

Análise de Fatores Ecológicos de Nichos em aplicações geográficas: Simulação preditiva da distribuição potencial de pivôs de irrigação central

Suzy Mara Klemp¹
Peter Zeilhofer¹
Emerson Soares dos Santos¹
Ivani Matos de Oliveira²
Marcelo Carlos Moreira¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Geografia
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
suzy_klemp@yahoo.com.br / pitalike@terra.com.br / emer.santos@uol.com.br/
geo_marcelo@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Mestranda em Física e Meio Ambiente
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
ivanigeo@ufmt.br

Abstract. Sprinkler irrigation, an agricultural production system that is causing increasingly conflicts between water resource users, is expanding quickly in the Central Western Cerrado regions of Brazil. To subsidy watershed management and concession of water rights, GIS-based spatial modeling was applied to predict probability of future expansion of irrigated cultures. Interpretation of multitemporal CBERS/CCD imagery was conducted to elaborate layers of irrigation distribution used for model building and validation. Ecological niche factor analysis (ENFA), a spatial modeling technique for presence data was found to predict accurately the potential of land units to receive new sprinkler irrigations. The layers of farming suitability, soil units and declivity were found to be the most important inputs for the ENFA model.

Palavras-chave: GIS, Ecological niche factor analysis, irrigation

1. Introdução

O Sistema Estadual de Recursos Hídricos prevê a criação de um Sistema de Informações como instrumento para o monitoramento e controle dos mananciais do estado de Mato Grosso. Hora (2001); Libos et. al. (2003); Klemp e Zeilhofer, (2005), dão exemplos de aplicabilidade de ferramentas técnicas, como Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e análise espacial, que possuem potencial comprovado na elaboração de Planos de Informação (PIs) do meio físico subsidiando a simulação de disponibilidade hídrica, vazão e qualidade da água. A gestão de bacias, entretanto, depende também de um monitoramento dos principais usuários, cujas informações devem ser constantemente atualizadas, o que é bastante complexo. Sendo importante, neste sentido, identificar as áreas com potencial para a instalação de novas irrigações, para o fornecimento de subsídios aos processos de tomada de decisão na gestão de bacias hidrográficas. Como Mato Grosso é um estado eminentemente agrícola, Shiklomanov (1997), Rebouças et al. (1999) e Beekman (1999) indicam a possibilidade de futura ocorrência de conflitos pelo uso da água e a necessidade de gestão dos recursos hídricos existentes.

Perante a legislação brasileira todos os cidadãos têm os mesmos direitos, no entanto, o diagnóstico atual, que diz respeito à outorga de recursos hídricos para a irrigação, indica o não cumprimento desses pela carência de informações preditivas acerca das demandas espaciais da irrigação, que levam a um quadro de indisponibilidade hídrica para novos usuários, já que os mananciais possuem limites para captação do recurso (vazão ecológica). Com a finalidade

de colaborar para com a resolução desse entrave, o presente estudo se propõe a desenvolver um mapeamento preditivo do potencial para a irrigação por pivôs centrais na bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes, através da utilização da técnica de “Análise de Fatores Ecológicos de Nichos” (ENFA), implementado no software BioMapper. A evolução na construção do software BioMapper é evidenciada em Hirzel et. al. (2001), Hirzel et. al (2002), Hirzel & Arlettaz (2003); Hirzel et. al. (2004). Gallego et al. (2004); Chefaoui et al. (2005) obtiveram sucesso na utilização da ENFA para cartografar e caracterizar a adequação de habitat de diversas espécies, como por exemplo, artrópodes. Entendemos que a ENFA é, no princípio, apta para simulação espacial de fenômenos geoambientais representáveis por dados de presença simples. O aplicativo BioMapper é um software livre, disponível em <http://www.unil.ch/biomapper>, com funcionalidade de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Devido à sua simplicidade e resultados gráficos, dispõe de grande potencial para o uso na Geografia. No presente estudo, avaliamos a sua aplicabilidade para a espacialização preditiva da distribuição potencial dos pivôs de irrigação central na Bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes - MT.

2. Área em Estudo

A bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes localizada na região Sudeste Mato-grossense tem características eminentemente agrícolas e faz parte da bacia do Alto Araguaia, que por sua vez é englobada pela bacia hidrográfica do Tocantins. Seus principais contribuintes são o rio Cumbuco e o rio Suspiro, que nascem no município de Primavera do Leste. Além de Primavera sobrepõem à bacia os municípios de Campo Verde, Dom Aquino, Jaciara, Novo São Joaquim, Poxoréo, Santo Antônio do Leste e Santo Antônio do Leverger. Esta bacia foi escolhida para o estudo por se tratar da área mais densamente ocupada por sistemas de pivôs de irrigação central no estado de Mato Grosso. A **figura 01** mostra a área em estudo.

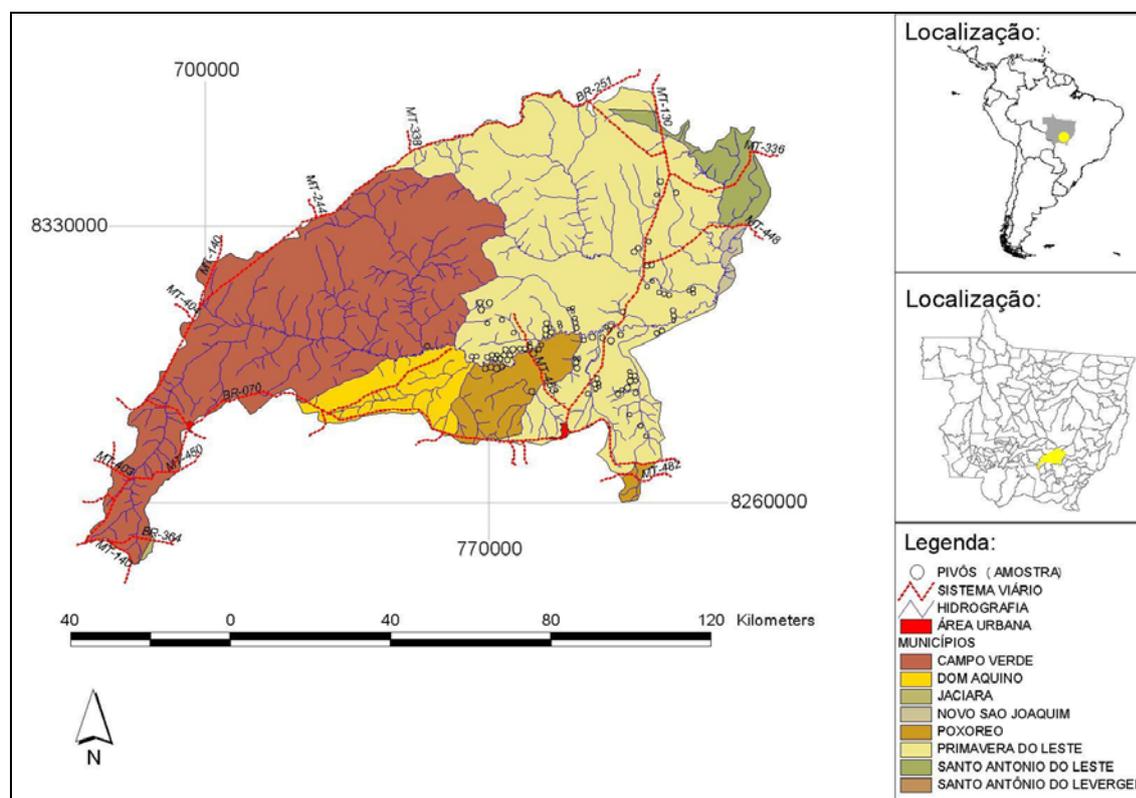


Figura 01: Bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes – MT, sobreposta pelas áreas

irrigáveis por pivôs de irrigação central (amostra, 2005), municípios, hidrografia, sistema viário e áreas urbanas.

3. Metodologia

Para reconhecimento visual da distribuição espacial das áreas com pivôs de irrigação central, utilizou-se uma imagem multi-espectral do sistema CBERS (INPE), sensor CCD, do dia 26 de Junho de 2005 (cena 164/117). Para posterior validação, foram utilizadas as cenas (165/117) e (164/117) do sensor CCD do CBERS, dos dias 18 e 21 de Junho de 2006 respectivamente, para o mapeamento de novas irrigações e validação do modelo.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizado o software ArcView 3.2 (ESRI), no qual foram classificados e recortados os Planos de Informação (PIs) da Hidrografia, Pedologia, Geomorfologia, Aptidão Agrícola e Malha Viária, obtidos junto à SEPLAN-MT (2002), um Modelo Numérico de Terreno proveniente da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), utilizado para a delimitação da bacia e para o cálculo de declividade do terreno. Foram criados mapas de distância, com 100 anéis de 100 metros, dos PIs Hidrografia e Sistema Viário. Os pontos centrais dos pivôs (centróides) foram associados, por buscas espaciais, aos atributos referentes a cada PI. A tabela resultante foi submetida a uma Análise Fatorial para ordenação das variáveis supostamente determinantes (atributos extraídos dos PIs). Para o desenvolvimento de um modelo preditivo representando a probabilidade da instalação de novas irrigações, foi realizada uma ENFA, utilizando o aplicativo Biomapper.

4. Análise de Fatores Ecológicos de Nichos

O BioMapper usa uma metodologia desenvolvida para descrever o nicho de espécies (recorrendo à Análise Fatorial do Nicho Ecológico) inferindo a adequação do habitat para cada ponto de território, fornecendo estimativas da distribuição potencial da espécie. O método descreve as características do habitat que são adequadas para estas espécies de acordo com as condições físicas dos locais onde elas são encontradas. No presente estudo, o aplicativo BioMapper, implementa uma metodologia baseada na descrição do nicho dos pivôs de irrigação existentes, juntamente com informação SIG, para produzir mapas preditivos de adequação de habitat.

Para a Análise Ecológica de Nichos utilizou-se os PIs (**Figura 2**) que obtiveram maior correlação com a localização dos pivôs de irrigação central, prescritas pela análise, sendo eles: aptidão agrícola, declividade, pedologia e distâncias, do sistema viário e dos mananciais.

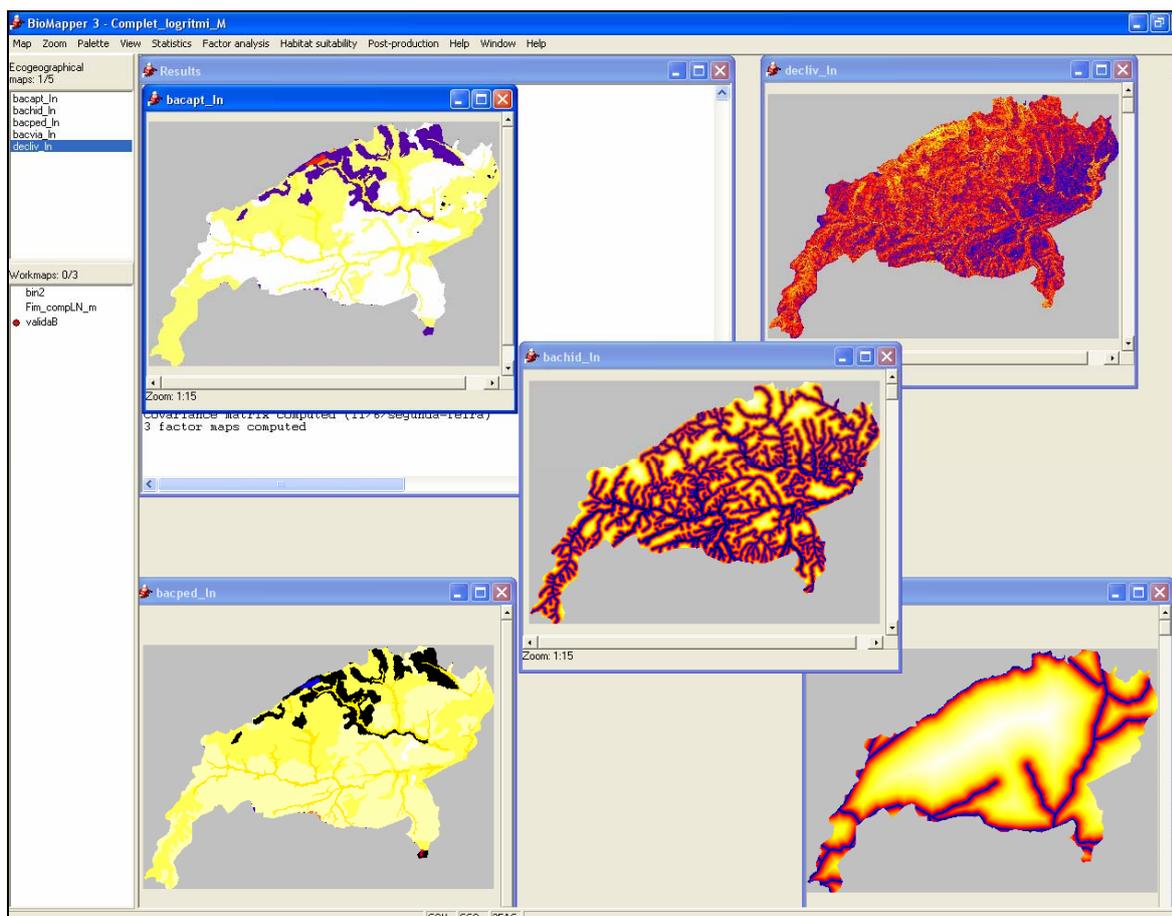


Figura 02: Entradas do modelo: aptidão agrícola, declividade, pedologia e distâncias, do sistema viário e dos mananciais, dispostos na interface do software BioMapper.

5. Resultados e Discussão

De acordo com a Análise de Fatores Ecológicos de Nichos, as duas primeiras componentes fatoriais (*eigenvalue*) explicam cerca de 95 % da variância. A matriz dos escores (*eigenfactors*) da ENFA exposta na **Tabela 1** e visualizado no *biplot* da **figura 3** mostra que a primeira componente fatorial é positivamente correlacionada com a “Aptidão agrícola” (0,694), a Pedologia (0,577) e negativamente relacionada com a declividade (-0,373). O segundo componente também é principalmente formado pelos *layers* das “Unidades de pedológicas” (-0,781) e a “Aptidão agrícola” (0,694).

Tabela 1: Matriz dos escores do modelo da Análise Ecológica de Nichos (ENFA)

	1	2	3	4	5
Aptidão agrícola	0,694	0,620	-0,175	0,627	-0,669
bachid_In	-0,039	-0,056	-0,829	0,248	-0,022
Unidades pedológicas	0,577	-0,781	0,252	-0,571	0,423
bacvia_In	-0,209	-0,028	0,455	0,469	0,038
decliv_In	-0,373	-0,033	-0,104	-0,005	-0,609

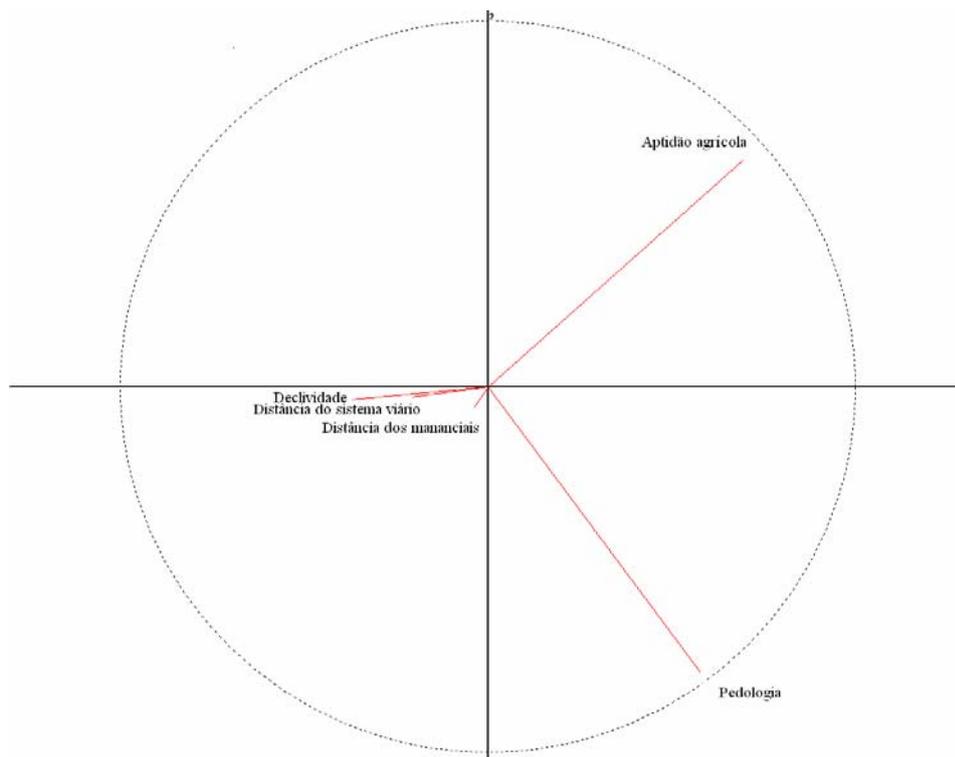


Figura 03: *Biplot dos escores (eigenfactors) da ENFA.* O comprimento das linhas indica a importância relativa de cada PI espacial para explicação da presença de pivôs de irrigação central.

A modelagem indica distribuição potencial (boa a ideal) para a irrigação, por meio de pivôs-centrais em áreas com as seguintes características: Latossolos Vermelho-Escuro, em áreas com boa aptidão para o “nível C (SEPLAN, 2002), com declividade entre 1 e 3 graus com distâncias que variam de 100 a 23900 metros do sistema viário, de 800 – 2000 metros dos mananciais, como pode-se analisar na **figura 4**.

As áreas com baixa a média aptidão expostas na **figura 4** apresentam-se com predominância de: Latossolos Vermelho-Amarelo-Podzólico, Areias Quartzosas, Cambissolos e Plintossolos, solos Litólicos e orgânicos, em áreas com aptidão regular a inapta para o “nível C” (SEPLAN, 2002), com distâncias que variam de 400 a 25000 metros do sistema viário, e em intervalos de 100 – 700 e 2100 – 7000 da hidrografia.

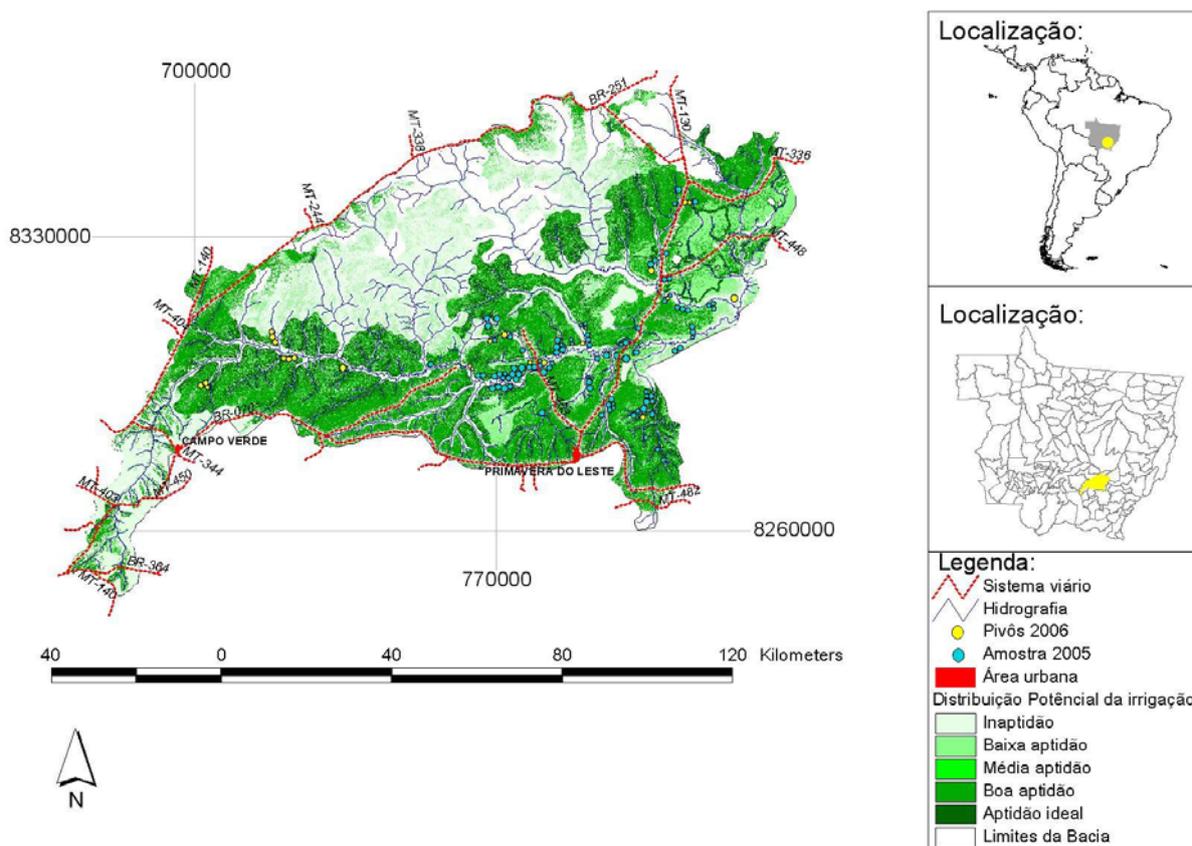


Figura 04: Distribuição potencial da irrigação por pivôs centrais, na bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes, gerada pelo aplicativo BioMapper.

Os resultados da pesquisa indicam afinidades entre áreas com boa aptidão para o “nível C” (classificadas pela SEPLAN – MT em 2002 como áreas que baseiam suas práticas agrícolas em altos níveis tecnológicos, caracterizando-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo), e de alto potencial para instalação de irrigações, o que indica coerência entre o mapeamento de aptidão agrícola da SEPLAN e o mapeamento potencial preditivo desenvolvido pelo presente estudo.

A relação positiva evidenciada pelo modelo entre a presença de pivôs, e os tipos de solos aptos à irrigação, aponta-se coesa com a literatura científica, pois, os Latossolos Vermelho-Escuro, localizados em áreas com alto potencial preditivo para a irrigação (boa à ideal) são constituídos por material mineral, em avançado estado de imtemperização, fortemente bem drenados, muito ácidos, típicos de regiões equatoriais e tropicais e também ocorrendo em zonas subtropicais, normalmente ocorre em relevo plano e suave ondulado Embrapa, (1999, p. 91). De acordo com projeto PNUD (1996) estes solos possuem boas condições físicas, que aliadas ao relevo plano ou suavemente ondulado, favorecem o cultivo. Suas principais limitações decorrem da acidez elevada e da baixa fertilidade, o que requer um manejo adequado, com correção da acidez e fertilização com base em resultados de análises de solo e controle de erosão.

A predominância de áreas com alto potencial de instalação de irrigações em áreas de baixo declive, pode ser explicada pela proximidade destas com os mananciais superficiais, de onde a água utilizada é captada, o que se presume ser em razão da economia na instalação dos equipamentos de irrigação.

A distribuição potencial da irrigação gerada pelo modelo, considera fatores físicos e ambientais. Deste modo, algumas áreas classificadas como inaptas para irrigação, possuem

aptidão física, mas, estão limitadas pela legislação ambiental, por encontrar-se em Áreas de Preservação Permanente (APP), indiretamente representada pelos PIs da Distância da rede hidrográfica e de solos (orgânicos, geralmente aluviais).

Desta forma o resultado da modelação informa aos tomadores de decisões, quais áreas apresentam alto potencial para receber novas irrigações no futuro, oferecendo assim subsídios para a tomada de decisões na concessão de licenças, pois, esta informação (demanda espacial), aliada as informações de disponibilidade de recursos hídricos, e necessidades hídricas da cultura, pode contribuir para o planejamento do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas, aprimorando assim o processo de tomada de decisão (concessão de outorgas).

A validação do modelo demonstra a confiabilidade do mesmo, pois, 88% da área apontada como de alto potencial receptivo para novos pivôs, apresentaram novas irrigações já no ano seguinte (2006), como pode ser analisado na **figura 5**.

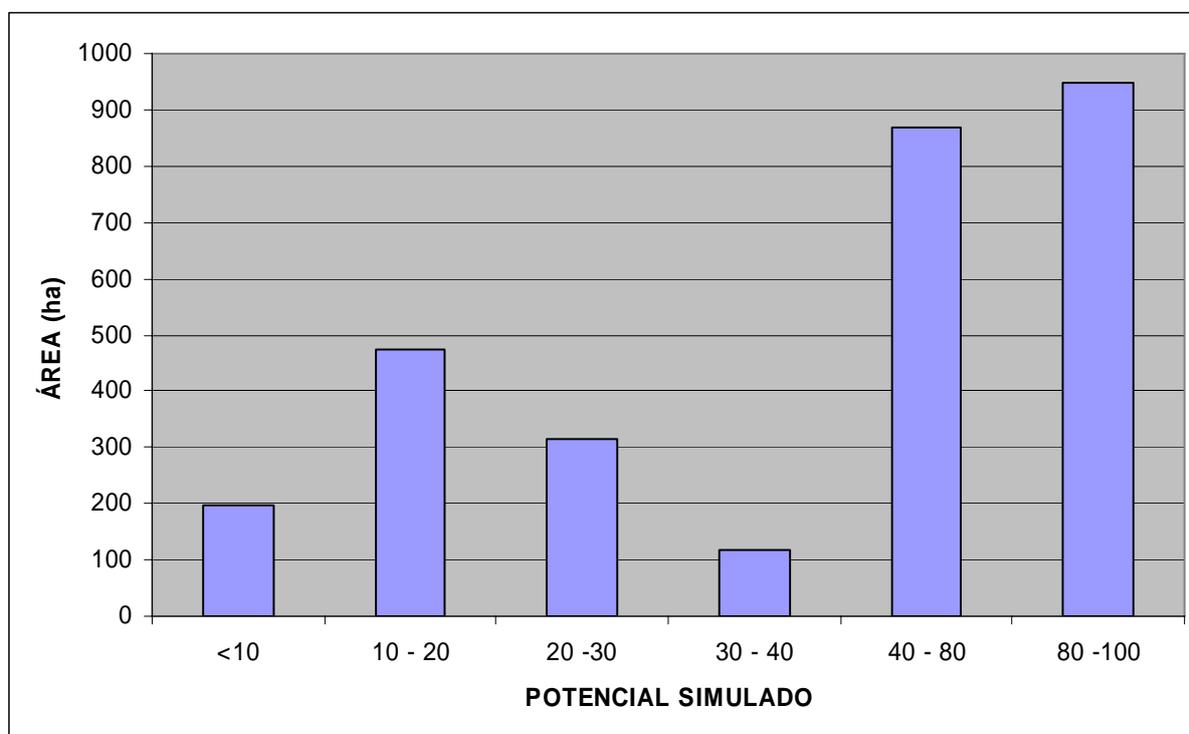


Figura 5: Correlação entre a área de novos pivôs e potencial simulado.

Tal como foi referido, o mapeamento obtido não deve ser considerado como preditor de verdadeira presença de irrigações, mas da adequação das condições do habitat para poderem albergar pivôs de irrigação central.

6. Considerações Finais

O presente estudo demonstrou a aplicabilidade da Análise de Fatores Ecológicos de Nichos ENFA, implementada no BioMapper, as condições geoambientais da irrigação por sistemas de pivô central na bacia hidrográfica do Alto Rio das Mortes – MT, pois, foi capaz de gerar informações confiáveis acerca da espacialização potencial preditiva de pivôs de irrigação central, identificando os habitats para todos os pontos da bacia.

Referências

- Beekman, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: IICA, 1999. 63 p.
- Chefaoui, R., Hortal, J. and Lobo, J.M. Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian Copris species. **Biological Conservation**, 122, 327-338, 2005.
- Gallego D, Canovas F, Esteve MA, Galian J, Schwerdtfeger F. Descriptive biogeography of Tomicus (Coleoptera : Scolytidae) species in Spain. **Journal of Biogeography** 31(12):2011-2024, 2004.
- Hirzel Alexandre. **Biomapper: A GIS-toolkit to model habitat suitability**. University of Lausanne. 2004. Disponível em <<http://www2.unil.ch/biomapper/>> Acesso em 20 de Abril de 2006.
- Hirzel, A., Helfer, V., Metral, F. **Assessing habitatsuitability models with a virtual species**. Ecol. Model. 145, 111-121, 2001.
- Hirzel, A. H. Hausser, J. Chessel, D. Perrind, N. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? **Copyright by Ecological Society of America**, 2002. Ecology: Vol. 83, No. 7, pp. 2027–2036, 2001. Disponível em < <http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-abstract&issn=0012-9658&volume=083&issue=07&page=2027>> Acesso em: 16 de fevereiro de 2006.
- Hirzel, Alexandre. Guisan, Antoine. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling. **Ecological Modelling**, 157 331-341, 2002. Disponível em <<http://www2.unil.ch/biomapper/Download/Hirzel-EcoMod-2002.pdf>>. Acesso em: 18 de março de 2005.
- Hirzel, A. H. & Arlettaz, R. Modelling habitat suitability for complex species distributions by the environmental distance geometric mean. **Environmental Management**, 32, 614–623, 2003.
- Hirzel, Alexandre H. Brotons, Luís. Thuiller, Wilfried. Araújo, Miguel B. Presence-absence versus presence-only x modelling methods for predicting bird habitat suitability. **Ecography**, 27:4 437, 2004.
- Hora, A. F. da. **Metodologia para outorga do uso de recursos hídricos – Ênfase: Usinas hidrelétricas**. 2001. 350 p. Rio de Janeiro. Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2001.
- Klemp, Suzy Mara ; Zeilhofer, Peter . Simulação da poluição difusa por meio de técnicas de geoprocessamento na sub-bacia do rio Manso - MT. In: **Anais XIII Encontro de Iniciação Científica**, 2005, Cuiabá. XIII Encontro de Iniciação Científica. Cuiabá : Propeq, 2005. p. 162-162.
- Libos, M., Corrêa, R. F. O., Zeilhofer, P. Modelagem da Poluição Não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento. Rio de Janeiro: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003.
- Projeto PNUD. **Guia para Identificação dos Principais Solos do Estado de Mato Grosso**. Secretaria de Estado Planejamento e Coordenação Geral, Gerencia Estadual do Prodeagro, Governo do Estado de Mato Grosso: Cuiabá, 1996. Rebouças, A. C. Braga, B. Tundisi, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. 717 p.
- Shiklomanov, I. A. (Ed.). **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world**. Geneva: World Meteorological Organization, 1997. 88 p.