

## Sensoriamento Remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia.

Alex Mota dos Santos <sup>1</sup>  
Rosângela Das Dores Reis <sup>2</sup>  
Nara Luisa Reis de Andrade <sup>1</sup>  
Ana Lúcia Denardim da Rosa <sup>1</sup>  
João Gilberto Ribeiro de Souza <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia - UNIR/DEA  
Rua Amazonas, 351 - 76-961-970 - Ji-Paraná - RO, Brasil  
{alex, analucia} @unir.br

<sup>2</sup> Secretaria Municipal Agricultura e Meio Ambiente - SEMAGRI  
Avenida Dois de Abril, 1.019 - 76961-010 – Ji-Paraná - RO, Brasil  
{naraluisar, rosaambiente} @gmail.com

**Abstract.** The aim of this paper is to present a spatial analysis of degraded areas in Ji-Parana city, inserted in Rondonia state, based on orbital remote sensing data integrated with a Geographic Information System (GIS). The specific goal was to characterize the impacts associated with major streams, including permanent preservation areas and remaining of the urban forest (Buritizais). The survey was conducted into the Project "Teaching of science and technology transfer as an experience of environmental education in micro basins of the Ji-Paraná/RO River" with specialization in the recognition of the environmental situation, focusing on the soil use and occupation, on the micro basin of the Ji-Parana River. The methodology included the merger of CBERS-2B, CCD sensors and HRC. The results revealed that the fusion of images freely available satellite data is highly recommended for analysis in urban centers.

**Palavras-chave:** remote sensing, espacial analyst, Ji-Paraná, sensoriamento remoto, análise espacial, Ji-Paraná.

### 1. Introdução

Acompanhando uma tendência de expansão da fronteira agrícola para a Amazônia, o Estado de Rondônia apresentou crescimento considerável nas últimas décadas do século XX. Os projetos de colonização atraíram famílias de várias partes do país o que resultou na formação e consolidação dos principais núcleos urbanos do Estado. Tal dinâmica é resultado de uma ocupação desordenada e predatória incentivada pelo governo federal, que ainda empobrece o estado, pois importa um sistema produtivo pouco atraente para região, que possui características edafo-climáticas distintas das regiões já colonizadas do sul e sudeste do país.

Neste contexto, destaca-se o município de Ji-Paraná, com a segunda maior população de Rondônia. Os problemas observados em Ji-Paraná não fogem as regras gerais das demais cidades no Brasil: faltam obras básicas estruturantes para viabilizar a boa qualidade de vida na cidade. Assim, o cenário identificado revela o modo como se faz política ambiental no Brasil: prioriza-se os grandes projetos econômicos em detrimento de projetos ambientais.

Neste contexto, a identificação das ações antrópicas mais impactantes para o meio ambiente pode ser revelado a partir de um conjunto de ferramentas tecnológicas associadas ao conhecimento de mundo, que possibilitam a estruturação de cenários ambientais que podem ser aproveitados pelo poder público para reorganização dos espaços urbanos. Fornecem ainda elementos para a educação ambiental, já que os resultados destas análises podem ser disponibilizadas para as escolas de ensino básico, fundamental e médio, contribuindo para a formação tecnológica dos discentes, a partir da aplicação da tecnologia sensoriamento remoto.

No que diz respeito a organização do espaço urbano, identifica-se na cidade de Ji-Paraná um conjunto de iniciativas para repensar as ações impressas na paisagem. A principal foi a

elaboração, no ano de 2001, de uma legislação específica para proteção e melhoria da qualidade de vida na cidade a partir do Código Municipal de Meio Ambiente, que, dentre outros, prevê a preservação das Áreas de Preservação Permenentes (APP's), delimitando o limite máximo de ocupação às margens de rios (60m) e igarapés (15m) e estruturação do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (COMDEAM). No ano de 2002 foi sancionado o DECRETO Nº 6948/GAB/PMJP/2002), que Regulamenta o art. 38, da seção V, do Código Ambiental Municipal, na parte que trata dos Buritizais, inseridos nas ZPPs (Zona de Preservação Paisagística).

Apesar da importante contribuição do COMDEAM há muito o que se fazer na cidade em prol da sustentabilidade dos recursos naturais.

Nesta perspectiva se apresenta uma análise que tem como foco principal traçar um cenário ambiental das áreas degradadas e dos conflitos já identificados na cidade de Ji-Paraná, Rondônia, a partir de dados de sensoriamento remoto orbital integrados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O objetivo específico foi caracterizar os impactos associados aos principais igarapés, incluindo as Áreas de Preservação Permanente e remanescente florestais urbanos (Buritizais).

## 2. Metodologia

### 2.1. Área em Estudo

O município de Ji-Paraná localiza-se na microrregião de mesmo nome, no centro-leste do Estado de Rondônia (Figura 1). A sede municipal é conhecida por *Coração de Rondônia*, devido a sua localização central e a presença de uma ilha, com o formato que lembra um coração. Segundo as estatísticas do IBGE (2009), o município possui aproximadamente 111.010 habitantes. A área recortada para análise está localizada entre as coordenadas geográficas  $62^{\circ} 01' 00''$  e  $61^{\circ} 51' 14''$ , a oeste e  $10^{\circ} 56' 55''$  e  $10^{\circ} 48' 08''$ , a sul. Grande parte da cidade está construída na zona de planície inundável do Rio Ji-Paraná, fato que favorece inundações em períodos de intensa precipitação. A cidade é dividida em 2 Distritos (Figura 2). A área recortada ocupa 3.612,55 hectares.

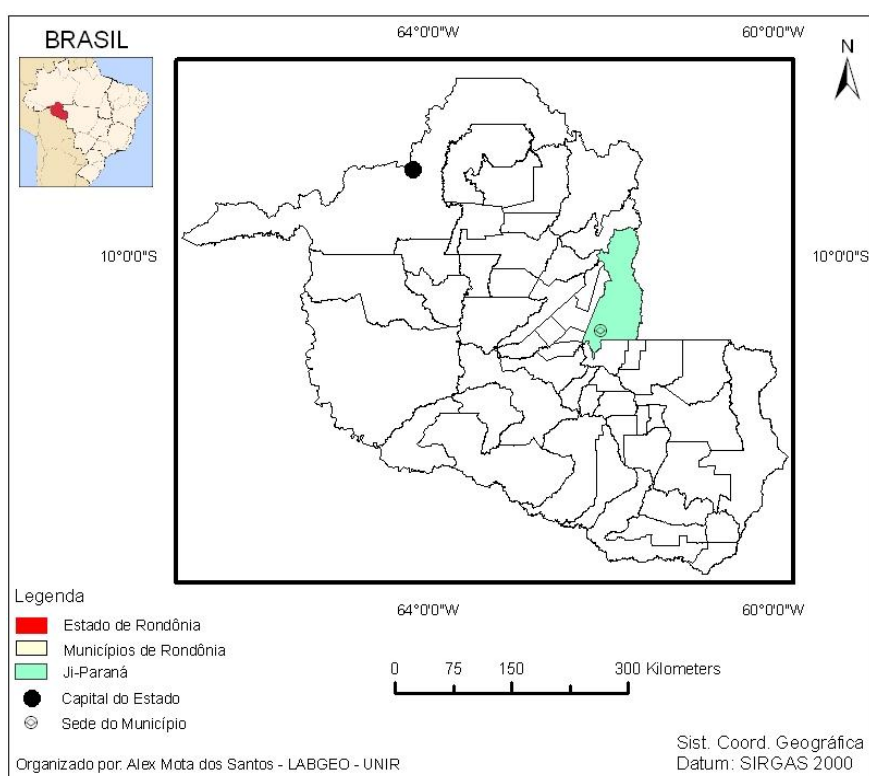


Figura 1. Localização da Área em Estudo.

## 2.2.. Dados orbitais

A análise foi sustentada por dados orbitais de moderada resolução, nomeadamente o sensor CCD de 20 metros de resolução espacial, e de alta resolução espacial, HRC de 2.7 metros, ambos disponíveis no Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-2B).

Os dados foram obtidos gratuitamente no sítio do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> (INPE, 2010) e compõe a órbita/ponto 173/112, para o sensor CCD e 173-D-112-4-L2, para o sensor HRC.

### 2.2.1. Fusão de dados CCD e HRC

A aplicação da técnica de Fusão pelo método IHS é clássica e extremamente utilizada na identificação de áreas urbanas a partir de dados de Sensoriamento Remoto (Crosta, 1992; Lillesand & Kiefer, 1994). Esta técnica foi implementada com o objetivo de fundir a cor das imagens coloridas do sensor CCD à imagem do sensor HRC, que é monocromática. Essa metodologia foi importante, já que com a análise da imagem colorida ficou mais fácil estudar a vegetação ripária, por exemplo.

Sabe-se que a cor que se vê numa imagem é resultado de uma composição da intensidade (*I-Intensity*), a cor ou matiz (*H-Hue*) e a saturação (*S-Saturation*) que é representada pelo espaço (*R – red*), (*G-green*) e (*B-blue*). O princípio da fusão envolve o cálculo H, I e S a partir de três bandas selecionadas do CCD e aplicar o contraste nos componentes H e S resultantes, na imagem HRC. O componente I é substituído pela imagem HRC, e aplica-se a transformação inversa (IHS-RGB).

Existem muitos métodos para a fusão de imagens. A transformação IHS é uma alternativa para descrever as cores dos componentes RGB. A transformação IHS é um método muito utilizado devido a sua eficiência e facilidade de implementação (Tu *et al.*, 2001 *apud* Santos, *et al.*, 2009). Nesta metodologia é necessário a restauração da imagem CCD.

A restauração é o procedimento de redimensionamento da resolução espacial das imagens utilizadas na análise. Isto indica que a resolução espacial nominal da imagem é alterada para o valor indicado pelo analista. Este procedimento visa corrigir distorções radiométricas e geométricas inseridas pelo sensor óptico no processo de geração de imagens orbitais.

Como indicado a resolução espacial da imagem sensor HRC é de 2,7 metros e a resolução espacial sensor CCD é de 20 metros. Assim, a imagem CCD é 25 vezes maior que a imagem HRC. Neste sentido, restaurou a imagem CCD para 10 metros. Após a Restauração as imagens foram reamostradas para igualar a resolução espacial. Em seguida aplicou a conversão das imagens RGB para IHS. Após a transformação IHS, a imagem colorida ficou com a resolução espacial da imagem HRC e resolução espectral das bandas CCD.

Toda a metodologia foi implementada no Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING), versão 5.0.6 (Câmara *et al.*, 1996), também disponível sem custos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

### 2.2.2. Segmentação, Classificação e Análise de Padrão

A segmentação subdivide uma imagem em suas partes ou objetos constituintes. O nível até o qual essa subdivisão deve ser realizada depende do problema a ser resolvido (Gonzalez e Woods, 2000). A segmentação pára quando os objetos de interesse tiverem sido isolados. Esta técnica pode determinar a descontinuidade (detecção de pontos, de linhas), a borda ou fronteira (bacias), a limiarização e regiões. Este procedimento pode ser considerado um pré-classificador para a classificação automática.

Nesta análise observará apenas a segmentação por regiões. A identificação de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada *pixel* como uma região distinta. Em seguida é estabelecida a classificação, que vai proporcionar a detecção de

padrões que indicam um arranjo espacial, este arranjo caracteriza, por exemplo, a vida sócio-econômica-ambiental de uma região. Na análise de paisagem a classificação é o procedimento mais utilizado, já que sempre estamos classificando para segregar ou agregar, facilitando assim o entendimento de sua dinâmica.

A classificação empregada nesta análise apropriou-se da imagem segmentada e classificação supervisionada. Após classificação da imagem procedeu-se a poligonização das classes representativas da imagem. A análise do desempenho da classificação foi realizada a partir de uma Matriz de Confusão e cálculo do índice *Kappa*.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Análise visual

Em síntese, as imagens resultantes do processo de fusão IHS diminuíram o contraste espectral nas bandas, que influenciou na cor da imagem fusionada e resultou em cores mais intensas, acentuando a diferença entre áreas antropizadas de remanescentes vegetais, água, área de queimadas e feições lineares, melhor definição dos bairros da cidade (Figura 2a e 2b).

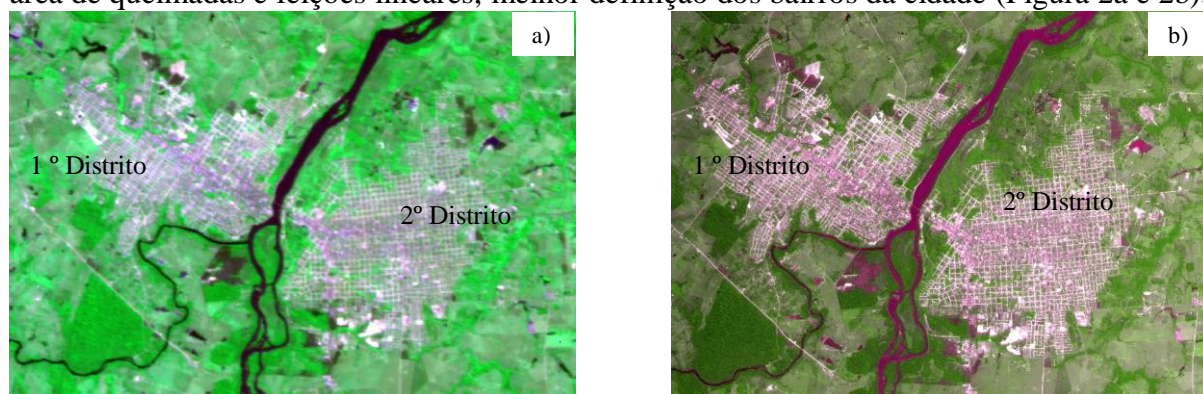


Figura 2. Avaliação visual entre CCD (a) e HRC (b) fusionada e indicação dos Distritos da Cidade.

#### 3.2. Análise Estatística

A avaliação estatística (Tabela 1) é necessária para a comparação entre as bandas CCD, HRC, original e híbrida ou fusionada. A avaliação estatística geral é baseada no histograma, média, desvio-padrão e variância. Esses elementos são muito importantes para a compreensão dos dados orbitais e os resultados da transformação IHS. O histograma mostra os valores de pixel e sua frequência na imagem.

Tabela 1. Estatísticas dos dados analisados.

Estatísticas dados CCD			
Banda	Média	Desvio Padrão	Variância
2	46,92	5,30	28,07
3	54,97	12,75	162,97
4	102,75	12,39	153,61
Dados HRC			
1	38,45	16,53	113,49
Dados HRC fusionada			
2	25,45	10,32	106,49
3	29,95	9,91	98,28
4	52,20	5,66	32,08

A estatística geral apresenta alteração na média, desvio-padrão e variância, após transformação IHS. A média da imagem CCD apresenta variação alta, devido ampla distribuição dos números níveis de cinza (Figura 2a e 2b), especialmente da banda 4, resultando assim numa imagem com alto contraste, imagem clara. A imagem HRC apresenta baixa média, baixo contraste, imagem escura. Após fusão a imagem HRC híbrida apresentou valores mais homogêneos de média, resultando em maior contraste entre as cores.

O desvio-padrão da imagem CCD apresenta maior variação e a imagem híbrida apresenta baixa variabilidade. Isso mostra uma diminuição de contraste da imagem CCD quando da fusão. A melhoria visual após fusão da imagem é explicado pela diminuição do valor do desvio padrão na banda 4, que acentua o alto brilho.

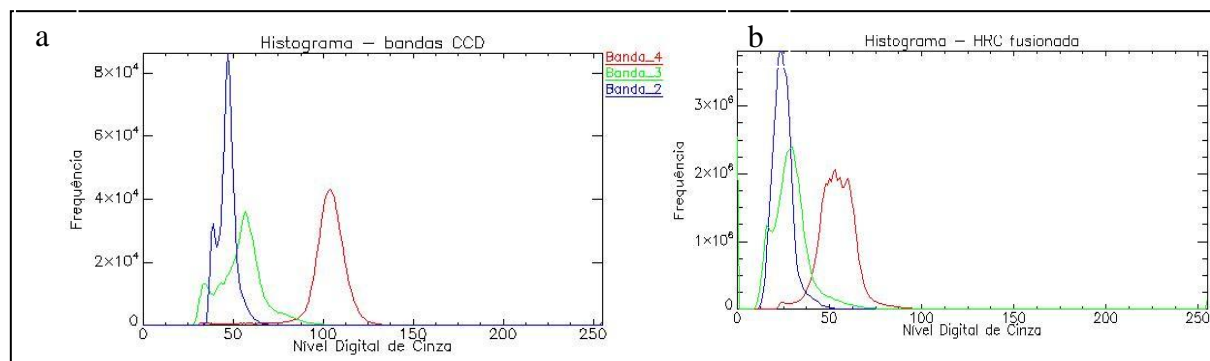


Figura 2. Histograma das imagens CCD (a) e HRC (b).

Além dos parâmetros estatísticos acima, a imagem multiespectral apresentou alta correlação, que é a repetição de informações de uma banda nas demais, fato não verificado após a fusão.

### 3.3. Análise Quantitativa

A determinação das classes de uso e cobertura do solo foi possível graças a quantificação dos polígonos representativos resultantes da segmentação e classificação. A síntese desta análise está organizada na Tabela 2.

Tabela 2. Principais usos na sede do município de Ji-Paraná.

Uso	Área (ha)	% da área total
Queimada	92,34	2,55
Água	517,21	14,31
Urbano consolidado	2.930,18	81,11
Buritizais	72,82	2,03
<b>Total</b>	3.612,55	-

Foi observado que a sede do município desenvolve um perímetro de 40.75 km, sendo destes 55,61% envolvidos por zona de pecuária.

No primeiro Distrito da cidade foram identificados 10 ZPP's (Figura 3), que estão mais inseridas na zona urbana consolidada. As ZPP's do 2º Distrito (Figura 4) estão localizados nas bordas da zona urbana. Admite-se haver mais 3 ZPP's no 2º Distrito, contudo as mesmas não foram destacadas no processo de segmentação da imagem fusionada.

Em SIG determinou-se um *buffer* que correspondeu a APP em cada drenagem. Assim, refere-se que cerca de 6 quilômetros, no sentido longitudinal, do Rio Ji-Paraná corta algum ambiente urbanizado, no entanto, identificou-se que apenas 11% desta extensão está afetada por algum tipo de ocupação humana que gera alteração na vegetação ripária.



O rio Urupá, o principal afluente do Rio Ji-Paraná, possui aproximadamente 5,8 km situados nas proximidades da zona urbana (Figura 3). Neste rio identificou-se cerca de 500 metros de extensão está antropizado, incluindo uma zona de balneário público.

As demais drenagens apresentam alto grau de comprometimento, destacando o Igarapé 2 de Abril (maior igarapé em extensão da cidade). Cerca de 2,9 km deste rio está canalizado, o que alterou seu percurso natural, sendo 40% da extensão zona urbana extremamente impermeabilizada.

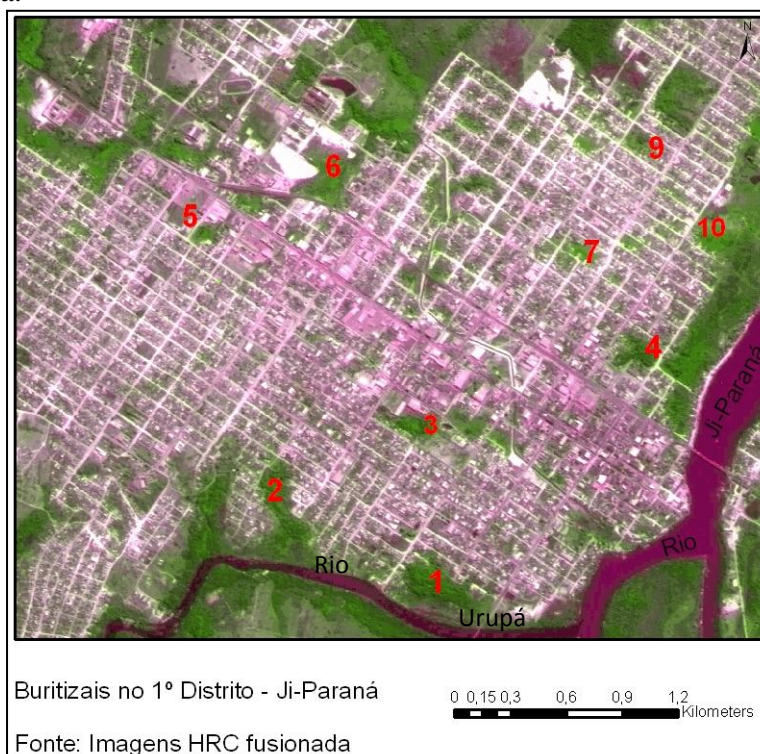


Figura 3. Buritizais identificados no 1º Distrito.

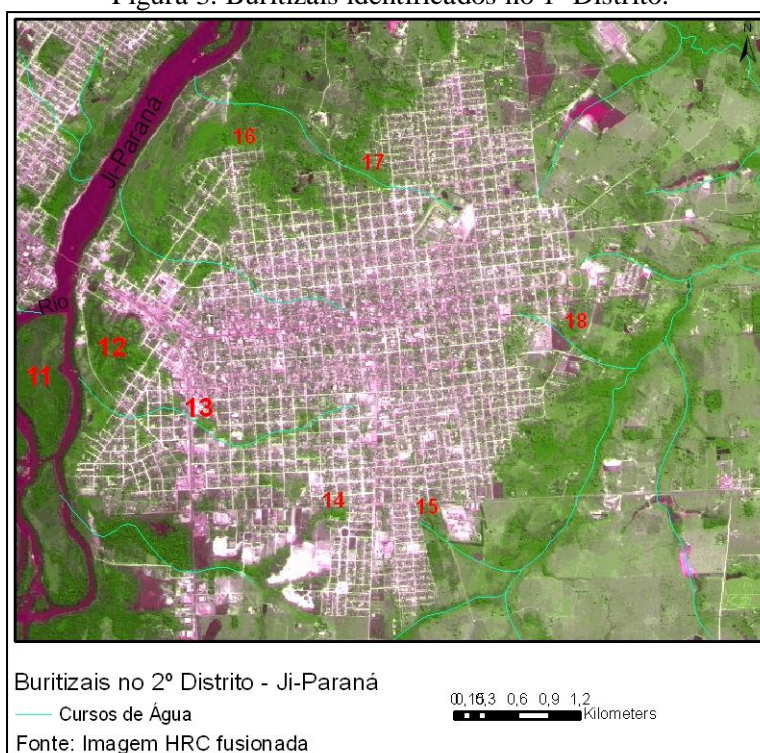


Figura 4. Buritizais identificados no 2º Distrito.

No 2º Distrito identificaram-se quatro igarapés (Figura 4) afluentes do Rio Ji-Paraná. Suas nascentes estão inseridas na zona urbana consolidada. Os demais igarapés fluem no sentido oposto da cidade, mas apresentam nascentes próximas aos bairros.

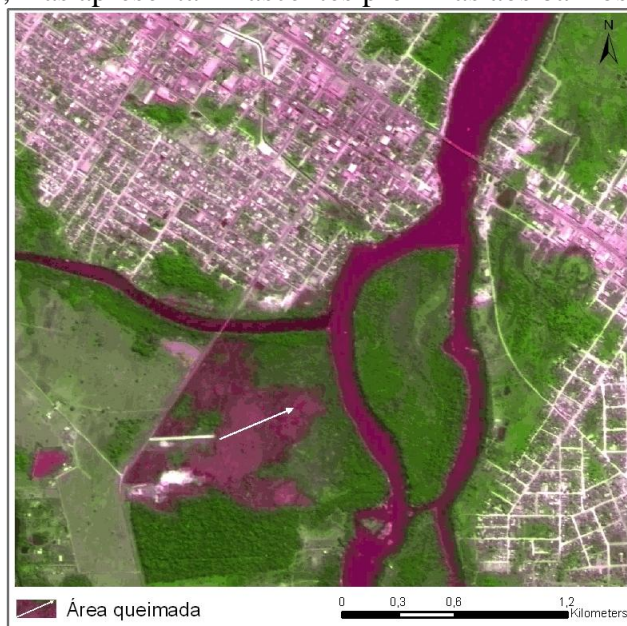


Figura 5. Área queimada em APP.

Conforme observa-se na Figura 5, existe uma extensa área queimada na porção sul da cidade, localizada próxima à confluência do Rio Ji-Paraná e Rio Urupá, em área de APP. Atualmente esta região configura-se área de conflito, já que se intensiona a construção de um condomínio fechado com aterramento e drenagem da planície de inundação. Entretanto, segundo Convenção de Ramsar 1972, as zonas de planícies inundáveis, devem estar livres de qualquer tipo de uso.

Vale destacar que a impermeabilização causada por um condomínio fechado numa planície de inundação pode comprometer não apenas a fauna e flora, que se manifesta ricamente nestas áreas, mas a própria população que irá residir nesta área, que pode sofrer com alagamentos.

O importante também é lembrar que o município possui extensas áreas que podem ser melhor aproveitadas para empreendimentos do tipo planejado.

#### 4. Considerações finais

Diante do exposto, esta reflexão fica colocada para que os responsáveis pela política do ordenamento do território desta cidade compreendam que é muito mais viável trabalhar com políticas preventivas do que tentar mais tarde recuperar uma área degradada.

A partir desta análise foi possível identificar as alterações na paisagem devido às ações antrópicas, e, em uma análise mais detalhada, identificar as APP's e ZPP's, a saber, respectivamente, margens de rios/igarapés e Buritizais, ocupadas de modo irregular, considerando a legislação Municipal vigente (Código Municipal de Meio Ambiente).

É sabido que as APP's analisadas no presente trabalho são áreas sujeitas a enchentes, e estão suscetíveis a problemas ambientais como os descritos por (Helbel *et al*, 2009) referente ao Igarapé Pintado (localizado no 2º Distrito), que apresenta em toda a sua extensão deslizamento de margens e aporte de material particulado devido à perda de solo em sua bacia, que são levados pelas águas das chuvas. O assoreamento do referido igarapé é causado principalmente pela remoção da mata ciliar de suas margens, interferindo na regulação do fluxo da água e sedimentos.

Deste modo, informações sobre a ocorrência de ocupações em áreas irregulares servem como instrumento para nortear ações no que diz respeito a política de ordenamento e ocupação territorial do município. Neste sentido, ações de revitalização das áreas já alteradas, em conjunto com um trabalho de Educação Ambiental para conscientização das populações residentes próximas a estas áreas, no sentido de que se tornem parceiros para o não agravamento da situação de degradação apresentada (por ex., não lançamento de resíduos sólidos e líquidos, não remoção da mata ciliar remanescente, reflorestamento das áreas, etc...), e, em casos extremos, até mesmo ações de remoção da população que ocupe zonas de risco.

O resultado aqui apresentado foi organizado em forma de carta imagem, impressa em formato compatível para manuseio em sala de aula e disponibilizado para 11 escolas públicas do ensino médio da cidade de Ji-Paraná. Esta carta imagem subsidiará a análise do uso e ocupação do solo e da discussão sobre a qualidade ambiental na sede do município e a difusão da tecnologia de sensoriamento remoto e dos produtos do Satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestres.

## 5. Citações e Referências

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, Juan. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**. Computers & Graphics, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Crosta, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, São Paulo, 1992.

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 2000.

Helbel, A. F.; Eleutério, J.G.; Nuñez, M. L. A.; Chagas, V. J. Análise ambiental das áreas propensas à inundação do Igarapé Pintado com base em estudos de morfometria e geoprocessamento. (No prelo).

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens CBERS-2B**. Disponível em: Espacial <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 13 Outubro de 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 11 de Setembro de 2010.

Lillesand, T. M. & Kiefer, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons Inc (eds.), United States of America, 1994.

Santos, A.M; Monteiro, J.P., Hugman, R. Fusion of High Spatial and Spectral Resolution CBERS-2B data for a Better Knowledge of Urban Area in South Portugal. In: II ECCOMAS Thematic Conference on Computational Vision and Medical Image Processing, Porto. **Anais ...** Portugal, 2009. Artigos, p. 265-363. Impresso. Realizado 14-16 Outubro de 2009.