

Sensoriamento remoto na perícia ambiental da Polícia Federal

Aiga Jucy Fuchshuber da Silva Caldas¹

Giovani Vilnei Rotta²

Eduardo Kraemer Góes²

José Antonio Schamne¹

¹Departamento de Polícia Federal SR/DPF/PR
Rua Professora Sandália Monzon, 210 – 82640-040 – Curitiba – PR, Brasil
{aiga.ajfsc, schamne.jas}@dpf.gov.br
aigacaldas@gmail.com

²Departamento de Polícia Federal NUTEC/DPF/FIG/PR
Av. Paraná,3471 – 85863-720 – Foz do Iguaçu – PR, Brasil
{giovani.gvr, kraemer.ekg}@dpf.gov.br
gvrotta@gmail.com

Abstract. This paper describes some of the uses of remote sensing in environmental forensics in Brazilian Federal Police. The study of the environment has a lot to earn with the use of remote data obtained primarily by satellite sensors. In order to make a good investigation analysis it is necessary accuracy and reliability on the sources. Also, in many cases, the data should have known date. Environmental investigations include deforestation, protected areas, forest fire, pollution, erosion, evaluation of minings, among others. So, according to each case, remote sensing and cartographic data are selected to be used in the planning before the local analysis and, besides of that, in the case examination. Three examples were selected to be presented. The first case is about a deforestation and definition of the period that it has occurred. The second case presents three vegetation fires inside a national park and the definition of the dynamics of their occurrence. The last case analyses if a legal obligation of reforestation in a permanent preserved area was done and when it happened. The examples of exams presented here showed that the use of geoprocessing tools allied to remote sensing data have been successfully used on environmental forensics.

Palavras-chave: environmental crimes, deforestation, forest fire, crimes ambientais, desmatamento, incêndio florestal.

1. Introdução

A tipificação dos crimes ambientais pela legislação penal é recente e a comprovação de sua materialidade, exigida na legislação, é feita pela perícia.

O crescente interesse da sociedade em questões relativas à proteção ambiental tem implicado em diversas demandas de perícias relacionadas a esta área, tais como: perícias de incêndios em vegetação, usos indevidos de áreas de preservação permanente e de reserva legal, danos à fauna, danos em unidades de conservação, poluição, erosão, avaliação de áreas de mineração, constatação de reparação de dano ambiental, entre outras.

Dadas as características peculiares dos tipos penais previstos pela legislação ambiental, a comprovação de sua materialidade requer utilização de técnicas específicas, dentre as quais se destaca o uso do sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto, aliado à utilização de dados cartográficos, permite que sejam feitos levantamentos prévios de informações relativas à área a ser periciada. Desta forma, os trabalhos de campo tornam-se mais objetivos e eficientes.

Neste trabalho serão apresentados três exemplos de utilização de sensoriamento remoto em âmbito pericial, nos quais foram utilizados produtos de diferentes sistemas sensores orbitais, selecionados em função do objetivo almejado pelos exames realizados.

2. Perícias Ambientais

2.1 Determinação da época de ocorrência de desmatamento

Esta análise foi realizada na região centro-oeste do estado do Paraná com a finalidade de constatar se em determinado local houve desmatamento e a época de sua ocorrência, especificamente se foi após 2005. A vistoria de campo realizada em 2008 constatou o desmatamento, mas não permitiu determinar em que período este aconteceu.

Assim, com a finalidade de conhecer a cobertura florestal em diversas datas, imagens CBERS e Landsat foram montadas em composição colorida RGB-423 e georreferenciadas no sistema UTM, *datum* Córrego Alegre. O georreferenciamento foi produzido com base na carta 2864-Palmas do IBGE escala 1:100.000.

Foram utilizadas as seguintes imagens: sensor TM Landsat 5, órbita-ponto 222/78, datada de 04/11/2000 (Figura 1-A); do sensor CCD CBERS-2, órbita-ponto 158/130 foram utilizadas duas imagens, a primeira de 22/11/2004 (Figura 1-B) e a segunda de 08/08/2006 (Figura 1-C).

A partir destas imagens foi possível observar que em 2000 a região encontrava-se, em sua maior parte, coberta com vegetação de tipologia florestal, com exceção das áreas mostradas nos cantos superior direito e inferior esquerdo. Tais dados concordam com aqueles do mapeamento temático do PROBIO (MMA, 2003).

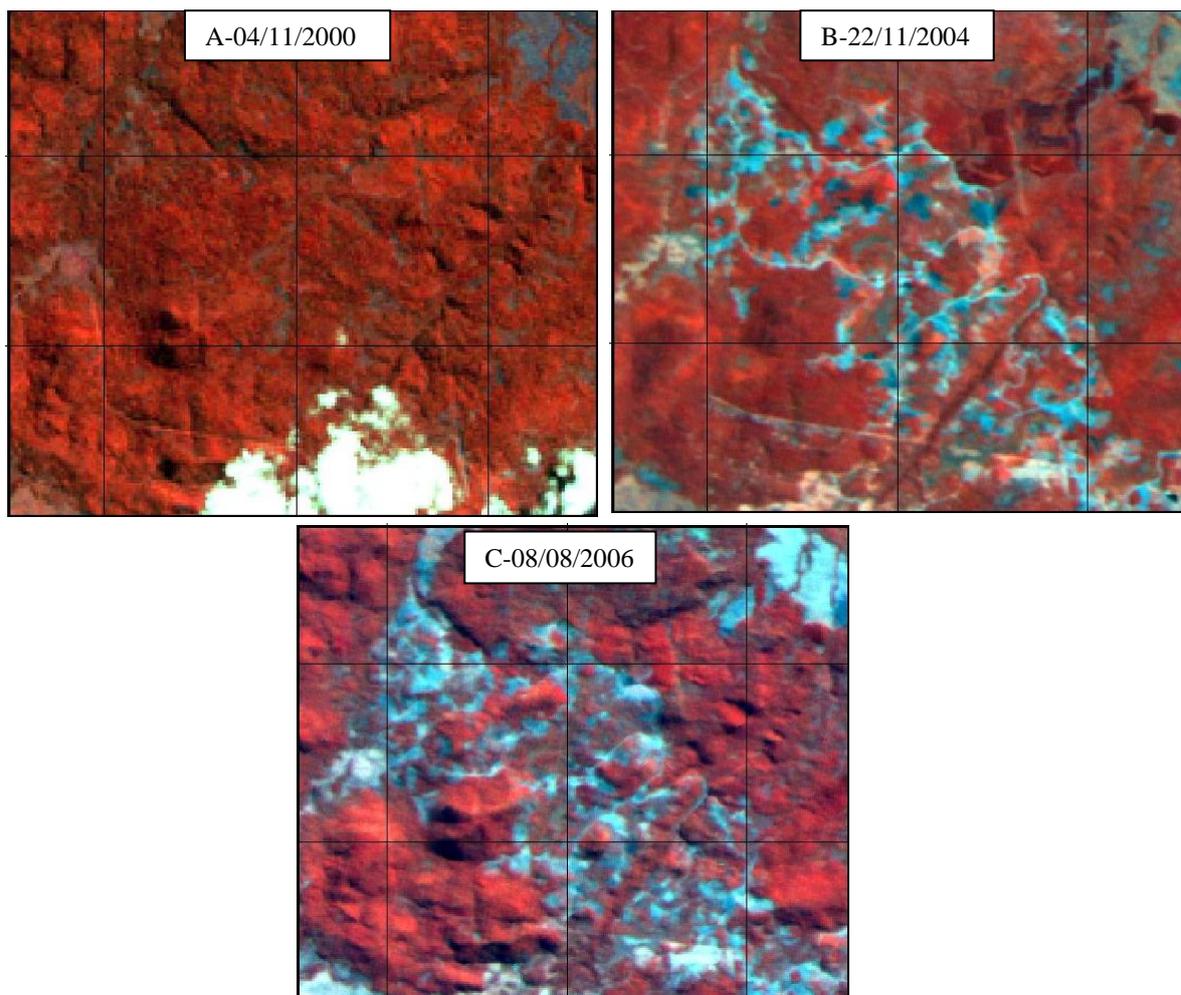


Figura 1 – Área analisada em: A - imagem Landsat-5; B e C imagens CBERS-2.

Em 2004 esta cobertura encontrava-se bastante reduzida. Já a comparação entre as imagens CBERS-2 datadas de 22/11/2004 e de 08/08/2006 não evidenciou variação significativa na cobertura vegetal, tendo assim sido constatado que o desmatamento, ou pelo menos, seu maior percentual, ocorreu antes de 2005.

2.2 Incêndios florestais no Parque Nacional de Ilha Grande - PR

Foi realizado estudo em área de 2.290 hectares de vegetação queimada, com a finalidade de determinar onde e como ocorreram incêndios florestais. Avaliaram-se dois dos dez casos de incêndio florestal ocorridos no ano de 2007 no Parque Nacional de Ilha Grande e sob investigação da Polícia Federal, os quais, no total, consumiram cerca de 6.189,5 hectares, 7,8% da área do Parque Nacional de Ilha Grande, destruindo praticamente toda a parte sul do Parque.

O Parque Nacional de Ilha Grande, criado em 30/09/1997, situa-se na divisa entre os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 2) abrangendo o arquipélago fluvial de Ilha Grande e as áreas de várzea e planícies de inundação às margens do Rio Paraná entre o final do Reservatório de Itaipu, próximo à cidade de Guaíra – PR, e a foz dos rios Amambi e Ivaí. Tal área representa o último trecho livre de barragens do Rio Paraná em território brasileiro e, portanto, a única área remanescente do ecossistema existente na planície conhecida como “Varjão do Rio Paraná”, abrigando espécies arbóreas consideradas raras (pau-marfim, jaracatiá e guapeva, entre outras) ou em perigo de extinção (como das famílias *Fabaceae*, *Lythraceae* e *Melastomataceae*), além de animais silvestres também ameaçados de extinção (macuco, sussuarana, onça-pintada, bugio, lontra, jacaré-do-papo-amarelo e cervo-do-pantanal), conforme Campos (2001).

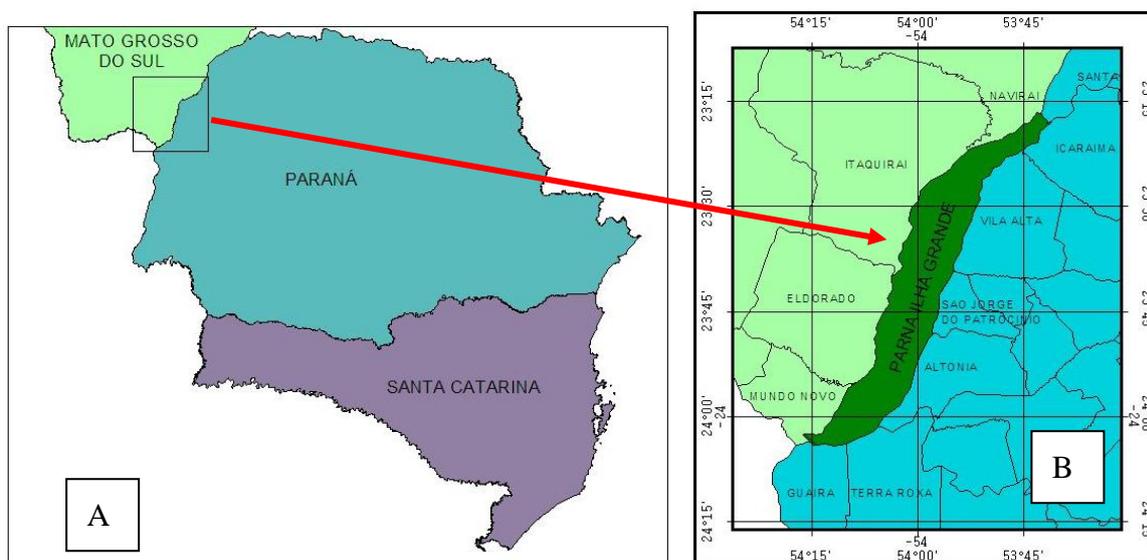


Figura 2: Localização do Parque Nacional da Ilha Grande: A) localização e B) limites do Parque Nacional da Ilha Grande.

No caso de perícias de incêndios em vegetação, as informações preliminares incluem data, hora, área estimada de queima e coordenadas do incêndio obtidas junto à brigada de incêndio do Parque para auxiliar no planejamento inicial da perícia. Dados sobre direção e intensidade dos ventos, temperatura, umidade, precipitação e descargas atmosféricas registradas hora a hora, na região e nas datas do incêndio, também foram buscados junto ao Instituto Tecnológico SIMEPAR a fim de auxiliar na interpretação da dinâmica do incêndio durante os trabalhos de campo.

Análise desses dois incêndios, ocorridos em 2007 no mesmo Parque, foi feita com imagens MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) (resolução de 125 m) da banda 1 e da banda 2 obtidas de sensores a bordo dos satélites TERRA (EOS AM) e AQUA (EOS PM) do projeto internacional EOS (*Earth Observing System*) gerenciado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), nas datas dos incêndios (<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>), que permitem a definição já em escritório do local e da área de incêndios de grande proporções (Figura 3), necessitando apenas a confirmação em campo de alguns pontos georreferenciados, sem a necessidade de se percorrer toda a área atingida pelo fogo.

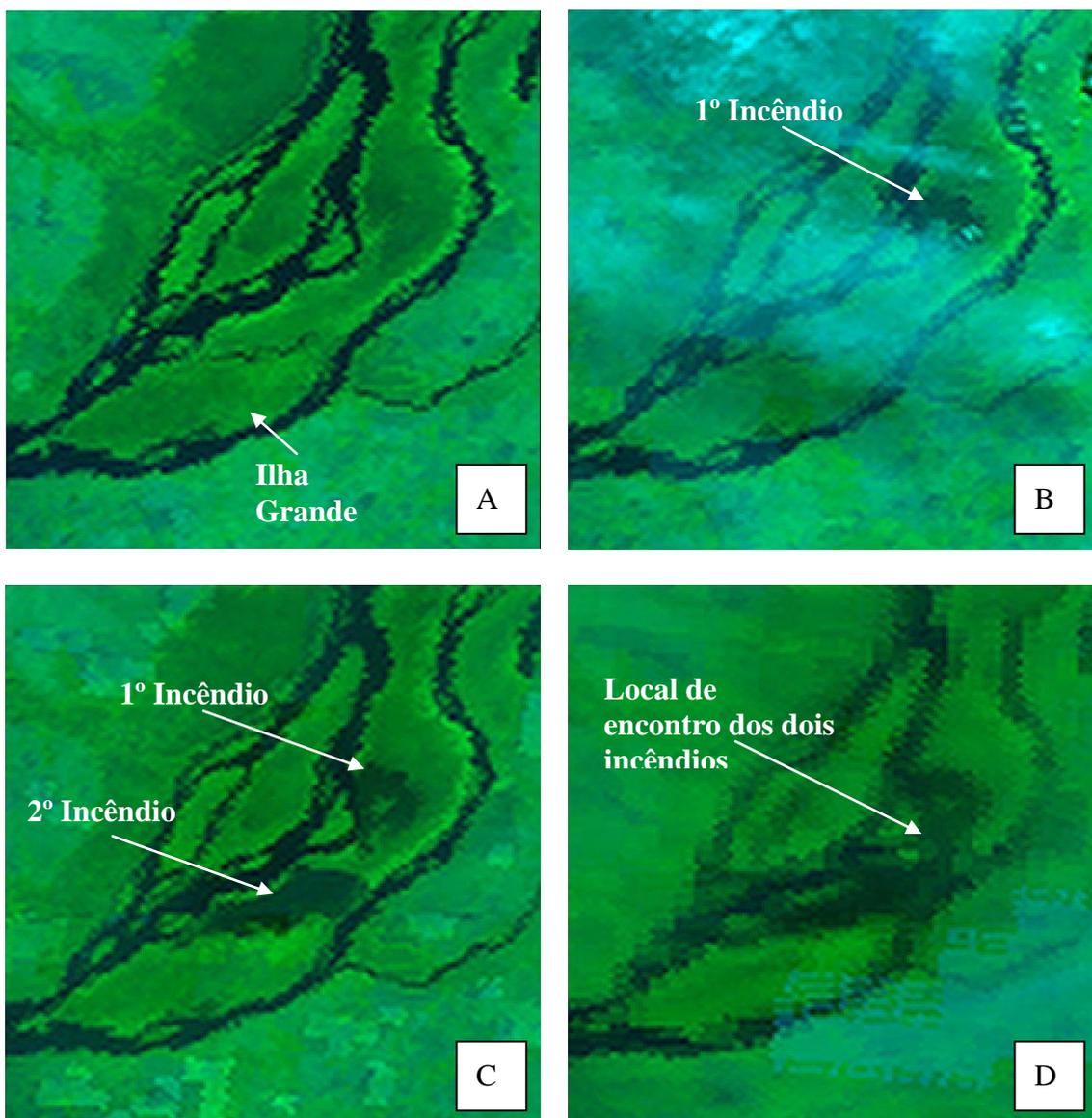


Figura 3: Sequência cronológica de imagens MODIS/TERRA, com resolução de 125 m, do sul do Parque Nacional de Ilha Grande: A) um dia antes do 1º incêndio; B) 3º dia após o início do 1º incêndio; C) 6º dia após o 1º incêndio e 2º dia do 2º incêndio; D) 4º dia após o início do 2º incêndio.

A Figura 3-B mostra o 3º dia após o início de um incêndio. Na imagem capturada no 6º dia após o início deste primeiro incêndio, demonstrando a área total por ele afetada, apareceram imagens de um segundo incêndio no seu 2º dia de queima (Figura 3-C). No 4º dia após o início

do segundo incêndio foi observado que as chamas alcançaram a área já afetada anteriormente pelo primeiro incêndio. As imagens permitem comprovar que houve dois incêndios distintos que se interceptaram na região, inclusive possibilitando a estimativa da área queimada em cada um (990 ha pelo 1º incêndio e 1.300 ha pelo 2º incêndio), o que seria de difícil definição somente com os trabalhos de campo.

Pesquisas no banco de dados *Queimadas*, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2007 e 2008), com a localização dos focos diários de queimadas no Parque, detectadas em imagens de satélites, também auxiliaram na comprovação da data de início e duração do segundo incêndio além da determinação da sua direção de propagação, conforme a Figura 4.

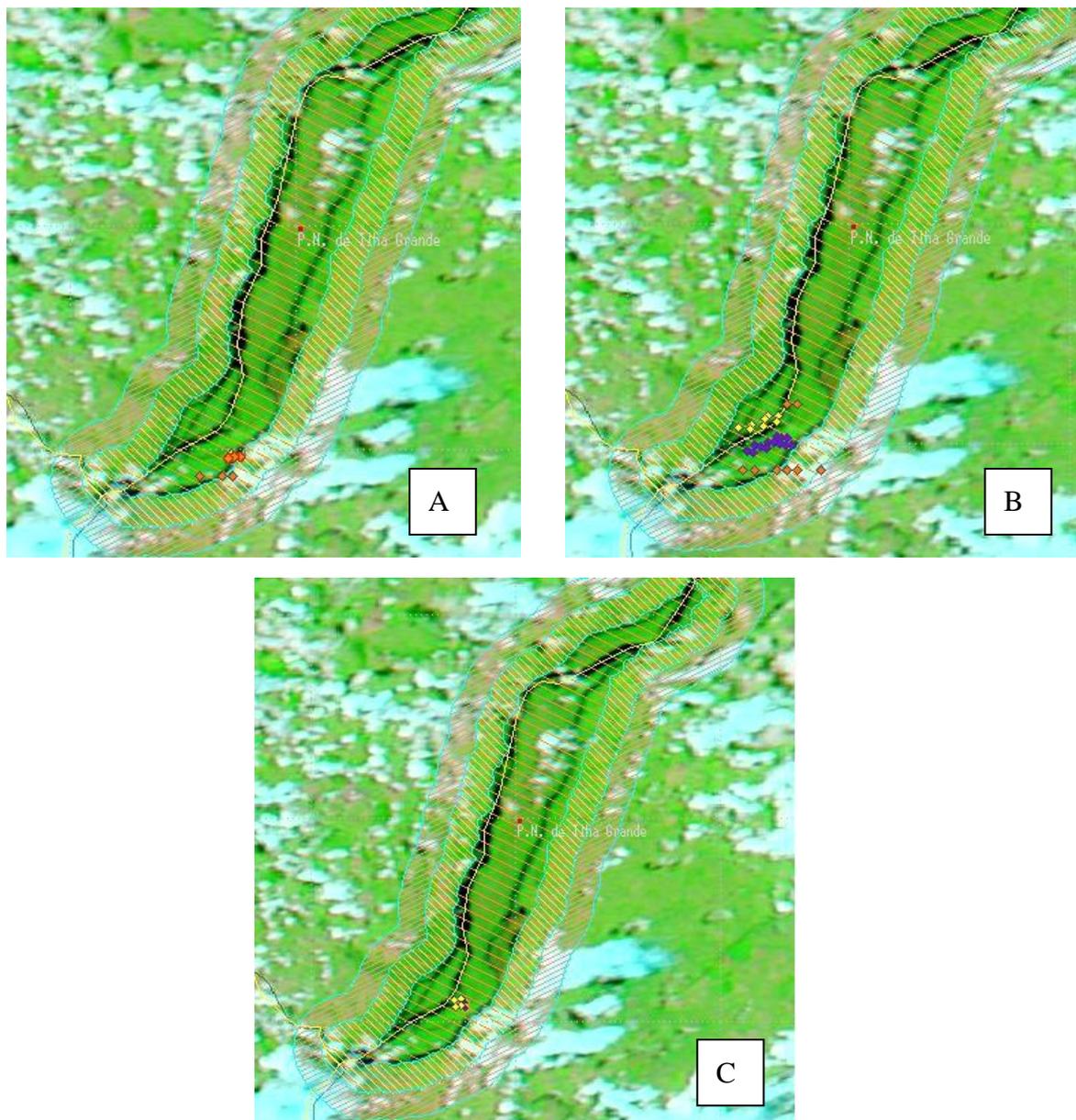


Figura 4: Focos de queimadas registrados no banco de dados *Queimadas* do INPE: A) 1º dia de incêndio, B) 2º dia de incêndio e C) 3º dia de incêndio.

Os focos registrados no banco de dados *Queimadas* mostraram que o fogo do segundo incêndio da Figura 4 iniciou ao sul (1º dia de incêndio, Figura 4-A), aumentando de intensidade no segundo dia e deslocando-se para norte (Figura 4-B). Tais dados indicaram que

teve início entre a Lagoa Saraiva e a margem do canal leste do Rio Paraná, propagando-se em direção à outra margem da ilha no canal oeste do Rio Paraná, onde ocorreu a extinção do fogo (Figura 4-C).

As informações previamente levantadas nas imagens de satélite e dados meteorológicos permitiram aos peritos um planejamento mais otimizado dos trabalhos de campo para a localização da origem e da causa do incêndio, possibilitando que o trabalho que duraria semanas fosse finalizado em dias.

2.3 Constatação de cumprimento de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC)

Este trabalho visou determinar se foi feito reflorestamento em determinado trecho de área de preservação permanente no oeste do estado do Paraná, em cumprimento a um Termo de Ajustamento de Conduta, e em qual data aproximada isso ocorreu.

Em campo foi verificado que o TAC havia sido cumprido e, através da análise de uma seqüência histórica de imagens de satélite, foi determinado que o início do reflorestamento da área afetada se deu entre os anos de 2001 e 2002.

Para tanto, foram utilizadas imagens do sensor TM Landsat-5, órbita-ponto 224/78, em composição RGB-123, dos anos de 2000 a 2008 (Figura 5), mostrando o processo de regeneração da área reflorestada (indicada pelas respectivas setas).





Figura 5: Sequência histórica de imagens obtidas do satélite Landsat 5 da área recuperada.

A primeira imagem, datada de 09/04/2000, representa a situação inicial da área desmatada. Tal área apresentou-se com coloração um pouco mais acentuada ao marrom na imagem do dia 02/08/2001, indicando possível exposição de maior quantidade de solo por remoção da vegetação rasteira e da demolição de edificações outrora existentes. Em 11/10/2003 constatavam-se sinais de regeneração da área de preservação permanente, mostrando que o plantio encontrava-se com maior porte. Considerando um tempo mínimo em torno de um ano para as árvores plantadas terem um porte que permitisse a detecção pelo sensor, estimou-se que o plantio das mesmas ocorreu provavelmente entre os anos de 2001 e 2002. As demais imagens, de 25/07/2004 a 15/04/2008, mostram o crescimento progressivo das árvores plantadas com a respectiva regeneração da área.

3. Conclusão

Os exemplos apresentados demonstram algumas aplicações do sensoriamento remoto em âmbito pericial na Polícia Federal. Tal tecnologia é de grande utilidade nos planejamentos prévios aos trabalhos de campo, permitindo que estes sejam realizados de maneira objetiva e eficiente.

O acesso a imagens provenientes de sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais permite que sejam feitas análises adequadas a cada caso, permitindo a verificação da existência ou não de materialidade no crime em tese cometido.

Conforme se buscou demonstrar através de alguns exemplos, diversas são as aplicações desta tecnologia no que se refere aos esclarecimentos fáticos necessários para a adequada aplicação da legislação pertinente.

Referências Bibliográficas

Campos, J. B. **Parque Nacional de Ilha Grande: re-conquista e desafios**. Maringá: IAP - Instituto Ambiental do Paraná, 2ª Ed., 2001.

INPE. Imagens do satélite CBERS-2. Disponível em <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acessos em: 2008.

INPE. Imagens do satélite Landsat-5. Disponível em <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acessos em: 2008.

INPE. Focos diários de queimadas. Disponível em <<http://sigma.cptec.inpe.br/produto/queimadas>>. Acessos em: 2007 e 2008.

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Disponível em <<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome>>. Acessos em: 2008.

Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO. **Cartas de vegetação PROBIO**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em

<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload>. Datadas de 2001 a 2003. Diretório: mata_atlantica/dados/shape_file/folhas/recortes_9x9_ma. Acesso em 2008.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L.; Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.