

Sensoriamento Remoto Aplicado às Faixas de Servidão da Linha Tucuruí-Vila do Conde (PA) entre as Cidades de Tucuruí e Tailândia.

M. S. Borges, IESAM/UFPa, G. M. Sales, IESAM, O. G. Silva Júnior, IESAM, A. V. Soares Júnior, IESAM

Resumo- Este trabalho apresenta dados de produtos orbitais LANDSAT, CBERS, IKONOS e QUICKBIRD visando a avaliação do potencial de integração e de geração dos diferentes dados de cobertura vegetal e uso da terra, antropismo, infraestrutura, fogo e erosão. A investigação das linhas de transmissão de energia elétrica através de satélites, se justifica por três motivos fundamentais à manutenção do sistema. O primeiro refere-se à necessidade de avaliação periódica da infraestrutura; o segundo, diz respeito à necessidade de verificação sazonal da vegetação e sua evolução ao longo das “faixas de servidão”; e por último, o terceiro motivo é a necessidade de acompanhamento das ações antrópicas. Todos esses componentes envolvem elementos indicadores de possíveis riscos, a manutenção da confiabilidade do sistema no tocante ao fornecimento de energia elétrica, nos impactos ao meio ambiente, podendo contribuir ainda em questões gerenciais de economicidade voltadas ao “roço”.

Palavras-chave—Confiabilidade, Economicidade, Imagens, Roço, Satélites.

I. INTRODUÇÃO

A área investigada, como “projeto-piloto” neste trabalho compreende um *buffer* de 3 km de largura, disposto simetricamente ao longo do eixo da linha de transmissão de energia elétrica do sistema Tucuruí-Vila do Conde, especificamente localizado no trecho entre as Cidades de Tailândia e Tucuruí, contido na porção nordeste do Estado do Pará.

O trecho mencionado localiza-se nas coordenadas 02° 46' 38" e 03° 49' 14" de latitude Sul, e 48° 57' 03" e 49° 39' 17" de longitude Oeste de Greenwich, englobando uma superfície aproximada de 115.700 ha (Figura 1).

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela ANEEL e pela ELETRONORTE, as quais externamos nossos mais sinceros agradecimentos.

M.S. Borges. Grupo de Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM / Professor Associado do DGL/Universidade Federal do Para (UFPa). Mauricio@dir.iesam-pa.edu.br
G. M. Sales. Grupo de Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM.

O. G. Silva Júnior Grupo de Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM

A. V. Soares Júnior Grupo de Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM

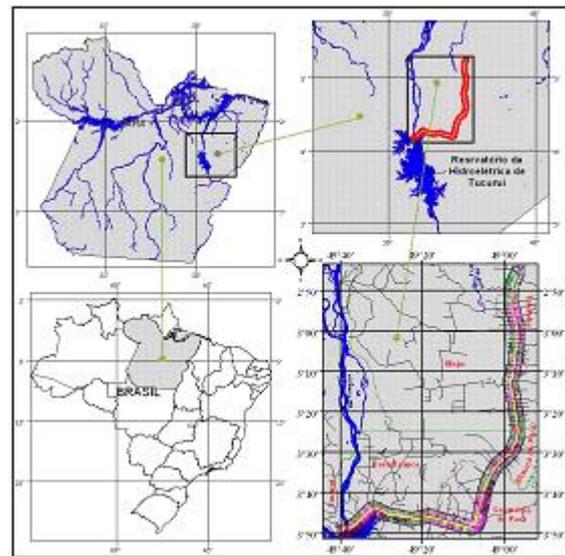


Fig. 01 - Mapa de localização da linha de transmissão de energia elétrica estudada

A. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi a utilização de técnicas de sensoriamento remoto com vistas à investigação de faixas de servidão e linhas de transmissão de energia elétrica. Como objetivos específicos, buscou-se avaliar o potencial de imagens dos satélites LANDSAT, CBERS, IKONOS e QUICKBIRD II, bem como avaliar suas possibilidades no uso do mapeamento de indicadores da cobertura vegetal, antropismo, infra-estrutura, fogo e etc.

II ATIVIDADES E MÉTODOS

A metodologia de trabalho envolveu: a Criação de Banco de Dados em SIG – a qual privilegiou o armazenamento de dados orbitais referentes às imagens de satélite, informações cartográficas, e dados temáticos; Tratamento das Imagens de Satélite – Responsável pela manipulação dos dados digitais brutos, utilizando os procedimentos de análise visual dos produtos sensores e processamento digital das imagens. Foram aplicados realce, retificação geométrica e registro, criação de mosaico e delimitação da área; Geração de Dado Temático – disponibilização de dados (cobertura vegetal, antropismo, drenagem, estradas, etc.) dispostos

segundo temas sobre uma base cartográfica.

A. Sensoriamento Remoto

A extração de informações por sensores remotos é produto direto da resposta de alvos terrestres frente a interação com a radiação eletromagnética, particularmente nos comprimentos de onda do visível, infravermelho próximo e médio, face aos produtos utilizados neste trabalho.

A obtenção de informações de uma imagem pode ser alcançada através de duas abordagens: procedimento visual (intérprete) e procedimento computacional (processamento digital de imagens) (Richards, 1995). A escolha de uma ou outra abordagem está intrinsecamente relacionada à finalidade do estudo, bem como a disponibilidade de equipamentos. Neste trabalho em questão foram empregadas ambas as abordagens para obtenção dos resultados apresentados.

B. Geoprocessamento

O termo geoprocessamento relaciona-se ao conhecimento que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para tratamento da informação geográfica (Câmara e Medeiros, 1996). Desta maneira, ferramentas computacionais desenvolvidas, chamadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), oferecem um poderoso conjunto de procedimentos para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais referentes à realidade terrestre. Um SIG utiliza dados e informações abstratas para representar o mundo real e seus eventos, englobando para tal, aspectos como tema, tempo e localização.

C. Produtos Sensores Utilizados

Landsat-7

O LANDSAT-7 é a continuação do programa LANDSAT americano. Este satélite, lançado em abril de 1999, entrou em órbita com um sensor denominado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Constitui-se de um satélite de média resolução. A banda pancromática (BANDA 8) é maior novidade na plataforma LANDSAT-7. A sua resolução espacial de 15 m e o alinhamento com as demais bandas, habilitam as imagens LANDSAT-7 para aplicações diretas até escala 1:25.000. Trabalha na faixa espectral de 0.52 – 0.90 (μm) gerando uma imagem de boa separabilidade.

As imagens obtidas através do processo de fusão espectral (merge) caracterizam-se por reunirem em uma única imagem, as feições texturais (detalhamento geométrico) da imagem de melhor resolução espacial (15 m, no caso do LANDSAT-7) e a informação de cor, resultante da combinação das imagens de alta resolução espectral (no LANDSAT-7, 6 bandas espectrais estão disponíveis), as quais apresentam resolução espacial de 30 m.

Duas possibilidades de combinações:

Utilizam-se imagens Landsat 7 sensor ETM+ com resoluções de 15 m (PAN) e de 30

(multiespectrais) para produzir novas imagens com as seguintes características:

- Imagem Landsat 7, 3 bandas espectrais com 30 m de resolução (duas no infravermelho e uma no visível) mais a banda PAN (15m) - composição colorida falsa-cor RGB 543 + PAN.
- Imagem Landsat 7, 3 bandas espectrais com 30 m de resolução (três bandas no visível) mais a banda PAN (15m) - composição cores naturais 321/RGB + PAN.

Cbers-2

O satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres CBERS-2 é equipado com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, além de um sistema de coleta de dados ambientais. São sistemas únicos devido ao uso de câmeras que combinam características especiais para resolver a grande variedade de escalas temporais e espaciais típicas de nosso ecossistema.

O satélite obtém a cobertura da Terra em 26 dias. Esse é o tempo necessário para se ter imagens de todo o globo terrestre com suas câmeras CCD e IRMSS, que possuem campos de visada de 113 Km a 120 Km, respectivamente. Já com a câmera WFI, que consegue imagear uma faixa de 890 km de largura, o tempo necessário para uma cobertura global é de cinco dias.

As imagens do CBERS vêm ganhando destaque há algum tempo e têm sido alvo de muitos estudos e trabalhos técnicos. O lançamento do CBERS-2, em 21 de outubro de 2003, representa um fato marcante, uma vez que os sensores a bordo deste satélite (CCD, IRMSS e WFI) são de categorias comparáveis aos sensores do Landsat e do SPOT (INPE, 2006). Por este motivo e diante de sua gratuidade resolveu-se neste trabalho utilizar as imagens adquiridas pela câmera CCD e, desse modo, será objeto de detalhes a seguir. A capacidade de apontamento lateral da câmera CCD de alta resolução aliada ao tipo de órbita do satélite torna possível obter-se pares estereoscópicos de uma certa região com um intervalo de três dias entre duas imagens.

Suas imagens são usadas desde o controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, até o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano e ocupação do solo.

Destacam-se como aplicações potenciais da CCD:

- **Vegetação:** identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes.
- **Agricultura:** identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, quantificação

de pivôs centrais, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas.

- **Meio ambiente:** identificação de anomalias antrópicas ao longo de cursos d'água, reservatórios, florestas, cercanias urbanas, estradas; análise de eventos episódicos naturais compatíveis com a resolução da Câmera, mapeamento de uso do solo, expansões urbanas.
- **Água:** identificação de limites continente-água, estudos e gerenciamento costeiros, monitoramento de reservatórios.
- **Cartografia:** dada a sua característica de permitir visadas laterais de até 32° a leste e a oeste, em pequenos passos, possibilita a obtenção de pares estereoscópicos e a conseqüente análise cartográfica. Essa característica também permite a obtenção de imagens de uma certa área no terreno em intervalos mais curtos, o que é útil para efeitos de monitoramento de fenômenos dinâmicos.
- **Geologia e solos:** apoio a levantamentos de solos e geológicos.

Ikonos II

As imagens de alta resolução como as geradas pelo satélite IKONOS II, lançado no final de Setembro de 1999, são conseqüência direta da liberação tecnológica promovida pelo Governo Americano. Anteriormente, essa tecnologia somente estava disponível para satélites de fins militares.

Como vantagens e benefícios destacam-se:

- A maior resolução espacial possível entre as imagens orbitais atualmente disponível no mercado;
- Possibilidade de combinação de imagens preto e branco (*gray scale*) com dados multiespectrais para a geração de imagens coloridas com 1m de resolução;
- Grande quantidade de informação disponível;
- Facilidade para interpretação visual;
- Radiometria de 11 bits (2048 níveis de cinza) aumenta o poder de contraste e de discriminação das imagens;
- Produto para quem necessita grande resolução espacial (identificar feições ricas em detalhes), mas não requer grande precisão cartográfica. A precisão cartográfica é obtida através da ortocorreção e/ou retificação das imagens;

- Bandas espectrais no visível são mais largas (quando comparadas com LANDSAT-5/7), permitem uma maior penetração na atmosfera e maior poder de discriminação dos alvos terrestres, principalmente da cobertura vegetal, áreas sombreadas e de corpos d'água;
- Imagens com 4m de resolução espacial oferecem até 25 vezes mais informações que imagens com 20m de resolução;
- Com imagens pancromáticas de 1m, é possível distinguir objetos do tamanho de 1m².

QuickBird II

O satélite de QuickBird II é o segundo de uma constelação de satélites que DigitalGlobe® está desenvolvendo com imageamento comercial de alta resolução. O QuickBird possui imageamento pancromático e multiespectral para dar suporte às aplicações em gerenciamento de avaliação de riscos e gerações de mapas com ênfase nas áreas urbanas.

Hoje, o QuickBird da DigitalGlobe é o único satélite capaz de oferecer definição em imageamento, exatidão geolocalacional, grande armazenamento de dados de *on-board* e uma amplitude de imagem 2 a 10 vezes maior do que qualquer outro satélite comercial de alta resolução.

O sistema coleta dados com 61 centímetros de resolução espacial no pancromático e 2,5 metros no multi-espectral, em um vasto campo de observação, apresenta rápida seleção de alvo e permite a geração de pares estereoscópicos. A frequência média de visita é de 1 a 3,5 dias.

Principais Aplicações:

- Mapeamentos urbanos e rurais que exijam alta precisão dos dados (cadastramento, redes, planejamento, telecomunicações, saneamento, transportes);
- Mapeamentos básicos e aplicações gerais em Sistemas de Informação Geográfica;
- Uso da Terra (com ênfase em áreas urbanas);
- Estudo de áreas verdes urbanas;
- Estimativas de colheitas e demarcação de propriedades rurais; e
- Laudos periciais em questões ambientais.

Para a avaliação dos potenciais das ferramentas foram selecionadas as seguintes imagens: imagens disponibili-

zadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do sensor CCD/CBERS-2, correspondentes às órbitas-ponto 161/103, 161/104 e 162/104, bandas 2, 3 e 4; imagens do sensor ETM+/Landsat-7 correspondente à órbita-ponto 223/63, contendo todas as bandas espectrais mais a fusionada (multiespectral + PAN), e mosaico de imagens fusionadas (multiespectral + PAN) do satélite Ikonos II, correspondente a um trecho que compreende a cidade de Tailândia, ambas adquiridas da empresa *Engesat Imagens de Satélite*; e, por fim, mosaico recortado de imagens fusionadas (multiespectral + PAN) do satélite QuickBird II ao longo da Rodovia PA-263 (município de Breu Branco), adquirido da empresa Intersat – Soluções em Imagens de Satélite.

Esta seleção levou em consideração a percentagem de cobertura de nuvens e disponibilidade de imagens para a avaliação multitemporal (Figura 2).

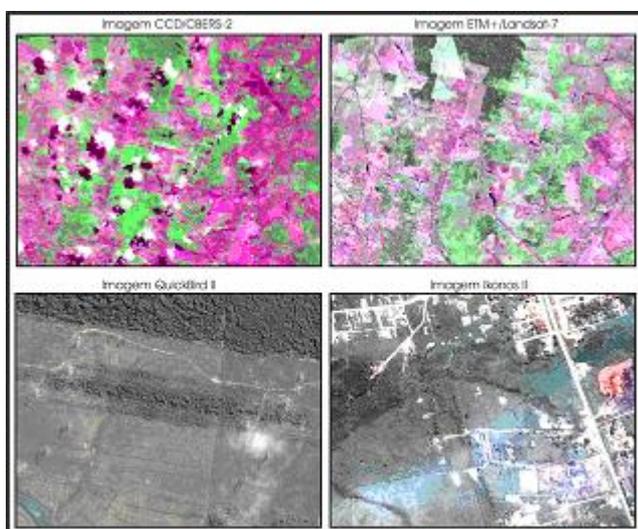


Fig. 2 – Exemplos de imagens adquiridas para o estudo

D. Base Cartográfica Digital

A base cartográfica digital empregada em formato *shapefile* (.shp) foi responsável pelo arcabouço geográfico referente aos limites municipais, rede de drenagem, malha viária e localidades.

E. Software ArcView

Na criação da base de dados foi utilizado o *software* ArcView (versão 3.3/Windows), para aplicação de técnica de processamento digital de imagens e manipulação dos dados vetoriais, objetivando a geração dos mapas temáticos (Fig. 3).

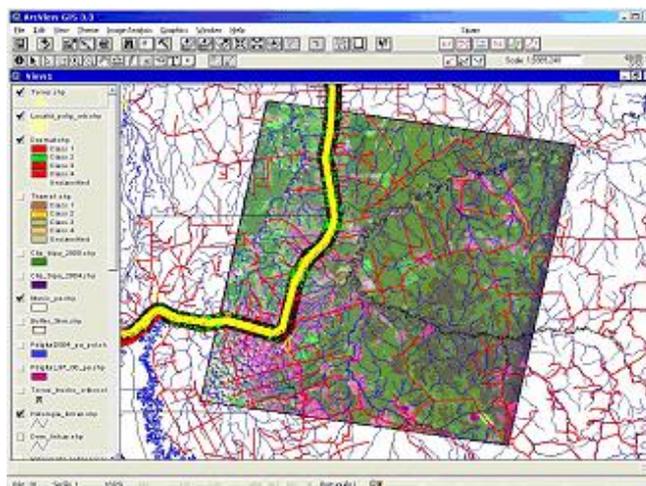


Fig. 3 – Construção da Base de Dados no SIG (ArcView).

O ArcView é um produto da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), sendo escolhido para este trabalho em função de apresentar-se como um poderoso *software* com ferramentas de fácil utilização em Sistema de Informações Geográficas (SIG), as quais possibilitaram a visualização, exploração e análises dos dados espacializados ao longo do trecho da faixa de servidão da linha de transmissão de energia elétrica estudada, além de possibilitar a permuta de dados em modelos usuais como, por exemplo, formato *shapefile* (.shp).

F. Software Spring

O *software* Spring (versão 4.0/Windows) foi utilizado para atuar nas análises de classificação digital (por regiões) das imagens do sensor CCD/CBERS-2.

G. Tratamento dos Dados (Análise dos Produtos Sensores e Classificação Digital)

Pré-processamento

Esta etapa teve como objetivo melhorar a qualidade da imagem digital bruta, através da eliminação de possíveis defeitos geométricos, radiométricos, atmosféricos e inerentes ao processo de aquisição e armazenamento do sinal, para facilitar a análise do intérprete. Dentre as técnicas de pré-processamento utilizou-se a correção geométrica, a qual exemplifica-se na figura 4.

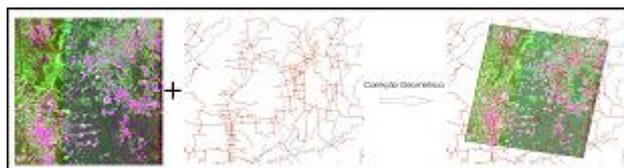


Fig. 4 – Esquema de correção geométrica.

Processamento

realce de imagens

O realce de imagens consistiu de um conjunto de procedimentos que resultou na alteração da qualidade visual da imagem na tela do computador, ou seja, melhorou a definição de aspectos fundamentais à análise/interpretação visual. Neste contexto, o realce deu-se pela **ampliação de contraste** (Figura 5).



Fig. 5 – Realce de Imagens.

criação de mosaico

A criação do mosaico compreendeu a junção das imagens de diferentes órbitas-ponto do sensor CCD do satélite CBERS-2 como medida indispensável à integração de dados, além da facilitação ao processo de recorte da área de estudo (Figura 6).

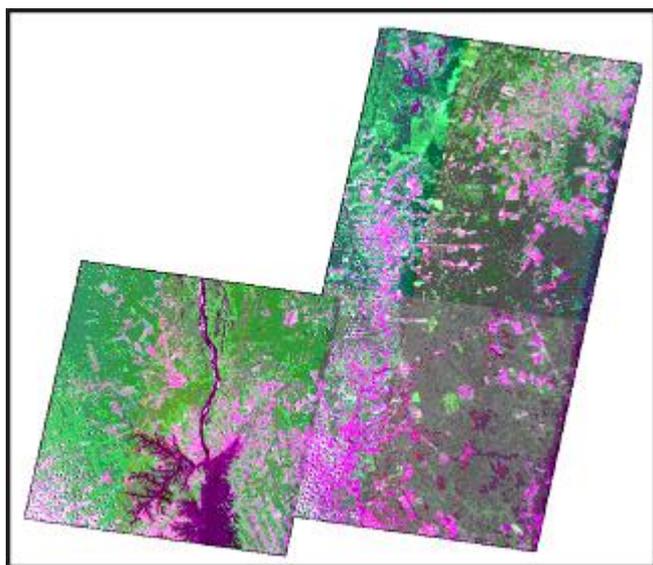


Fig. 6 – Mosaico das imagens CCD/CBERS-2.

segmentação de imagem

Neste processo, as imagens foram divididas em regiões de interesse das aplicações da ecologia da paisagem ao longo da faixa de servidão da linha de transmissão. A divisão em porções consistiu basicamente em um processo de crescimento de regiões, cujo agrupamento utilizou àquelas adjacentes espacialmente.

Inicialmente, este processo de segmentação rotulou cada *pixel* como uma região distinta. Depois calculou o critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes espacialmente na ilha. A seguir, dividiu a imagem em um

conjunto de sub-imagens e então realizou a união entre elas, segundo um limiar de agregação (área) definido (Figura 7).

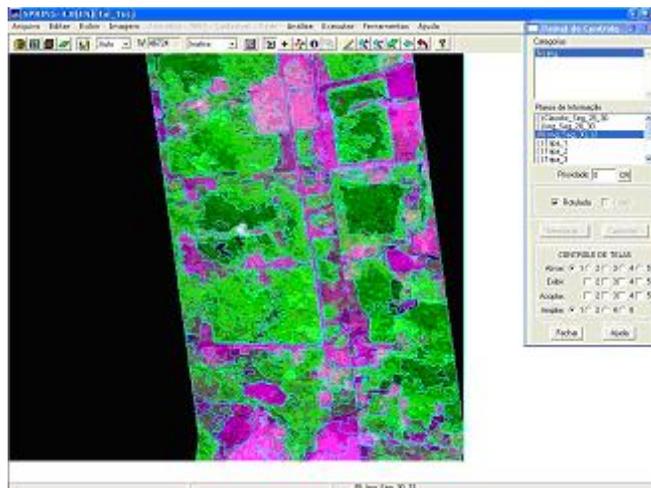


Fig. 7 – Segmentação de imagens.

classificação digital de imagens (fig. 8).

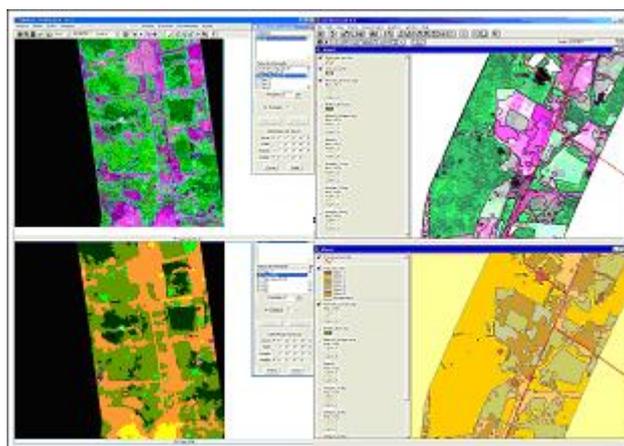


Fig. 8 – Esquema de classificações digitais da área de estudo.

H. Análise Visual (Extração de Informações sobre o Ambiente Terrestre)

A interpretação visual de imagens se concentrou em um *buffer* de 3 km de largura, disposto simetricamente ao longo do eixo da linha de transmissão de energia elétrica Tucuruí-Vila do Conde, no trecho entre Tailândia-Tucuruí e do envolveu três fases distintas: leitura, análise e interpretação. A leitura consistiu na identificação das feições e/ou objetos de interesse na imagem. Na análise, buscou-se estudar o relacionamento entre as feições e/ou objetos contidos nas cenas e na associação e ordenamento das partes que apresentam propriedades comuns.

I. Trabalhos de Campo

A metodologia empregada seguiu a checagem das características temáticas definidas nos mapas preliminares e a respectiva identificação visual *in loco*, segundo critérios técnicos de avaliação, registros fotográficos digitais (câmara fotográfica digital 3.2 Mb *pixels*) representativos das manifestações naturais da paisagem, bem como do antropismo e das estruturas e construções feitas pelo homem. Nestes locais houve a coleta de pontos via equipamento receptor do *Global Positioning System* (GPS). Estes se encontram relacionados na Figura 9.

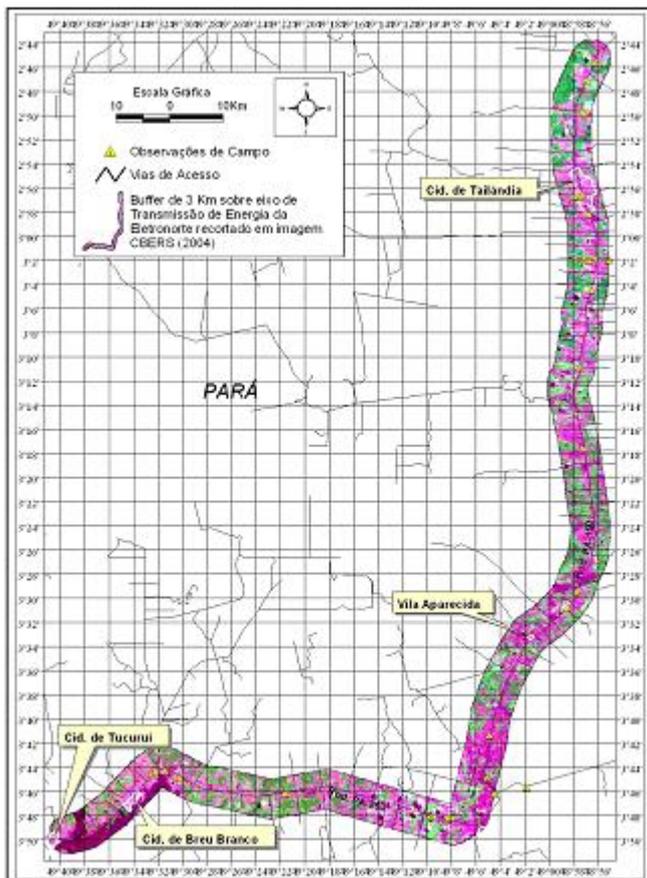


Fig. 9 – Coleta de pontos de GPS.

III. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos sensores (imagens de satélite) aqui trabalhados foram instrumentos valiosos para o entendimento do meio físico e de seus “landcovers”, sobre os quais está instalada a faixa de servidão da Linha de Transmissão de Energia Elétrica Tucuruí-Vila do Conde, bem como da dinâmica antrópica. A envergadura das investigações pode varrer estudos que vão desde o nível de detalhe até os de semi-detalhe e regionais, todos importantes em termos de monitoramento e por conseguinte fundamentais para o aumento e garantia da confiabilidade do sistema como um todo.

A demonstração do potencial de uso destes produtos é visualizada, a partir da extração de informações terrestres, contidas na faixa de servidão das linhas de transmissão de energia elétrica. Neste sentido, foi possível identificar e espacializar cenários críticos potenciais, que pudessem inicialmente comprometer a confiabilidade do sistema. Desta maneira, foram dadas atenções especiais aos fatores vinculados à vegetação e ao antropismo, além dos aspectos relacionados à infra-estrutura de transmissão (torres e cabos). No decorrer do trabalho, outros fatores foram discriminados e alcançaram relevância (a exemplo da possibilidade de monitoramento de fogo/fumaça e das várias alturas da vegetação).

Os esforços foram destinados à geração de produtos temáticos e extração de informações particularizadas que apontassem para as especificidades de cada sensor, associando o contexto interpretativo com o propósito específico de mapeamento (a saber, infra-estrutura, vegetação e antropismo).

Neste sentido, duas abordagens devem ser consideradas: mapeamentos com produtos de alta resolução (imagens dos satélites Quickbird e Ikonos) e mapeamentos com produtos de média resolução (imagens dos satélites Cbers e Landsat).

Os aspectos interpretativos foram variados; no entanto, buscou-se observar nos produtos sensores principalmente a facilidade de recobrimento e a quantidade de dados pontuais sobre uma mesma área, como subsídio para verificação da aplicabilidade e potencialidade associadas a cada produto (Figura 2). Fazem parte deste contexto à relação espacial, espectral e temporal para a avaliação dos alvos nas faixas de servidão e parte de seu entorno.

A capacidade de mapeamento para os alvos de interesse mostrou que em termos de percepção visual o produto do satélite Quickbird II (alta resolução) foi melhor para mapeamento em nível de detalhe quando comparado ao Ikonos. Apesar deste resultado estar diretamente relacionado à maior resolução espacial do sensor (2,4 m), foi questionado se a resolução de 4 m (multiespectral) do Ikonos, cujo preço de mercado é menor, não seria suficiente para o nível de detalhe requerido para atender as demandas das equipes de manutenção. Uma vez que também é possível obter informações em termos de infra-estrutura (torres e cabos de transmissão), além dos resultados na interpretação dos estágios de desenvolvimento vegetal. Para exemplificar estes contextos de observação de níveis de detalhe (percepção visual), apresenta-se uma comparação entre satélites, com três valores de escala nominal (Figura 10).

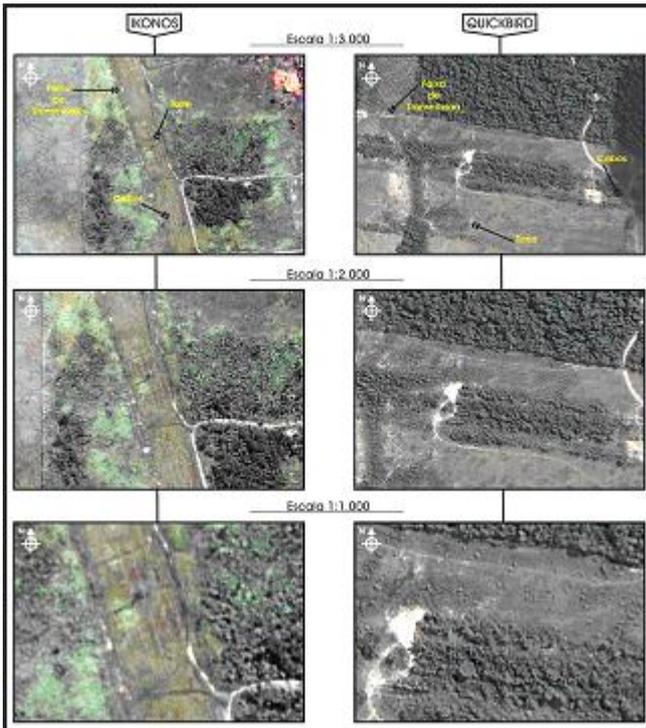


Fig. 10 – Comparação entre satélites em três valores de escala nominal.

O maior nível de detalhe trabalhado sem distorções foi 1:1.000, este podendo ser visto na comparação entre as imagens apresentada na figura 11. Do ponto de vista do monitoramento dos estágios de desenvolvimento vegetacional, ambas apresentam-se suficientes para a determinação do ponto crítico de crescimento nas faixas de transmissão (Figura 11), apesar do produto Quickbird fornecer uma melhor percepção visual.

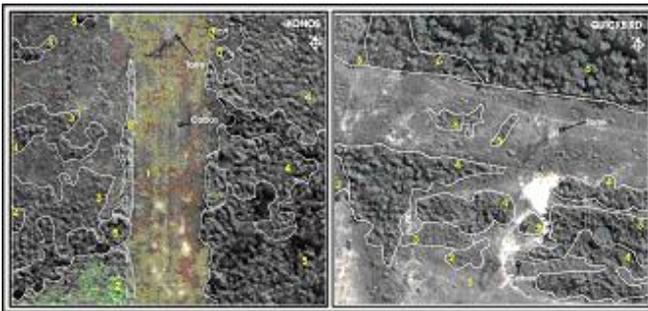


Fig. 11– Mapeamento de estágios de crescimento vegetativo em imagem Ikonos e Quickbird

É importante considerar o trabalho de campo para registro e catalogação de padrões de crescimento para a interpretação visual nos dois tipos de imagens. Dessa maneira, considerando-se isoladamente o item vegetação, pode-se optar pela escolha de uma ou outra imagem sem prejuízos. Talvez a melhor escolha seja dependente do resultado esperado em um caso de monitoramento em que se tenha que levar em conta outros aspectos.

A avaliação dos estágios vegetativos exhibe fases distintas de crescimento que podem ser associadas às questões de confiabilidade da manutenção do sistema de trans-

missão de energia. Assim, considera-se que as fases 4, 5 e 6 têm potencial de risco pela sua quantidade de biomassa combustível (risco de incêndio). As fases 5 e 6 apresentam potencial de risco de aterramento da linha de transmissão, devido à proximidade dos cabos de alta tensão (Figura 12).

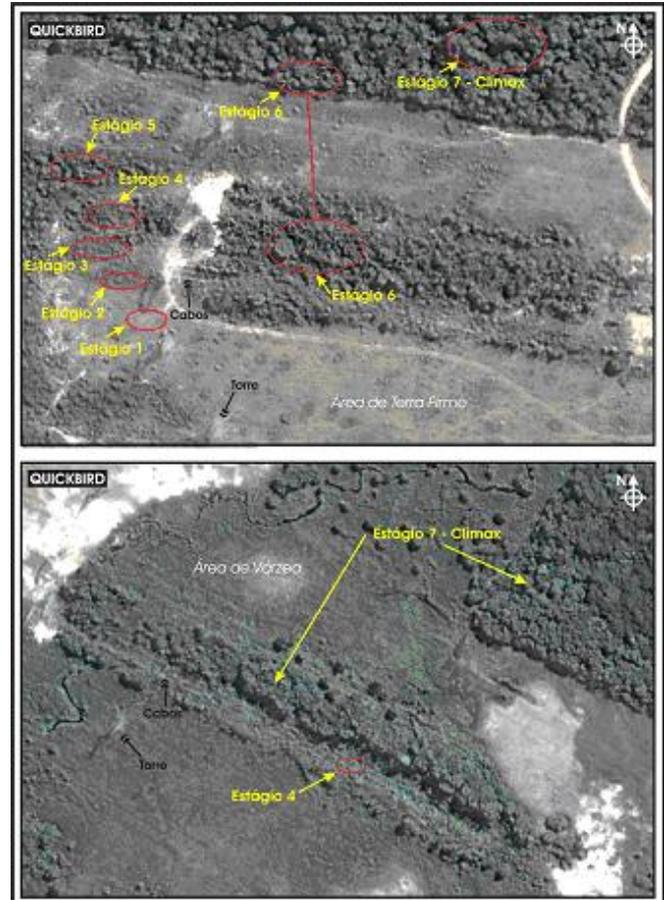


Fig. 12 – Estágios de crescimento avançado abaixo das linhas de transmissão de energia elétrica.

As imagens foram hábeis em identificar um outro aspecto que pode indicar risco a manutenção da confiabilidade do sistema de transmissão. Durante as atividades de extração de informações foram obtidas informações acerca do elemento fogo e da distribuição de fumaça associada a estes focos de calor.

À proximidade do calor e da fumaça junto aos cabos de transmissão de energia elétrica podem facilitar a criação de arcos de ionização, os quais podem atuar no sentido de provocar o desligamento do sistema. Desta maneira são fatores limitantes a confiabilidade do sistema os quais devem ser monitorados com o uso das imagens.

A Figura 14 dá uma idéia deste cenário crítico. Pode-se observar que em função da predominância dos ventos no sentido Oeste a fumaça expande-se sobre as faixas de transmissão próximas a região Nordeste do trecho investigado no trabalho Tucuruí-Tailândia/PA (em particular nas cercanias de Tailândia). É importante observar, que também existem situações em que a área útil das serrarias adentram as faixas de transmissão, inclusive com fornos de produção de carvão.

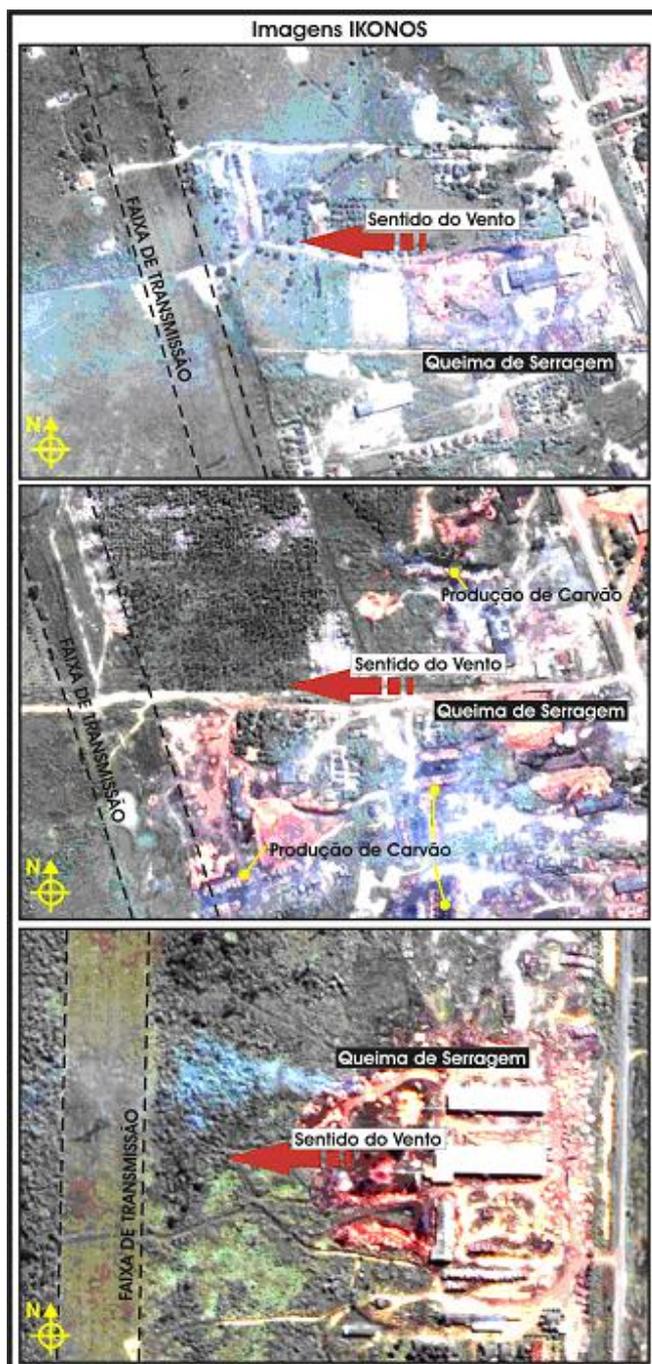


Fig. 14 – Deslocamento de fumaça (queima de material de origem vegetal) para as faixas que contêm as linhas de transmissão.

Quando se investigou a questão antrópica dentro de um trecho crítico foi possível espacializar o problema através do mapeamento (em nível de detalhe) do avanço antrópico à Sudoeste da cidade de Tailândia/PA. Percebe-se claramente (Figura 15) o impacto da ocupação urbana dentro da faixa de segurança da linha transmissão de energia elétrica. A condição expressa o nível de risco atingido para este trecho e potencializa a necessidade do uso deste tipo de produto (sensores remotos de alta resolução) nas estratégias necessárias ao estabelecimento de políticas de manutenção do sistema em áreas sujeitas a invasão.

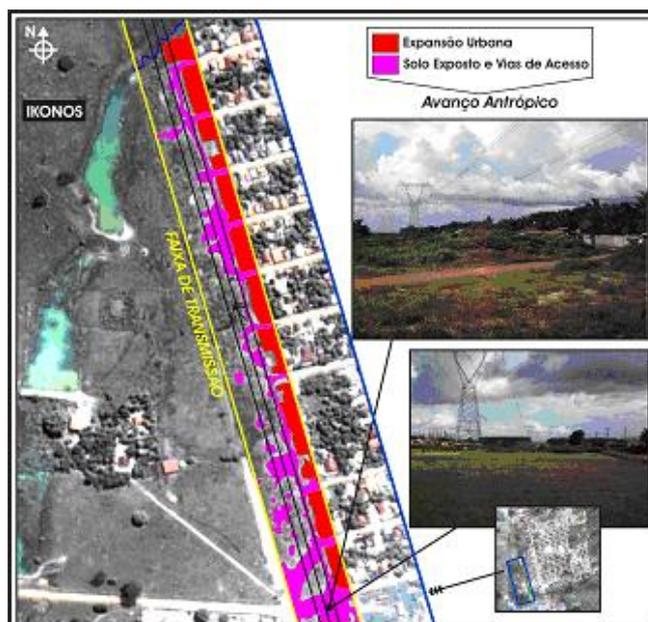


Fig. 15 – Avanço antrópico sobre as faixas de segurança das linhas de transmissão de energia elétrica.

Dentro do critério de mapeamento da infraestrutura (torres e cabos de transmissão de alta tensão) fica evidenciado (Figura 16) que em termos de detalhamento do alvo seria necessário trabalhar com as bandas pancromáticas isoladas ou fusionadas, cuja resolução espacial é maior (menor ou igual a 1 m). No entanto, há de se considerar se isto tem real valor, visto que o entendimento a respeito dos problemas que afetam a transmissão de energia, do ponto de vista estrutural, está mais voltado para o conhecimento de outras grandezas que não se pode, a princípio, com estes insumos utilizados, mapear ou relacionar, como é caso da temperatura, oxidação, dilatação entre outras. A busca por realizar o sensoriamento neste caso, estaria mais destinada à pesquisa por meio de produtos que viabilizassem o mapeamento na faixa de comprimento de onda referente ao infravermelho termal do espectro eletromagnético.

Contudo, se o objetivo de monitoramento da infraestrutura é investigar aspectos ligados à dinâmica paisagística exógena, a exemplo da investigação de evolução da erosão, então tais produtos mais refinados seriam extremamente valiosos.

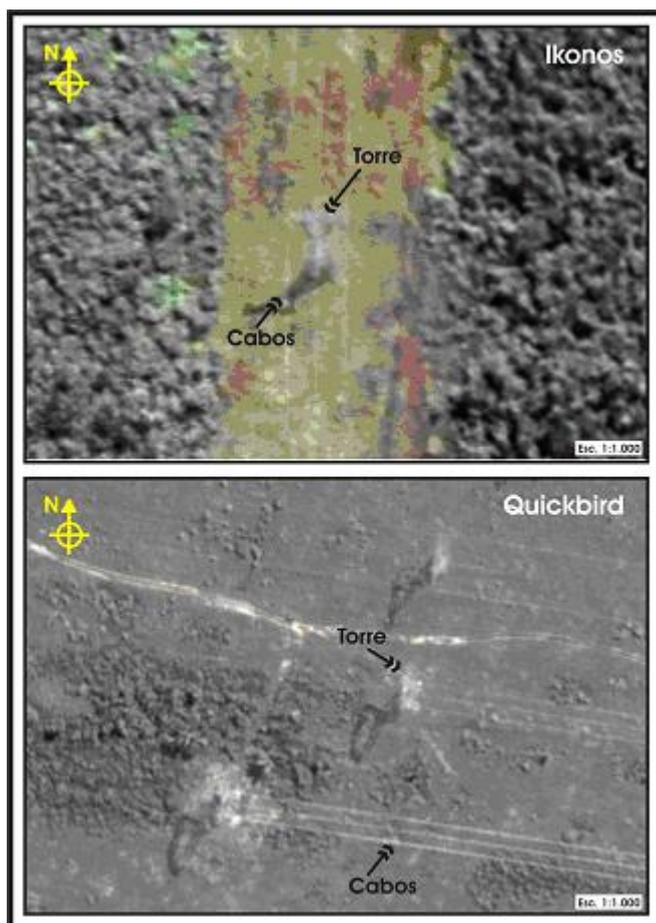


Fig. 16 – Comparação da definição das estruturas de transmissão (torres e cabos) entre imagens de alta resolução.

Desta maneira, uma importante parcela da aplicação, em nível de detalhe, dos produtos de alta resolução (Ikonos e Quickbird) poderia estar associada à geração de dados fundamentais para a avaliação de riscos naturais à estrutura física de transmissão de energia elétrica. Estes prognósticos dizem respeito a critérios geotécnicos/geológicos (litologia, geomorfologia - erosão/sedimentação e tectônica). Neste sentido, gerou-se um mapa contendo este tipo de estudo, como forma de potencializar sua aplicabilidade (Figura 17).

Nesta figura observa-se que a infra-estrutura física das linhas de transmissão (sobretudo as torres) estão instaladas sobre paleocanais e paleobarras ligadas a evolução morfogenética mais jovem da planície de inundação fluvial. É possível que parte da rede de drenagem tenha evoluído sob efeitos de neotectonismo. Tratam-se de áreas sensíveis a efeitos de alagamento e erosão, face a dinâmica intrínseca associada a migração do curso principal de terceira ou quarta ordem hierárquica.

No mapeamento com imagens de satélites de média resolução espacial (Cbers e Landsat), os resultados pretendidos estiveram em função de extrair informações sobre a ecologia da paisagem fortalecendo a avaliação dos *landcovers* vegetação e antropismo. Desta maneira o que se pretendia era ter uma primeira avaliação do impacto que a di-

nâmica de ocupação provocou, através do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra.

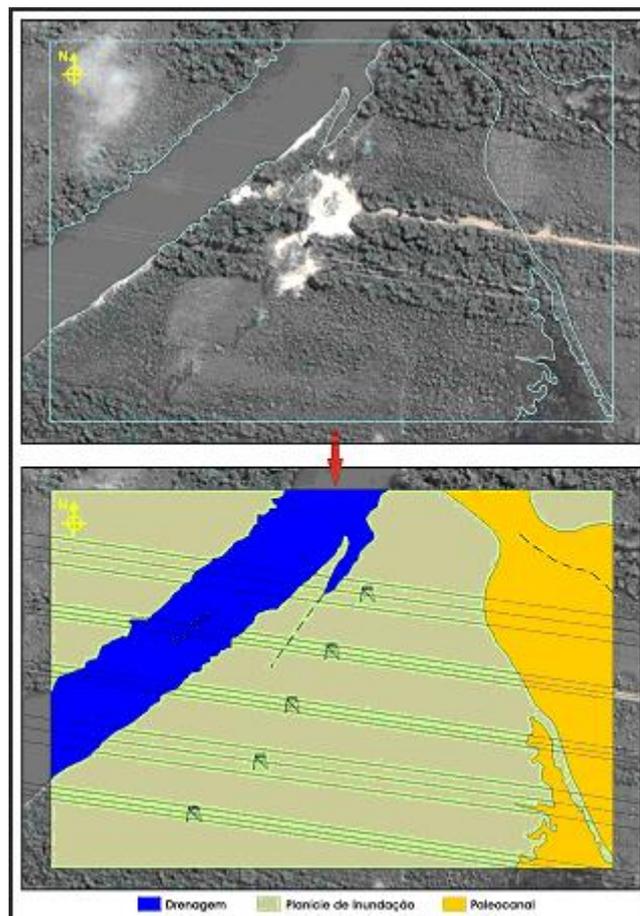


Fig. 17 – Potencialidade do produto na interpretação Geomorfológica.

Nesta escala de investigação, a importância deste conhecimento em nível macro, aponta para outras aplicações estratégicas.

Entre estas se encontra a facilidade de se identificar os vetores de crescimento da ocupação do espaço, trazendo com isso uma visão sinótica da área e possibilitando o delineamento de ações mitigadoras voltadas ao estabelecimento de políticas de monitoramento, que envolvam a conscientização sobre a questão ambiental e de segurança, para a população de entorno das faixas de transmissão, além, é claro, da manutenção ao próprio sistema de transmissão de energia elétrica. Ações de educação ambiental, *marketing* empresarial e avaliações de cenários macros pelas equipes de manutenção ficam muito facilitados com o uso destes sensores.

No caso particular das equipes de manutenção, outra questão muito relevante é o gerenciamento da atividade de “roço”. Esta fica extremamente privilegiada com o uso destas ferramentas, implicando diretamente na possibilidade da elaboração de programação seletiva de cortes de vegetação e diminuição drástica de custos. Ou seja, haveria forte impacto na economicidade do gerenciamento e operação ao longo do sistema. A Figura 18 fornece uma boa exemplificação deste tipo de informação.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou temas relevantes, no contexto do das faixas de servidão das linhas de transmissão de energia elétrica. Ele apresenta uma série de resultados que podem ser muito úteis ao plano de monitoramento, quando se utiliza este tipo de tecnologia.

É notório que existem pontos positivos e negativos associados ao uso destes insumos tecnológicos. A somatória dos pontos positivos nos leva ao entendimento, de que para se monitorar é indispensável espacializar o cenário em apreço, neste caso específico, as faixas de servidão e as linhas de transmissão de energia elétrica. Assim, deve-se construir uma base sólida de dados, que permita o entendimento do meio físico e da dinâmica antrópica atuante. Os dados adquiridos neste tipo de investigação tornam-se assim imprescindíveis para a manutenção da confiabilidade do sistema, bem como da economicidade de sua gestão.

Os aspectos negativos relacionam-se as questões técnicas intrínsecas às características dos produtos propriamente ditos. Na Amazônia, o desafio de extrair informações sobre a superfície terrestre é grande, principalmente devido ao clima atuante nesta região. Muitos esforços têm sido empreendidos, no sentido de se construir instrumentos específicos, para mapeamento nestas áreas. As imagens utilizadas neste trabalho representam uma parcela destes esforços. Uma limitação forte, em nossa região, é que a natureza da coleta de informações, para a geração das imagens, utilizadas neste trabalho, está associada a sistemas de aquisição de dados, baseados em princípios óticos.

A coleta de informações da superfície por sistemas óticos está sujeita a presença ou não de nuvens. Isto se acentua principalmente em períodos mais chuvosos..

Os resultados apontaram que para compor um plano de monitoramento das faixas de servidão e das linhas de transmissão, poderiam ser utilizadas imagens de média resolução para avaliar a questão da dinâmica antrópica ao longo das faixas, assim como na identificação dos trechos críticos de crescimento vegetal potencialmente ativos nas causas de interrupção da transmissão da energia por aterramento e fogo. Para tal, as imagens do satélite Sino-Brasileiro CBERS se destacaram em relação ao LANDSAT, em razão da gratuidade de fornecimento (até o presente momento), apesar das imagens LANDSAT apresentarem baixo custo, avaliarem área útil maior e, serem melhores na geração de informações da paisagem, principalmente quando se aplica a fusão de imagens (Pan + Multiespectral).

Mesmo nessa escala, em semi-detalle ou regional, estes satélites podem disponibilizar dados que são fundamentais para a manutenção da confiabilidade do sistema e também apontando para possibilidades de gestão e planejamento vitais para a economicidade da mesma.

Em relação aos produtos de alta resolução (satélites Quickbird e Ikonos), sugere-se trabalhar com as imagens

do Quickbird em razão de permitirem maiores detalhamentos na extração de informações em termos de infra-estrutura, desenvolvimento vegetativo e, principalmente, para os estudos de danos à estrutura física de transmissão a partir da avaliação dos riscos naturais como a erosão (Figura 17). Mais uma vez a investigação e monitoramento utilizando-se de tais produtos sensores seriam fundamentais para a manutenção da confiabilidade do sistema.

É importante destacar, que para estes produtos é inerente a demora no fornecimento de imagens, em função das áreas imageadas pelo sensor serem pequenas e facilmente sujeitas à presença de nuvens. Outra dificuldade intrínseca é que este fornecimento está atrelado à fila de espera na programação de imageamento do satélite para uma determinada área.

Uma contribuição importante deste estudo é o de sugerir a utilização de imagens de satélite visando a definição de áreas críticas de crescimento vegetativo com potencial de impacto a transmissão de energia elétrica. Desta maneira, abriria-se uma perspectiva tecnológica no sentido de auxiliar na elaboração de um plano de monitoramento contínuo das faixas de transmissão de energia elétrica. Assim, a depender do interesse em trechos definidos como críticos (trechos urbanos ou de impacto ligado a riscos naturais), poder-se-ia descer em grande nível de detalhe com as imagens de alta resolução.

Ao finalizar, este trabalho sugere, que o uso sistemático de imagens de satélite possa representar um embrião de criação de técnicas de avaliação, controle, manutenção e introdução de melhorias que contribuiriam significativamente para o aumento da confiabilidade do sistema, bem como de grande incremento na economicidade de gerenciamento do mesmo pelas empresas do Setor Elétrico.

V REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÂMARA NETO, G. & MEDEIROS, J. S. 1996. *Geoprocessamento para projetos ambientais: tutorial para cursos*. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 161p.
- CROSTA, A. P. 1992. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas, IG/UNICAMP. 170p.
- DIGITALGLOBE 2005. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 16 janeiro 2006.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **CBERS-2**. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 12 outubro 2006.
- INTERSAT 2005. Disponível em: <<http://www.intersat.com.br>>. Acesso em: 16 janeiro 2006.

- LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. New York, John Wiley. 750 p.
- NOVO, E. M. L. M. 1992. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo, Edgard Blücher. 308 p.
- PONZONI, F. J. & DISPERATI, A. A. 1995. *Comportamento espectral da vegetação*. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 37 p.
- RICHARDS, J. A. 1995. *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. Berlin, Springer-Verlag. 340 p.
- SCHOWENGERDT, R.A. 1983. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. Florida, Academic Press, Inc.. 249 p.
- SPRING.2003. Manual de usuário on-line. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 16 março 2003.