: *Tutorial de introdução à modelagem dinâmica espacial*. São José dos Campos: MCT/INPE. 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_lucc.pdf>. Acesso: 03/03/2016
- ALENCAR, A. A. C.; VIEIRA, G.C.I. NEPSTAD, C.D.; LEFEBVRE, P. *Análise Multitemporal do Uso do Solo e Mudança da Cobertura Vegetal em Antiga Área Agrícola da Amazônia Oriental*. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto: Salvador, Brasil, 1996, INPE, p. 475-478.
- ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R. e GUERRA, A. J. Gestão ambiental de áreas degradadas. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2013.
- ASNER, G. P., KELLER, M., LENTINI, M., MERRY, F., e SOUZA JR, C. Extração seletiva de madeira e sua relação com desmatamento. *Amazonia and Global Change*, Copyright by the American Geophysical Union, 186. 2009.
- BRASIL. Instrução Normativa – nº3 de 26 de março de 2015. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 61, p. 67, 31 de março de 2015. Seção I. ISSN: 1677-704. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=1epagina=67edata=31/03/2015ecaptchafield=firistAccess>>. Acesso: 09/06/2016
- DAMIÃO, D. P. *Uso de técnicas de análise multivariada para a predição de desmatamento na Amazônia: o modelo "AMAZON-PD"*. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007. 142 f., il. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/3551?mode=full>>. Acesso:15/06/2016
- DINIZ, C. G.; GURGEL, R. S.; DIAS, M. C.; GOMES, A. R.; ALMEIDA, C. A. *Sistema Deter-AWiFS; Avaliação do uso de Imagens AWiFS para detecção do desflorestamento em tempo real*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. *Anais*.
- DINIZ, C.G.; SOUZA, A. A. A.; SANTOS, C. D.; DIAS, C. M.; LUZ, C. N.; MORAES, D. R. V.; MAIA, S. J.; GOMES, R. A.; NARVAES, I. S.; VALERIANO, M. D.; MAURANO, P. E. L.; ADAMI, M. *New Amazon near real-time deforestation detection system*. *Iee Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*. Junho 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=earnnumber=7128317etag=1>>. Acesso: 03/03/2016
- ESCADA, M.I.S. e ALVES, D.S. 2001. *Mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Impactos sócio-ambientais na ocupação de regiões de fronteira agrícola*. Relatório Técnico Parcial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_amz_dinamica_ocupacao.pdf>. Acesso: 10/04/2016
- FAO. *Natural resources and the human environment for food and agriculture*. Roma: Environment Paper, nº 1, 1980.

- FEARNSIDE, P. *Desmatamento na Amazônia*. III Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Eng. Florestal / I Encontro Amazônico de Ciências Florestais, Manaus, 22 a 26 de junho de 2004. (Resumo)
- FERREIRA, C. *Soil degradation: reflection around concepts*. In: VI Congresso Nacional de Geomorfologia. Coimbra. 2013. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/depgeo/vicng/pdf/42>. Acesso: 20/05/2016
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão sobre clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, v.28, n.2, p.101-126, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v28n2/1809-4392-aa-28-2-0101.pdf>. Acesso: 15/04/2016
- GERWING, J.; VIDAL, E. *Degradação de florestas pela exploração madeireira e fogo na Amazônia Oriental Brasileira*. Belém, 2002. Disponível em: <http://amazonia.org.br/degradacao-de-florestas-pela-exploracao-madeireira-e-fogo-na-amazonia-oriental-brasileira-no-20/>. Acesso: 03/04/2016
- IBAMA. *Desmatamento*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/desmatamento>. Acesso: 10/05/2016
- IBGE. *Mapas Físicos*. 2011 Disponível: <http://mapas.ibge.gov.br/fisicos>. Acesso: 10/05/2016
- INPE. *Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélite*. São José dos Campos, 2008. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf. Acesso: 20/05/2016
- LAMBIM, E. F. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography*, v. 8, p. 191-198, 1999.
- MARTORANO, L. G., PEREIRA, L. C., CÉSAR, E. G. M., E PEREIRA, J. *Estudos climáticos do Estado do Pará: classificação climática (Koppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather)*. Belém: Sudam./EMBRAPA, SNLCS. 1993
- NEPSTAD, D. C.; VERISSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDONZA, E.; COCHRANE, M. e BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398. 505-508p. 1999. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v398/n6727/full/398505a0.html>. Acesso: 15/03/2016
- NEPSTAD, D., CARVALHO, G., BARROS, A. C., ALENCAR, A., CAPOBIANCO, J. P., BISHOP, J., ... e PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest ecology and management*, 154(3), 395-407. 2001.
- PARROTTA, J. A.; WILDBURGER, C.; MANSOURIAN, S. (Ed.). *Understanding relationships between biodiversity, carbon, forests and people: The key to achieving REDD + objectives*. Vienna, Austria: International Union of Forest Research Organizations, 2012. 161 p. (IUFRO World Series, v. 31).
- PINHEIRO, T. F., ESCADA, M. I. S., VALERIANO, D. M., HOSTERT, P., GOLLNOW, F., E MÜLLER, H. Forest degradation associated with logging frontier expansion in the Amazon: the BR-163 region in southwestern Pará, Brazil. *Earth Interactions*, 2016.
- PIRES, I. P.; MIRANDA, A. M.; COUTO, C. S.; LENTINI, M. W. e ZWEEDE, J. C. *Exploração de impacto reduzido em período chuvoso em florestas de terra firme da Amazônia brasileira: considerações técnicas, minimização de impactos e índices de*

produtividade. Boletim Técnico IFT 07. [S.d] Disponível em: <http://ift.org.br/wp-content/uploads/2015/05/BOLETIM_TECNICO_07.pdf> Acesso: 11/05/2016

SHIMABUKURO, Y. E., SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 29, n 1, p. 16-20. 1991.

SMITH, N. J., FALESI, I. C., ALVIM, P. D. T., E SERRAO, E. A. S. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: innovation and resiliency in pioneer and older settled areas. *Ecological Economics*, 18(1), 15-27. 1996.

SOARES FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, A.; McDONALD, A.; LEFEBVRE, P. SCHLESINGER, P. e McGrath, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, São Paulo , v. 19, n. 54, p. 137-152, Aug. 2005 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S0103-40142005000200008>. Acesso: 08/05/2016

THOMPSON, I. D.; GUARIVATA, M. R.; OKABE, K.; BARAMONDEZ, C.; NASI, R.; HEYMELL, V.; SABOGAL, C. 2013. An operational framework for defining and motoring forest degradation. **Ecology and Society** v. 18, n. 2: 2013.

VINHAS, L.; FERREIRA, K. R. Descrição da TerraLib. In: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS JR. C.; VINHAS, L. QUEIROZ, G. R. *Bancos de dados geográficos*. São José dos Campos: Mundogeo, 2005. P. 45. Disponível em: <<http://www.terralib.org/docs/papers;cap12.pdf>> Acesso: 08/03/2016