

Aplicações de sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento da Amazônia

Humberto Navarro de Mesquita Júnior¹
Márlon Crislei da Silva¹
Neide Yoko Watanabe¹
Rafael Lúcio Esteves¹

¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
Centro de Sensoriamento Remoto - CSR
SCEN Trecho 02, Ed. Sede do IBAMA, bloco E, Brasília- DF, CEP 70818-900- Brasil
humberto.mesquita-junior@ibama.gov.br; marlon.silva@ibama.gov.br;
neide.watanabe@ibama.gov.br; rafael.esteves@ibama.gov.br

Abstract. This paper presents some practical uses of the remote sensing, for monitor and controlling over the Amazon's deforestation, accomplished by the Brazilian Institute of Environment and Natural Renewable Resources – IBAMA. Some applications of the “PRODES” Project (“Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal” - Legal Amazon Deforestation Monitoring Project), that uses Landsat TM images and /or ETM+, and “DETER” (“Detecção em Tempo Real do Desflorestamento na Amazônia” - Real Time Deforestation Detection in Amazon), that uses MODIS images, on the planning and strategic sophistication of supervision and surveillance actions. On the Amazon's deforestation monitoring, the sensor's images are used mainly: on the identification of action priority areas; material production with deforestation alerts in real time; visual identification of vegetation coverage alteration; support and technique validation in administrative litigations.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, Amazônia, Prodes, Deter, fiscalização, áreas prioritárias, remote sensing, Amazon, PRODES, DETER, surveillance, Priority areas.

1. Introdução

Para fins de planejamento econômico, o governo brasileiro instituiu a chamada Amazônia Legal, englobando todos os Estados da macrorregião Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins), o Mato Grosso, e parte do Maranhão (porção a oeste do meridiano 44°), perfazendo, aproximadamente, 5,2 milhões de Km² (IBGE, 2000). Desse total, a área com fisionomia florestal ocupa cerca de 4 milhões de Km².

Atualmente, a floresta Amazônica ainda subsiste preservada em mais de 85% da sua extensão. Apesar da significativa área preservada, a evolução do desflorestamento tem sido objeto de preocupação por parte de diversas entidades, governamentais ou não, sobretudo nos últimos anos. Assim, diversos esforços foram empreendidos visando à proteção e o manejo de espécies da fauna e da flora brasileiras.

Neste contexto o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA exerce papel fundamental. Criado, pela Lei nº 7.735, em 22 de fevereiro de 1989, tem por objetivos, entre outros, monitorar as transformações do meio ambiente e dos recursos naturais e manter a integridade das áreas de preservação permanente e das reservas legais.

Data de 1996/1997 o início do projeto de monitoramento do desmatamento da Amazônia Legal realizado no Centro de Sensoriamento Remoto (CSR-IBAMA), com a finalidade de monitorar as alterações na cobertura vegetal nativa da floresta Amazônica, utilizando-se para tanto, de imagens do satélite LANDSAT. A partir de 2004, com a disponibilização gratuita do catálogo de imagens CBERS, e da implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, o programa tomou novo impulso.

A partir de 2005 passaram a ser utilizadas, intensivamente, imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2, o que, segundo Elias Júnior (2005), representou para o IBAMA: significativa redução dos custos de aquisição de imagens; acesso facilitado às imagens pelos diversos setores; redução da burocracia na distribuição de imagens; possibilidade de cobertura de todo território nacional, mais de uma vez por ano, e a popularização do uso de imagens de satélite.

O monitoramento do desmatamento da Amazônia é realizado através de vários projetos, merecendo destaque, dentre os que utilizam produtos obtidos com sensoriamento remoto, o Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e o Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER), ambos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

O PRODES revela, anualmente, taxas de desflorestamento ocorrido nesse período na Amazônia Legal. O seu objetivo é fazer um levantamento da interferência humana sobre a floresta Amazônica, dentro dos limites da Amazônia Legal Brasileira. Para isso empregam-se imagens LANDSAT, que são classificadas e interpretadas. A comparação de imagens obtidas em anos sucessivos permite, então, avaliar o desflorestamento no período (Câmara et al. 2006).

No entanto, do ponto de vista de estratégias públicas, a temporariedade dos dados PRODES é insuficiente como base de ação governamental. Como os dados são agregados por Estado e publicados, no mínimo, seis meses após as ocorrências dos eventos de desmatamento, os governos federal e estadual não podem se antecipar à dinâmica de mudança do uso da terra na Amazônia. Fez-se necessário, desta forma, complementar os dados do PRODES com outras iniciativas que permitissem uma ação preventiva de combate às atividades ilícitas de desmatamento (Valeriano et al., 2005).

Uma das medidas adotadas foi a criação do sistema de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER) que, contudo, somente se viabilizou com o lançamento, no ano de 1999, do sensor MODIS (“Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer”), a bordo do satélite TERRA. Este sensor possui características de resolução temporal, espacial e espectral favoráveis ao monitoramento de alterações no uso e cobertura da terra.

O DETER é parte das atividades do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, e tem como objetivo fornecer rapidamente aos órgãos de controle ambiental informações periódicas sobre eventos de desmatamento, para que o governo possa tomar medidas de contenção e repressão. A produção pelo sistema, de informações sobre as regiões onde estão ocorrendo novos desmatamentos, em curtos intervalos, disponibiliza à sociedade brasileira uma ferramenta inovadora de suporte à gestão de terras na Amazônia. O sistema encontra-se em operação desde dezembro de 2004 (INPE, 2005).

Assim, o IBAMA, utilizando um sistema integrado de alerta (que permite, em tempo quase real, a detecção, através de imagens de satélite, do desmatamento) combinado com ações planejadas e ordenadas de fiscalização, busca a integridade das áreas protegidas, bem como o cumprimento das exigências da reserva legal e das áreas de preservação permanente nas propriedades privadas, ações estas apoiadas em planos gerados a partir de informações de sensoriamento remoto.

2. Resultados

O Projeto de Monitoramento de Desmatamento da Amazônia, desenvolvido pelo CSR-IBAMA, visa, prioritariamente, subsidiar, orientar e apoiar o planejamento das ações de fiscalização, com vistas a reduzir o desmatamento ilegal, a queimada, a exploração madeireira e outros ilícitos ambientais.

Para tanto, o IBAMA utiliza, principalmente, a análise de imagens CBERS, MODIS, LANDSAT e dos dados PRODES e DETER.

A elaboração de materiais com informações sobre desmatamento, pelo CSR-IBAMA, baseada, em sua maioria, nos produtos dos sistemas PRODES e DETER (INPE), teve como principais metas:

- Fornecer, aos Grupos de Trabalho de Proteção Ambiental do IBAMA, subsídios para o planejamento de ações de controle do desflorestamento, com a identificação de áreas prioritárias para combate ao desmatamento;
- Produzir material de apoio às operações de fiscalização do IBAMA e
- Analisar a provável ocorrência de delitos ambientais, como, por exemplo, desmatamento e queimada de floresta nativa, sob a forma de manifestação em Processos Administrativos referentes a Autos de Infração.

Entre as atividades desenvolvidas destacam-se as a seguir explicitadas.

2.1 Identificação de áreas prioritárias para combate ao desmatamento

Definição de áreas prioritárias de vigilância e intervenção, para ações de fiscalização, no ano de 2006, mediante a análise de dados quantitativos de desmatamento e de remanescentes florestais, obtidos a partir das publicações anuais PRODES.

Para a definição destas áreas prioritárias foi estabelecido um ranking de municípios, a partir da utilização dos seguintes critérios:

1. Área desmatada acumulada nos anos de 2003 a 2005
2. Área de floresta remanescente em 2005
3. Área média dos polígonos de desmatamento
4. Evolução do desmatamento 2003/2004 e 2004/2005

Esses critérios foram aplicados para os municípios responsáveis por 75% do desmatamento, no período 2003-2005, correspondendo a um total de 95 municípios.

Para cada critério foi elaborado um ranking de municípios e, posteriormente, um final, sendo que, o ranking relativo aos três primeiros critérios correspondeu a um ordenamento decrescente dos valores.

O ranking baseado no último critério ordenou os municípios mais críticos da seguinte maneira: em primeiro, os que apresentaram dois aumentos consecutivos no valor de desmatamento anual; em segundo, os que apresentaram redução no período 2003/2004 e aumento no período 2004/2005; em terceiro, os que apresentaram aumento no primeiro período e redução no período seguinte e, por último, os que apresentaram duas reduções consecutivas.

Calculando a média dos quatro critérios definidos anteriormente, foi elaborado um *ranking* final, do qual foram extraídos os quarenta municípios prioritários para ações de combate aos ilícitos ambientais.

Tabela 1 – Ranking dos municípios prioritários para operações do IBAMA no ano de 2006

	Município	UF		Município	UF
1	Cumaru do Norte	PA	21	Gaúcha do Norte	MT
2	Juara	MT	22	Santana do Araguaia	PA
3	São Félix do Xingu	PA	23	Brasnorte	MT
4	Novo Progresso	PA	24	Itaituba	PA
5	Paranatinga	MT	25	Novo Mundo	MT
6	Nova Ubiratã	MT	26	Porto Velho	RO
7	Tapurah	MT	27	Santa Carmem	MT

8	Brasil Novo	PA	28	Cotriguaçu	MT
9	Querência	MT	29	Nova Mutum	MT
10	Feliz Natal	MT	30	Aripuanã	MT
11	Porto de Moz	PA	31	São Félix do Araguaia	MT
12	Nova Maringá	MT	32	Apuí	AM
13	Vila Rica	MT	33	Juína	MT
14	Peixoto de Azevedo	MT	34	Nova Bandeirantes	MT
15	Paragominas	PA	35	Uruará	PA
16	Altamira	PA	36	Porto dos Gaúchos	MT
17	Lábrea	AM	37	Santa Maria das Barreiras	PA
18	Colniza	MT	38	Apiacás	MT
19	União do Sul	MT	39	Alta Floresta	MT
20	Marcelândia	MT	40	Nova Monte Verde	MT

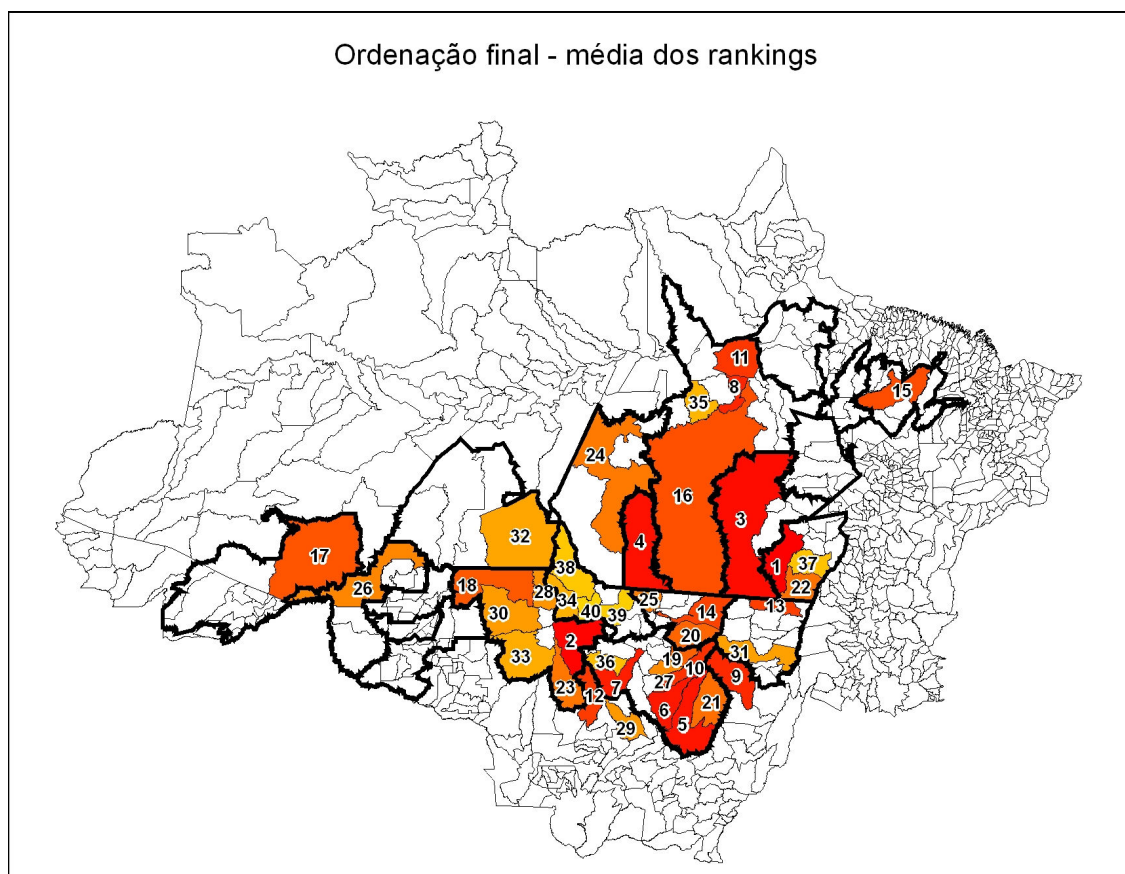


Figura 1 – Municípios prioritários para operações de fiscalização do IBAMA no ano de 2006

2.1.1 Comparativo DETER 2006 e Municípios Prioritários

A verificação dos municípios que mais desmataram, segundo o DETER de 2006 (verificado até o mês de outubro), mostrou grande coincidência com os municípios definidos previamente como prioritários, a partir dos dados do PRODES. Entre os quarenta municípios que mais desmataram em 2006, figuraram vinte e nove dos quarenta municípios definidos como prioritários.

Tabela 1 – Relação dos municípios com maiores ocorrências absolutas de desmatamento no 2006, segundo DETER

	Município	UF	Área Desmatada 2006 (km2)	% do total		Município	UF	Área Desmatada 2006 (km2)	% do total
1	São Félix do Xingu	PA	744,0	7%	21	Pimenta Bueno	RO	136,4	1%
2	Porto Velho	RO	514,1	5%	22	União do Sul	MT	134,8	1%
3	Cumaru do Norte	PA	429,4	4%	23	Porto dos Gaúchos	MT	126,1	1%
4	Marcelândia	MT	381,1	3%	24	Paragominas	PA	116,7	1%
5	Lábrea	AM	335,9	3%	25	Vila Rica	MT	114,2	1%
6	Brasnorte	MT	274,4	3%	26	Querência	MT	112,3	1%
7	Altamira	PA	273,5	3%	27	Jacareacanga	PA	111,7	1%
8	Novo Progresso	PA	247,2	2%	28	Boca do Acre	AM	108,5	1%
9	Juína	MT	242,7	2%	29	Peixoto de Azevedo	MT	106,5	1%
10	Nova Ubiratã	MT	233,8	2%	30	Colniza	MT	104,4	1%
11	Feliz Natal	MT	220,6	2%	31	Cujubim	RO	104,4	1%
12	Nova Maringá	MT	211,5	2%	32	São José do Rio Claro	MT	103,1	1%
13	Aripuanã	MT	209,4	2%	33	Gaúcha do Norte	MT	100,6	1%
14	Paranatinga	MT	202,9	2%	34	Canutama	AM	99,0	1%
15	Tapurah	MT	195,2	2%	35	Santa Maria das Barreiras	PA	99,0	1%
16	Santana do Araguaia	PA	190,1	2%	36	Nova Mamoré	RO	97,2	1%
17	Juara	MT	167,6	2%	37	Alta Floresta	MT	92,9	1%
18	Ulianópolis	PA	159,2	1%	38	Apiacás	MT	89,4	1%
19	Nova Bandeirantes	MT	149,1	1%	39	São Félix do Araguaia	MT	89,0	1%
20	Machadinho d'Oeste	RO	141,0	1%	40	Itaúba	MT	86,4	1%

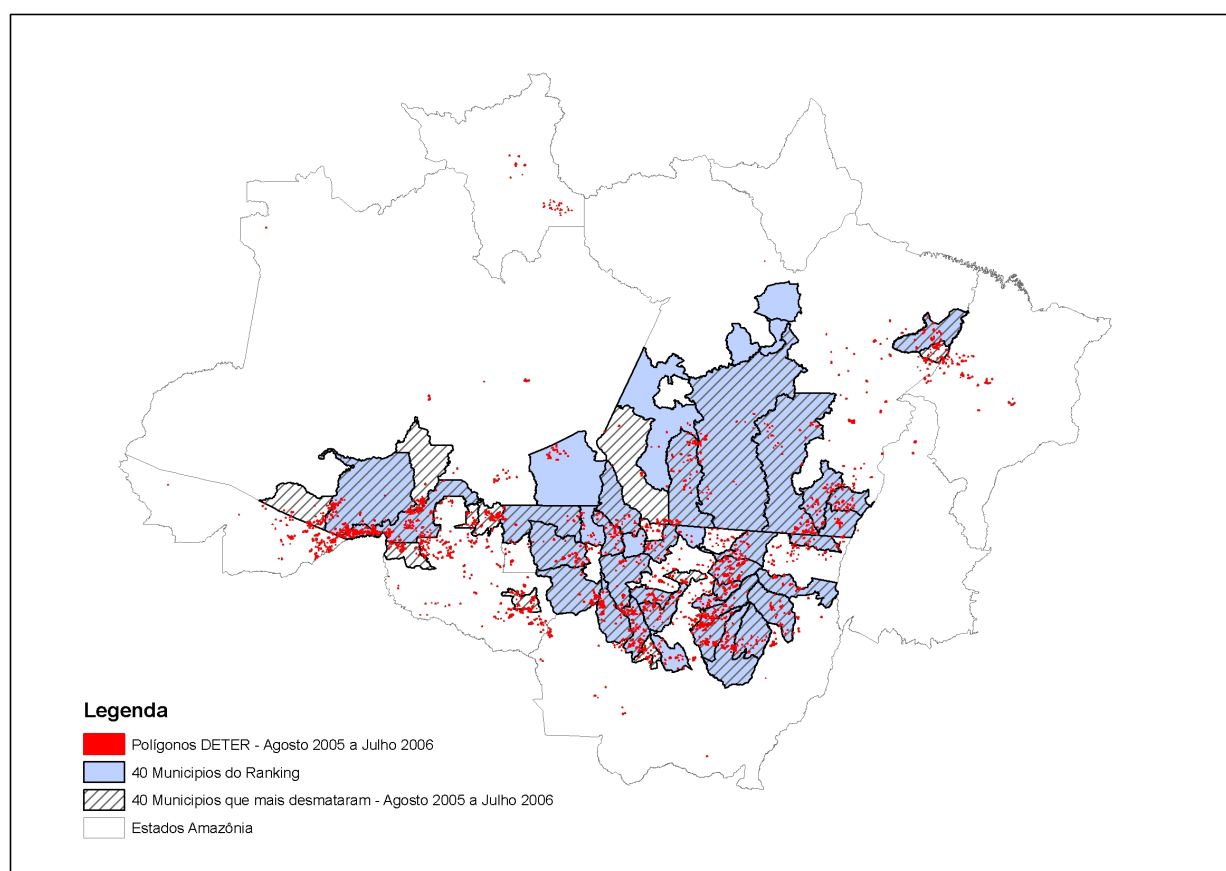


Figura 2 – Municípios da Amazônia que mais desmataram x Municípios prioritários para operações de fiscalização do IBAMA no ano de 2006.

2.2 Produção de material com alertas de desmatamento do DETER, para apoio às operações de fiscalização do IBAMA.

Os alertas de desmatamento fornecidos pelo sistema DETER são processados e manipulados com finalidade de produção de mapas e planilhas para orientação e apoio às operações de fiscalização.

Neste contexto, são desenvolvidos processos automatizados de produção e distribuídas informações de desmatamento, com vistas a reduzir o tempo de geração dos produtos de apoio à identificação do desmatamento e ação da fiscalização.

Um dos reflexos da automatização dos processos é a conversão dos dados do DETER, para os fins propostos. Para possibilitar esta conversão, faz-se imprescindível o georreferenciamento de imagens CBERS-2, para estruturação de bases de dados georreferenciadas e suporte à análise sobre dinâmica de desmatamento e queimadas. De todo este processo surgem alguns produtos, merecendo destaque:

1. A geração de Mapas-guia com as áreas desmatadas, os quais servirão como referenciais para abordagem de fiscalização e planejamento de ações a curto e médio prazo;
2. Geração dos Indicativos Individualizados de Desmatamento.

Em síntese, pode-se descrever, em três etapas, a geração dos dados que apoiarão a identificação do desmatamento e a ação da fiscalização, a saber:

- pré-processamento, envolvendo toda a dinâmica de preparação do dado vetorial DETER, como verificação de consistência do polígono e identificação de características geométricas;
- operações de elaboração, correspondentes ao cruzamento do arquivo de desmatamento gerado, com temas relevantes como estradas, municípios, bases operativas, propriedades rurais, unidades de conservação, terras indígenas, hidrografia, escritórios regionais do IBAMA; e
- divulgação dos dados, etapa correspondente à publicação, sob a forma digital (disponibilizada na *web*) e analógica.

A **Figura 3** ilustra as supracitadas etapas:

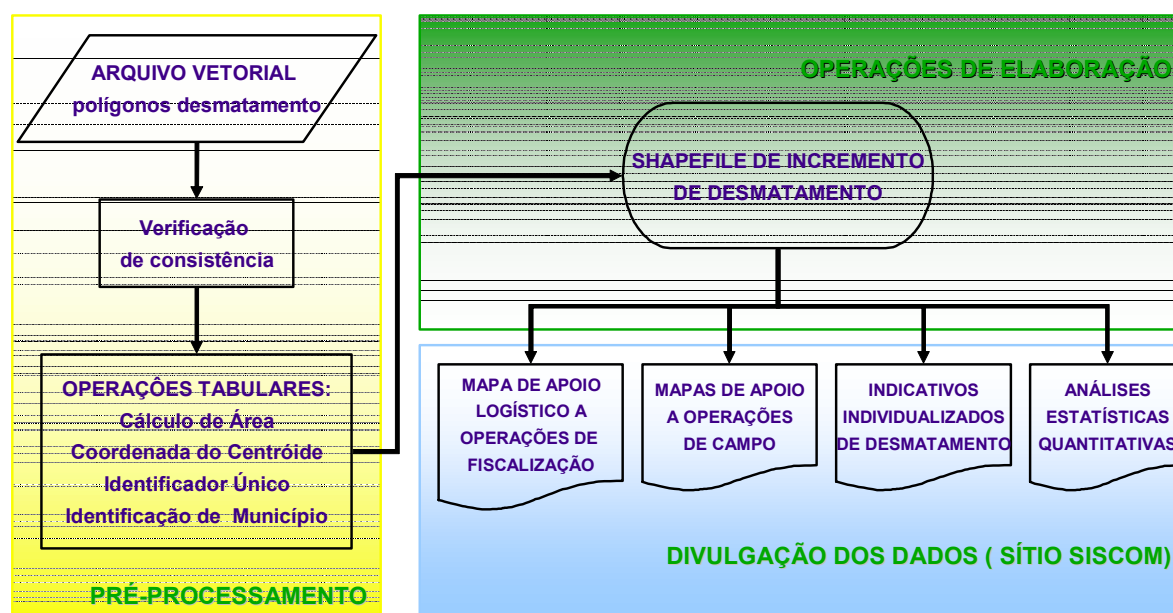


Figura 3 – Diagrama de operações de geração de indicadores e mapas-guia de desmatamento.

2.3 Identificação de alteração de cobertura vegetal por análise de imagens orbitais.

De forma complementar aos dados DETER são gerados, também, indicativos de desmatamento, através da utilização de imagens orbitais.

A identificação aqui tratada é, normalmente, realizada em áreas de interesse específico, tais como Unidades de Conservação, Terras Indígenas e regiões de abrangência de Operações de Fiscalização, com produção de mapas indicativos de desflorestamento e de apoio logístico.

Para tanto, são utilizadas imagens, em sua maioria provenientes dos satélites CBERS e LANDSAT. Estas imagens, por método de comparação visual em época anterior e posterior à data de interesse da análise, dão origem a feições vetoriais, definindo porções de alteração da cobertura vegetal da região analisada.

Destaque-se que a análise comparativa de imagens é também utilizada para maior detalhamento da informação espacial, bem como conferência da integridade dos polígonos gerada pelo DETER.

2.4 Manifestação Técnica em Processos Administrativos

Imagens de satélite são também utilizadas para respaldar manifestações técnicas em Processos Administrativos oriundos de Autos de Infração referentes a desmatamentos e queimadas ocorridos na Amazônia Legal.

Assim, com frequência são utilizadas imagens dos satélites CBERS, LANDSAT e MODIS, com a finalidade de definir data e extensão aproximada do dano ambiental, configurando, na maioria das vezes, prova segura e científica do fato.

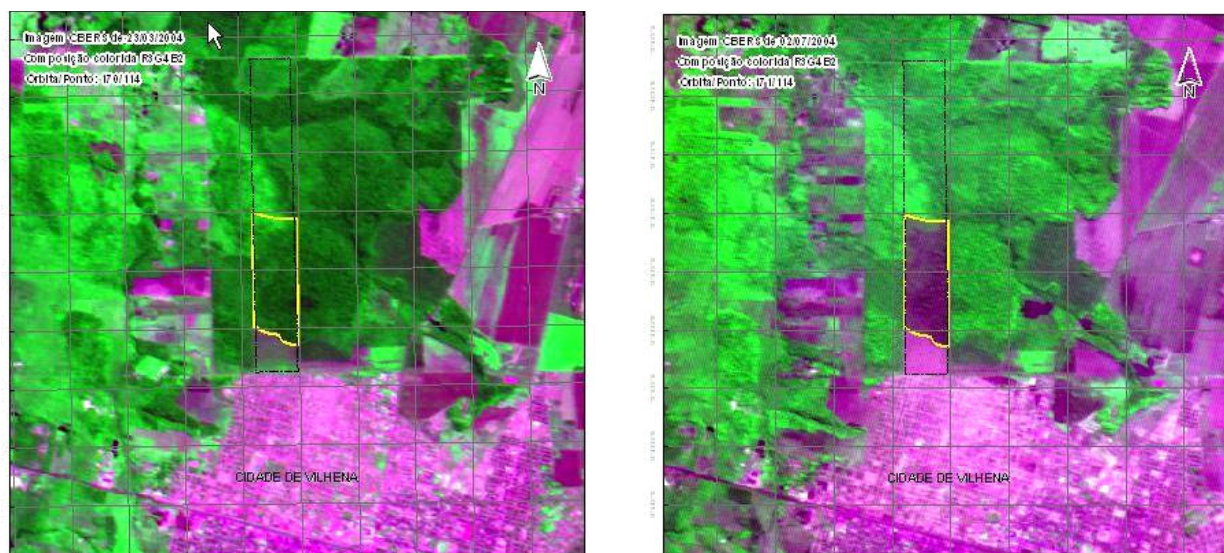


Figura 4 – Exemplo de utilização, em processo administrativo, de imagens CBERS, para aferição da data do desmatamento em propriedade particular.

3. Conclusão

A utilização dos dados do DETER, que é um sistema de identificação das áreas desmatadas, contribui para aumentar a agilidade na produção de materiais de apoio à fiscalização, visando maior eficiência na intervenção e contenção dos desmatamentos ilegais, por parte do Poder Público.

A produção de Mapas Indicativos, com a individualização dos polígonos de desmatamento, possibilita uma maior precisão, temporal e espacial, das ações de campo, bem como uma estimativa de área do desflorestamento a ser autuado.

A elaboração de mapas-guia de desmatamento, bem como a definição de municípios prioritários da Amazônia Legal, para ações de fiscalização e vigilância, auxiliam, significativamente, o planejamento das operações de fiscalização e definição de áreas prioritárias de vigilância e intervenção, considerando a dinâmica de evolução do desmatamento.

A criação e a constante atualização de bancos de imagens georreferenciadas fornecem suporte para a identificação e a caracterização de alterações na cobertura vegetal, bem como para a melhoria na qualidade dos indicativos utilizados para a vistoria em campo, contribuindo nas ações de fiscalização.

Referências

Martins e Souza Filho, P. W.; Paradella, W. R.; Souza Junior, C.; Valeriano, D.M.; Miranda, F.P. Sensoriamento remoto e recursos naturais da Amazônia. *Cienc. Cult.*, July/Sept. 2006, vol.58, no.3, p.37-41.

Câmara, G.; Valeriano, D.M.; Soares, J.V. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p.

Valeriano, D.M.; Shimabukuro, Y.E.; Duarte, V.; Anderson, L.O.; Espírito-Santo, F.; Arai, E.; Maurano, L.E.; Souza, R.C.; Freitas, R.M.; Aulicino, L. Detecção do desflorestamento da Amazônia Legal em tempo real - Projeto DETER. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3403-3409.

Ministério do Meio Ambiente. Aplicações do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no monitoramento e controle do desmatamento na Amazônia Brasileira. Resultados do **workshop** realizado em Brasília, de 2 a 3 de abril de 2002.

Longhi, A.L.B.; Meneses, P.R.; Pucci, M.A.L. Modelo de gestão dos recursos florestais na Amazônia através da utilização de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica – SIG. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3107-3109.

Ferreira, N.C. Experiência e planos do IBAMA. In: Aplicações do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no monitoramento e controle do desmatamento na Amazônia Brasileira. Resultados do **workshop** realizado em Brasília, de 2 a 3 de abril de 2002.

Fagundes Filho, E. Métodos utilizados pelo IBAMA no monitoramento do desmatamento da Amazônia. In: Aplicações do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no monitoramento e controle do desmatamento na Amazônia Brasileira. Resultados do **workshop** realizado em Brasília, de 2 a 3 de abril de 2002.

Elias Júnior, E. As imagens CBERS no IBAMA. In: Seminário de aplicações do CBERS-2, segundo ano de sucesso. São José dos Campos: INPE. 19 a 20 de outubro de 2005.