

## Uso de sensoriamento remoto na identificação de áreas com potencial para corredores ecológicos

Camila Yuri Lira Umeda<sup>1</sup>  
Tiago Henrique Lima dos Santos<sup>1</sup>  
Giancarlo Lastoria<sup>1</sup>  
Ana Paula Garcia Oliveira<sup>1</sup>  
Heitor Luiz da Costa Coutinho<sup>2</sup>  
Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Campus Universitário, S/Nº - Caixa Postal 549  
79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil  
{camilayu, tiagohls.eng, apg.bio}@gmail.com  
lastoria@ufms.br  
antonio.paranhos@pq.cnpq.br

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos  
Rua Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico  
22460-000 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
heitor@cnpq.embrapa.br

**Resumo:** Os corredores ecológicos são importantes estruturas ambientais com a finalidade de conservação e recuperação da biodiversidade em áreas degradadas, decorrentes do desenvolvimento humano desordenado, que favorece na fragmentação florestal e perda da conectividade entre os diversos habitats naturais. Com a utilização do sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas, buscou-se nessa pesquisa a identificação de áreas com potencial para corredores ecológicos, conforme definição dada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que possibilitem o fluxo gênico entre unidades de conservação e a manutenção da biodiversidade em equilíbrio com as atividades humanas. Sendo assim, realizou-se uma análise da conexão entre as unidades de conservação presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul, através da identificação das unidades de conservação, das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais remanescentes e ainda foi realizada uma análise da cobertura do solo. Foram identificadas as áreas potenciais para os corredores a partir da fotointerpretação de imagem de satélite Landsat e foram relacionadas com a carta de cobertura do solo, gerada a partir da classificação supervisionada automática de imagem Landsat. Com isso, foi constatado que a maior parte da área ocupada pelos corredores identificados é coberta por vegetação e essa interligação se deu principalmente através das áreas de preservação permanentes. Dessa forma, verificou-se com essa pesquisa que as geotecnologias são eficientes ferramentas no auxílio da determinação de áreas propícias para a implantação de corredores ecológicos.

**Palavras-chaves:** geotecnologia, processamento de imagens, área de preservação permanente, unidades de conservação.

**Abstract:** The ecological corridors are important structures for the purpose of environmental conservation and restoration of biodiversity in degraded areas, these are due to uncontrolled human development, which favors the vegetal cover fragmentation and the loss of connectivity between different habitats. Using remote sensing and geographic information systems, this research sought to identify areas with potential for the establishment of ecological corridors, as defined by the System of National Nature Conservation Units (SNUC), which allows gene flow between protected areas and the maintenance of biodiversity in balance with human activities. Therefore, a connectivity analysis was carried out between the conservation units present in the Formoso River Basin, Mato Grosso do Sul, through identification of conservation units, legally protected areas, and remaining forest fragments. In addition, a land cover analysis was carried out. As a result, potential corridors areas were identified by photointerpretation of Landsat satellite imagery and related to the land cover map, generated from supervised classification of image Landsat. Therefore, it was noticed that most of the area occupied by identified corridors is actually covered by vegetation and this interconnection was mainly through legally protected areas. In conclusion, the geotechnologies were effective in supporting the identification of areas suitable for the establishment of ecological corridors.

**Key Words:** geotechnologies, image processing, area of permanent preservation, conservation areas.

## 1. Introdução

Com o passar do tempo, a vegetação natural vem sendo descaracterizada devido às ações antrópicas, cedendo lugar às atividades agropecuárias e ampliando fortemente o domínio da agricultura e pastagens. Essas atividades mal manejadas desencadeiam um aumento das áreas degradadas, além de provocar o isolamento das Unidades de Conservação (UCs) dentro das bacias hidrográficas. O planejamento ambiental dessas áreas pode ser realizado com uso de sensoriamento remoto, efetivando a coleta de dados de forma que seja aplicada uma gestão ambiental adequada.

De acordo Muchailh et al. (2010), o planejamento do uso do solo, considerando a distribuição espacial dos remanescentes florestais, trata-se de uma ferramenta para propostas que visam à minimização dos impactos causados pela fragmentação de habitats. Costa et al. (2004) afirmam que o uso e ocupação do solo é de fundamental importância em qualquer tipo de análise ambiental, principalmente onde haja atividades econômicas com algum potencial de risco ambiental. Através das imagens de satélites obtêm-se informações sobre a superfície, ecossistemas e paisagens, onde o sistema orbital Landsat pode ser utilizado no mapeamento da dinâmica espaço-temporal do uso das terras em todas as aplicações decorrentes.

Os corredores ecológicos são definidos pelo SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Brasil, 2000), e são importantes estruturas ambientais interligando unidades de conservação com a finalidade de preservação e recuperação da biodiversidade em áreas degradadas, decorrentes do desenvolvimento humano desordenado, que favorece na fragmentação florestal e perda da conectividade entre os diversos habitats naturais.

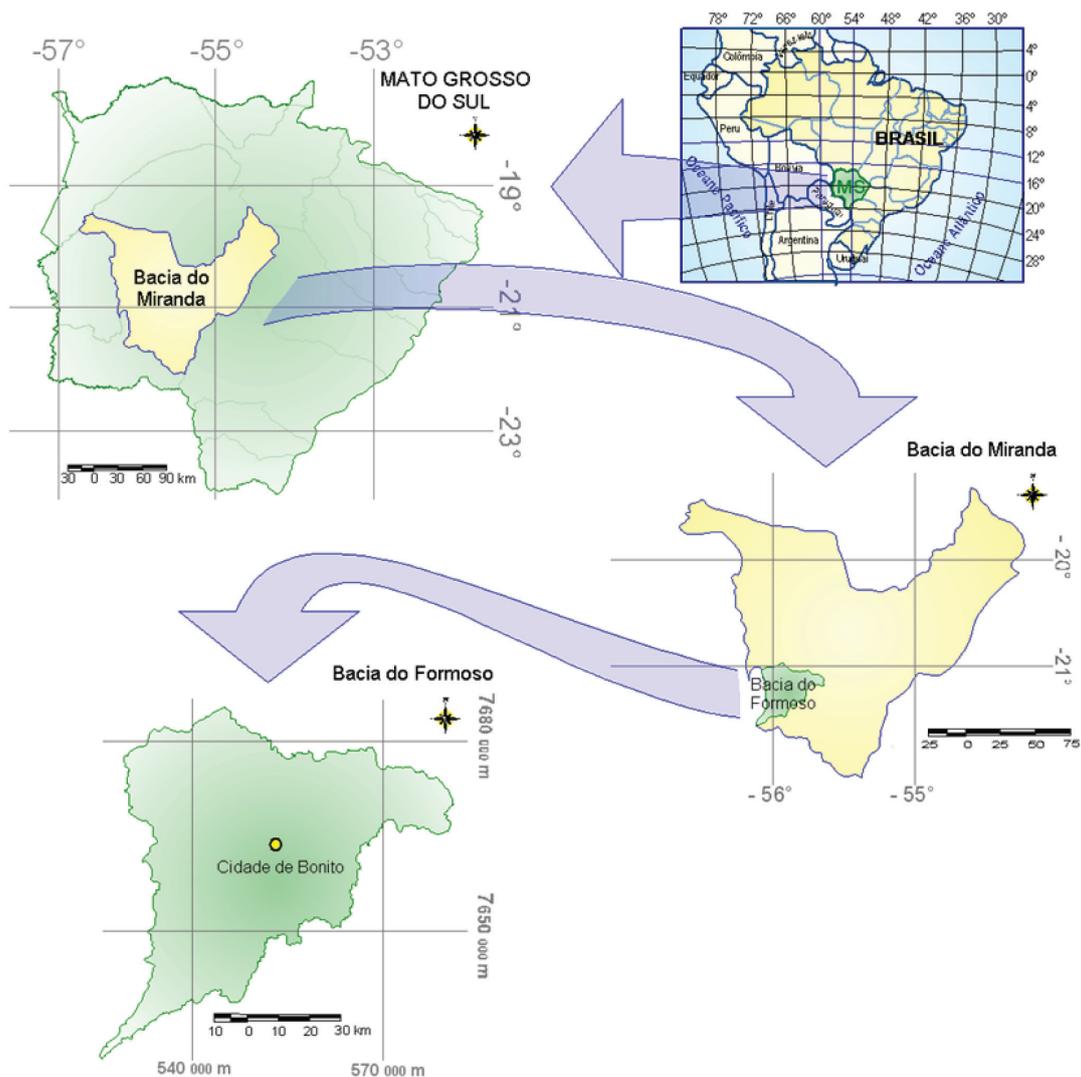
Nesse estudo, utilizou-se da fotointerpretação e da classificação automática supervisionada de uma imagem Landsat 5 para identificar áreas com potencial de conectividade entre as UCs para a formação de corredores biodiversidade. Realizado dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, inserida no Município de Bonito, Mato Grosso do Sul. Este possui reconhecido potencial turístico, o qual depende de um balanço harmônico entre a conservação da biodiversidade e proteção dos recursos ambientais, aliados à sustentabilidade das atividades econômicas, promovendo a manutenção das belezas naturais da região.

## 2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi a identificação de áreas com maior potencial de conectividade entre as UCs para a formação de corredores de biodiversidade, através da localização das UCs e APPs presentes na bacia, utilizando da fotointerpretação e da classificação automática supervisionada de imagem de satélite.

## 3. Materiais e Métodos

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (BHRF) (**Figura 1**), que faz parte da Bacia do Rio Miranda, componente da Bacia do Rio Paraguai, por sua vez contida na grande Bacia do Rio da Prata. Está localizada no oeste do Estado de Mato Grosso do Sul (MS), no Município de Bonito, MS, onde o turismo é sua principal atividade econômica, por conta de suas belezas naturais que são grandes potencializadores da economia local. Bonito compreende também unidades de paisagem de alta fragilidade ambiental, onde estão presentes as nascentes de vários afluentes do Pantanal, destacando-se o rio da Prata, o Formoso, o Peixe, o Betione, o Salobra e o Perdido (Michels et al., 2007).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Teruya Junior et al. (2009).

Foi utilizado o limite da BHRF obtido por Torres et al. (2006), gerado a partir de dados altimétricos do modelo digital de elevação (MDE) da missão SRTM. Os vetores que representam as UCs presentes no Estado de Mato Grosso do Sul estão disponíveis no site do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL, 2010), de onde foram considerados apenas aqueles situados dentro do limite da BHRF.

Foram utilizados também os vetores que identificam as APPs de hidrografia na BHRF, obtidos por Paranhos Filho et al. (2008), gerados através de buffers de 50m da malha hidrográfica da bacia, que foi traçada a partir da fotointerpretação de uma banda pancromática Landsat 7 de 18 de abril de 2001. Para a geração dos buffers, foi considerada a legislação vigente para as APPs, sendo ela o Código Florestal (Brasil, 1965) e a Lei Orgânica do Município de Bonito/MS, artigo 179º (Município de Bonito, 2000).

Para a fotointerpretação e classificação supervisionada automática utilizou-se uma imagem Landsat 5 TM, órbita/ponto 226/075, do dia 18 de agosto de 2008 (INPE, 2008), georreferenciada em UTM, fuso 21, hemisfério sul e *datum* WGS 84.

Os vetores das UCs, APPs e do limite da BHRF foram abertos em SIG sobre a imagem de satélite na composição falsa cor RGB 453 e então, os corredores ecológicos foram identificados por meio da fotointerpretação da imagem e assim vetorizados, priorizando os fragmentos de vegetação mais próximos e contínuos, que permitissem uma melhor conexão entre as UCs.

A classificação supervisionada automática foi realizada de acordo com as 16 classes de cobertura do solo propostas por Paranhos Filho (2000), obtendo as áreas de treinamento na imagem em composição falsa cor RGB 453. Foi realizado também um teste de acurácia da interpretação na identificação das categorias de cobertura dos dados de sensoriamento remoto, utilizando o índice de concordância Kappa, através da matriz de erros.

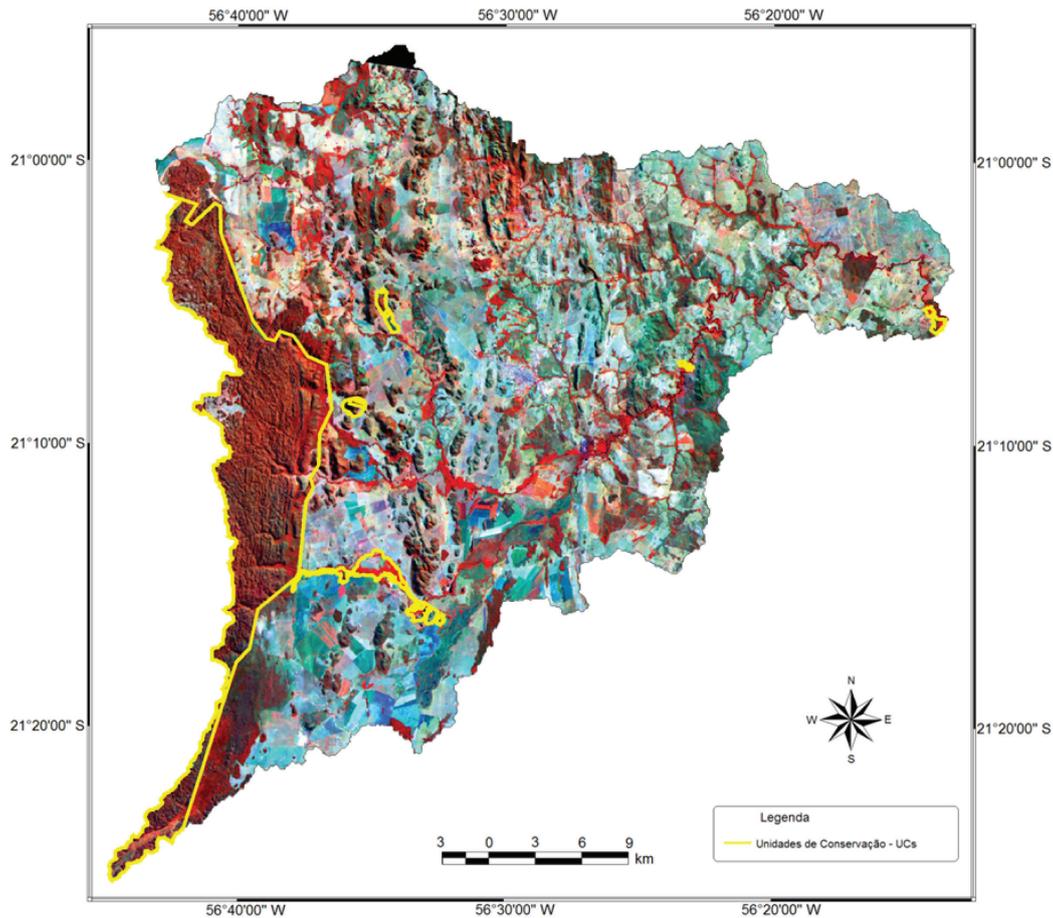
Os vetores dos corredores ecológicos obtidos pela fotointerpretação da imagem foram abertos sobre a carta de cobertura do solo, resultante da classificação supervisionada automática e foi feita uma análise da composição da área escolhida para os corredores.

#### 4. Resultados e Discussão

Com base em informações fornecidas pelo IMASUL (2010), foram encontrados na BHRF o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, o Monumento Natural do Rio Formoso, o Monumento Natural da Gruta do Lago Azul, a Reserva Particular do Patrimônio Natural São Geraldo e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual São Pedro da Barra, totalizando uma área de 16.361,97 ha na bacia, sendo áreas protegidas e que merecem especial atenção para a conservação da biodiversidade, podendo ser visualizadas na **Figura 2**.

A área ocupada pelas APPs de hidrografia na BHRF encontrada foi de 6.716,7 ha, o que corresponde a 5% da área total da bacia (Paranhos Filho et al., 2008). Porém, verifica-se que há trechos em que essa APP encontra-se degradada, sendo necessária sua recuperação.

De acordo com Brancalion et al. (2010), particularmente no caso da restauração de APPs localizadas na condição ribeirinha, há a reconstrução de excelentes corredores ecológicos, interligando remanescentes florestais antes isolados na paisagem regional. Porém os autores ressaltam que, dependendo da metodologia usada para a restauração dessas áreas, elas poderão aumentar apenas a conectividade estrutural, mas não a funcional.

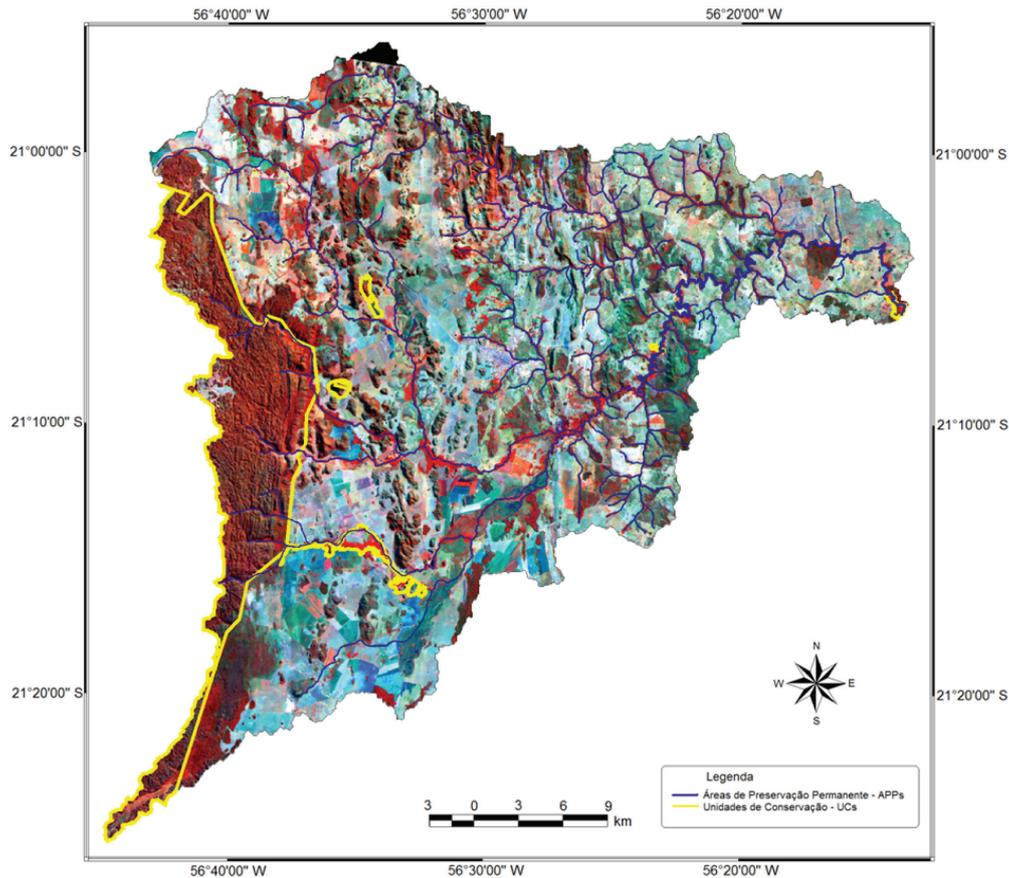


**Figura 2.** Localização das Unidades de Conservação presentes na BHRF sobre imagem Landsat 5 em composição RGB 453.

Com a fotointerpretação da imagem Landsat 5 de 2008 (INPE, 2008) na composição RGB 453, verificou-se que os fragmentos de vegetação remanescente que possibilitam a conexão entre as UCs na bacia são compostos basicamente pelas APPs de hidrografia, sendo estas áreas as mais indicadas para os corredores ecológicos. Na **Figura 3** é representado um mapa das APPs de hidrografia juntamente com as UCs na BHRF.

A área total encontrada para os corredores ecológicos na BHRF, considerando as UCs como parte integrante dos corredores, foi de 26.486,64 ha, o que corresponde a 19,55% da área total da bacia.

Com a classificação da imagem de satélite foi possível analisar a cobertura do solo, diferenciando as áreas antrópicas das naturais, verificando as áreas escolhidas para os corredores. A legenda de cobertura do solo foi elaborada de acordo com a apresentada pelo programa de Mapeamento Sistemático do Uso da Terra (IBGE, 2006), onde foram adaptadas as classes do Nível 1 da legenda, que representa a Cobertura da Terra, sendo como Áreas Antrópicas, Áreas de Vegetação Natural e Água. O teste de acurácia realizado encontrou um valor de 0,89 para o índice de concordância Kappa, sendo considerado um valor satisfatório, indicando que a classificação alcançou um resultado adequado.

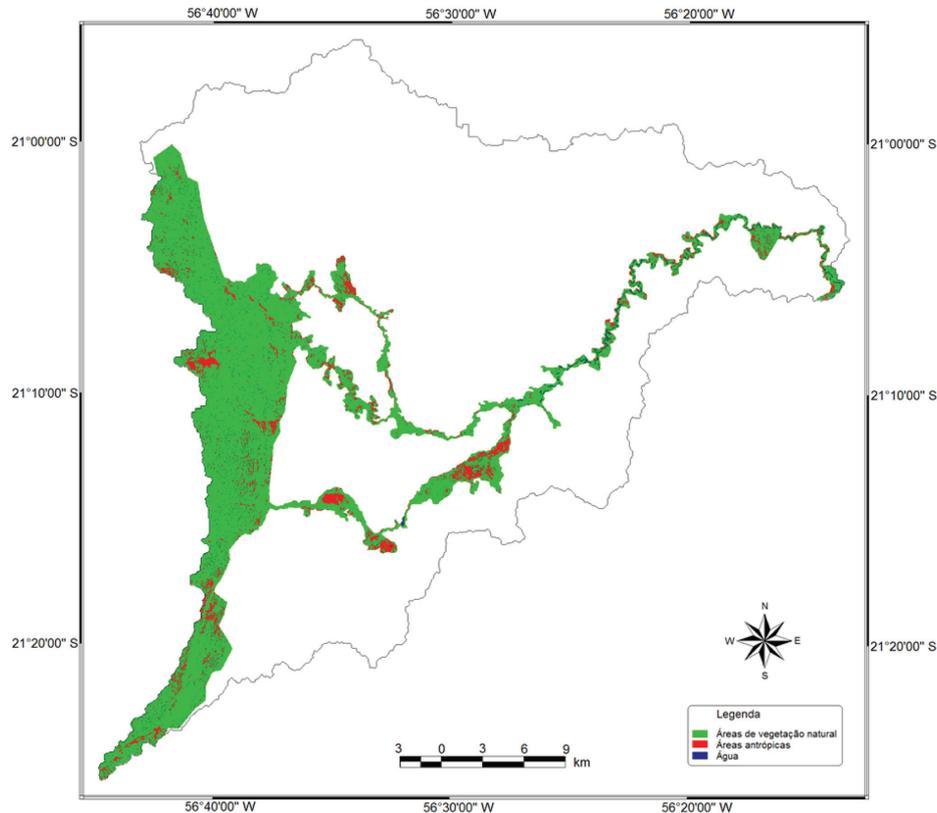


**Figura 3.** Mapa das APPs de hidrografia e UCs na BHRF sobre imagem Landsat 5 em composição RGB 453.

O mapa com os corredores ecológicos sobre a carta de cobertura do solo pode ser visto na **Figura 4**. Com a comparação dos vetores dos corredores ecológicos, obtidos pela fotointerpretação, sobre a carta de cobertura do solo, verifica-se que as áreas escolhidas para os corredores correspondem, em grande parte, por áreas de vegetação natural, sendo que estas são formadas basicamente pelas APPs e UCs. Sendo assim, os corredores ecológicos, ligando as unidades de conservação, foram estabelecidos principalmente ao longo dos rios, através das matas ciliares e fragmentos de vegetação remanescentes próximos.

Estudo elaborado por Teruya Junior et al. (2009), onde foi realizada a análise multitemporal na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (BHRF), Mato Grosso do Sul (MS), entre os anos de 1989 à 2005, demonstra que houve uma redução na área de matas e cerrado na BHRF de 62% em 1989 para 40% em 2005, com o aumento na área destinada à agropecuária de 34% para aproximadamente 57% nesse mesmo período.

Considerando que a biodiversidade e a manutenção da qualidade ambiental desempenham um papel fundamental na sustentação da atividade econômica relacionada ao ecoturismo e pretendendo garantir a exploração dos recursos a longo prazo, torna-se necessário adotar medidas que visem a conservação da biodiversidade e proteção dos recursos ambientais. Para isso, Pereira et al. (2007) dizem ser fundamental incorporar as implicações econômicas da fragmentação territorial para uma efetiva conservação e manutenção da biodiversidade, garantindo a sustentabilidade e a manutenção das belezas naturais e das atividades econômicas da região.



**Figura 4.** Recorte dos corredores ecológicos sobre a carta de cobertura do solo.

## 5. Conclusões

A fotointerpretação da imagem Landsat 5 TM na composição falsa cor RGB 453 permitiu identificar os remanescentes de vegetação presentes na BHRF que possibilitassem a conexão entre as UCs na bacia, constatando que estes fragmentos são compostos em sua maioria pelas APPs de hidrografia.

A implantação dos corredores ecológicos é uma medida que pode ser adotada na bacia para recuperar suas áreas degradadas, garantir a qualidade de seus recursos naturais e a manutenção e melhoria da biodiversidade local. Porém, para sua implantação devem ser realizados estudos mais aprofundados sobre o comportamento da fauna e flora local e de suas inter-relações dentro da BHRF, uma vez que apenas a presença de vegetação e conectividade entre as UCs não garante a funcionalidade de corredor de biodiversidade.

Pode-se ainda buscar planos de ações integradas que incluam gestores públicos e comunidade para que se promovam medidas de adequação ambiental, que incluem restauração de APP onde necessário, de forma a garantir a permanência de blocos maiores de vegetação nativa dentro dos limites dos corredores.

## 6. Agradecimentos

Ao Projeto GEF Rio Formoso e a Fundação Cândido Rondon pelo apoio durante a obtenção dos dados.

## 7. Referências

- Brancalion, P. H. S.; Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S.; Kageyama, P. Y.; Nave, A. G.; Gandara, F. B.; Barbosa, L. M.; Tabarelli, M. **Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de Florestas tropicais biodiversas**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.455-470. 2010.
- Brasil. **Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal. 1965.
- Brasil. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e da outras providências. 2000.
- Costa, S. M. F. da; Freitas, R. N. & Di Maio, A. C. **O Estudo de Aspectos do Espaço Intra-Urbano Utilizando Imagens CBERS**. X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. 2004.
- Manual Técnico de Uso da Terra**. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 58 p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598). 2006.
- Unidades de Conservação em MS**. 2010. IMASUL - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://www.imasul.ms.gov.br/Geo/downloads.php>. Acesso em: 20 abr. 2011.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem Landsat 5. Sensor TM. **Imagem de satélite. Canais 1,2,3,4,5 e 7**. Órbita/Ponto: 226/075. De 18 de agosto de 2008.
- Michels, I. L.; Rodrigues, J. D.; Dambrós, S.; Torrecilha, S.; Pereira, M. C. B. **Diagnóstico Ecosocioambiental de Bonito, Mato Grosso Do Sul**. Relatório Final. 2007.
- Muchailh, M. C.; Roderjan, C. V.; Campos, J. B.; Machado, A. L. T. & Curcio, G. R. **Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 40, n. 1, p. 147-162. 2010.
- Município de Bonito. **Lei Orgânica do Município de Bonito**, Mato Grosso do Sul. 15 de setembro de 2000.
- Paranhos Filho, A.C. **Análise Geo-Ambiental Multitemporal: O estudo de Caso da Região de Coxim e Bacia do Taquarizinho**. 2000. 213p. Tese de doutoramento. Curso de Pós-Graduação em Geologia - UFPR. 2000.
- Paranhos Filho, A. C.; Corrêa, L. C.; Teruya Junior, H. & Cabrera, F. **Vulnerabilidade Ambiental - Bacia do Rio Formoso, Anhumas e Mimoso. Bonito, MS**. GEF Rio Formoso, 76p. (Relatório Final). 2008.
- Pereira, M. A. S.; Neves, N. A. G. S.; Figueiredo, D. F. C. **Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos**. Geografia - Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. v. 16, n. 2. 2007.
- Teruya Junior, H.; Lastoria, G.; Corrêa, L. C.; Moreira, E. S.; Torres, T. G. & Paranhos Filho, A. C. **Análise multitemporal da Bacia do Rio Formoso 1989-2005**. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6329-6336.
- Torres, T. G.; Paranhos Filho, A. C.; Teruya Junior, H.; Corrêa, L. C.; Garcez, A. J. S. & Copatti, A. **Utilização dos dados SRTM na geração dos limites da bacia hidrográfica do rio Formoso (Bonito, MS)**. **Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.145-154.