

Mapeamento de Habitats de Transmissores da Febre Amarela Silvestre, a partir de Técnicas de Geoprocessamento, na Região da APM-Manso/MT.

Marcos Antonio da Silva ¹
Peter Zeilhofer ²
Emerson Soares dos Santos ²
Ana Lucia Maria Ribeiro ³
Rosina Djunco Miyazaki ⁴
Marina Atanaka dos Santos ⁵

¹ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Mestrando em Geografia
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
masmt@ibest.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Geografia
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
pitalike@terra.com.br / emer.santos@uol.com.br

³ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Faculdade de Ciências Médicas.
anadarlingi@yahoo.com.br

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Biologia
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
miya@vsp.com.br

⁵ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Instituto de Saúde Coletiva
Av. F. Corrêa da Costa, s/n - 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
slcs@terra.com.br

Abstract. In the surroundings of the Area of Multiple Use of Manso (APM-Manso), the physical environment presents the elements favorable for the development of jungle cycle of the yellow fever disease. Thus the purpose of this study was to validate remote sensing and GIS methods for habitat suitability mapping of *Haemagogus janthinomys* and *leucocelaenus*, the principal transmission vectors of yellow fever in the region. In the analysis, 74 entomologic sampling campaigns conducted during the years of 2000-2001 were considered, with captures at 9 sampling points. We then applied GIS and remote sensing techniques and logistic regression to evaluate and quantify the relationships between data capture (dependent variable) and environmental data. Land cover map and the third component of the Tasseled Cap Transformation, a spectral index for surface humidity were obtained from a Landsat ETM+ image. Ramp exposition and relief shading were derived from the processing of a high resolution digital elevation model. Logistic regression models identified "levels of shading", soil and vegetation moisture and season as significant explanatory variable, allowing the spatial simulation of contact probability with the vectors in the region. The regression resulted in an overall accuracy of 88.9%, considered of good quality for the spatial predictions of habitat suitability.

Palavras Chaves: Geomatics, *Haemagogus*, habitat mapping, geoprocessamento, *Haemagogus*, mapeamento de habitats.

1. Introdução

A febre amarela silvestre é transmitida através da picada de mosquitos, cujo ciclo está intacto em várias regiões do Brasil, devido à livre circulação do vírus entre vetores silvestres e animais vertebrados em áreas de vegetação densa. Nas redondezas da Área de Aproveitamento Múltiplo do Manso (APM-Manso), o ambiente físico apresenta elementos propícios para o desenvolvimento do seu ciclo. Mesmo não havendo registros de casos da doença na região atualmente torna-se importante a identificação e mapeamento dos habitats

dos vetores transmissores, permitindo que ações sejam tomadas de forma preventiva, proporcionando a diminuição dos gastos públicos com tratamento dessa doença no futuro.

Sensoriamento remoto e geoprocessamento se tornaram técnicas padrão no mapeamento de vetores transmissores de doenças infecciosas tais como Malária, Leishmaniose ou Dengue (Correia et al., 2004, Aparicio e Bitencourt, 2004, Barreto et al., 2008). Estudos dos padrões espaciais da febre amarela e da distribuição geográfica dos seus vetores abordam principalmente o ciclo urbano (Morrison et al., 2004), sendo trabalhos sobre a forma silvestre ainda bastante esparsos, apesar do potencial de técnicas de Geoprocessamento apontado por Beck et al (2000).

Para modelagem espacial explícita da aptidão de habitats, camadas de informação explanatórias podem ser elaboradas a partir da análise de imagens de sensores remotos (Beck et al. 2000), enquanto técnicas da análise espacial permitem a combinação das camadas por regras, descrevendo a sua relação com a ocorrência dos vetores. A definição destas regras pode ser baseada em técnicas tais como ENFA (Peterson e Shaw, 2003) ou Algoritmos Genéticos (Nieto et al., 2006), sendo, entretanto a regressão logística o método mais amplamente aplicado em estudos entomológicos com dados de presença e ausência (Sattler et al., 2005; Gebre-Michael et al., 2004).

Nesta perspectiva o presente trabalho tem como objetivo validar métodos de geoprocessamento para caracterização do habitat dos mosquitos *Haemagogus janthinomys* e *leucocelaenus*, principais transmissores da febre amarela silvestre na região da APM-MANSO-MT.

2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada nos Municípios de Chapada dos Guimarães, Rosário Oeste e Nova Brasilândia, no Centro-sul do Estado de Mato Grosso (Figura 1).

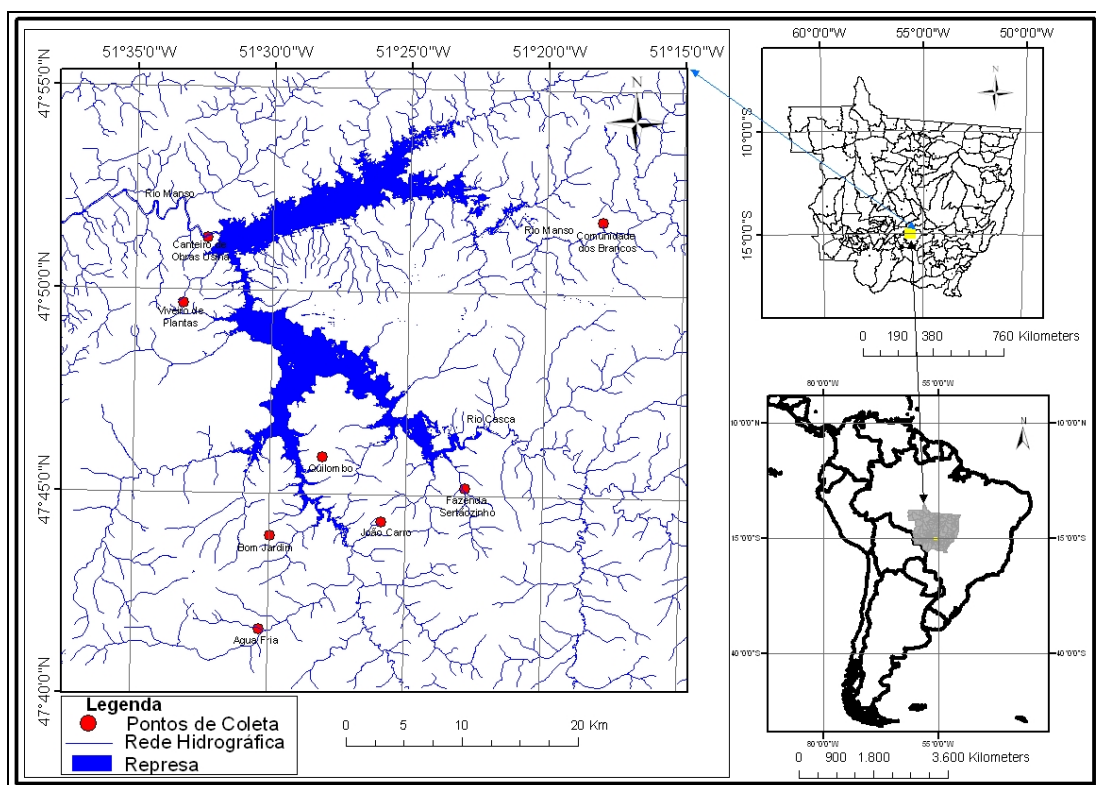


Figura 1. Localização da área de estudo.

A APM-MANSO é formada pelas águas dos Rios Manso e Casca, vindo pertencer à Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá. O clima da região é tropical e semi-úmido, com dois períodos distintos, com estação seca no outono/inverno (abril a agosto) e estação chuvosa na primavera/verão (setembro a março)(Maitelli, 2005). A temperatura média anual é de 26°C e precipitação estimada em 1.750 mm por ano (ZSEE-SEPLAN-MT).

3. Metodologia do Trabalho

Foram utilizados dados entomológicos referentes a 74 coletas, realizadas em nove pontos amostrais nos municípios de Chapada dos Guimarães, Nova Brasilândia e Rosário Oeste entre maio de 2000 e outubro de 2001. Foi construído um banco de dados entomológico georeferenciado para organização e filtragem dos dados sobre os vetores e variáveis ambientais adquiridos durante a coleta, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e fase lunar.

Uma imagem Landsat 7-ETM+ (WGR 226/070) de 20/07/2000 foi utilizada para mapeamento do uso e ocupação da terra e geração de índices espectrais de umidade. O mapeamento do uso da terra foi realizado por classificação supervisionada, algoritmo MAXVER, implementado no software SPRING 4.3.3 (INPE). Foram diferenciadas as seguintes classes de uso: “Água”, “Área aberta/Pastagem”, “Cerrado” e “Cerradão/Mata”. A presença do vetor varia supostamente em função de diferentes tipos de vegetação densa. Sendo a diferenciação das classes classe “Mata ciliar” e “Mata de encosta” não possível pela classificação multi-espectral, a classe composta “Cerradão/Mata” foi dividida em seguida a partir de uma análise espacial de distância (*buffer*). Pixels classificados como “Cerradão/Mata”, localizados à uma distância máxima de 250 m da rede hidrográfica foram recodificados para classe de “Mata ciliar”, sendo denominados os áreas restantes como “Mata de encosta”. A obtenção de um Índice Espectral de Umidade do Solo e Vegetação foi realizada através da técnica de transformação “*Tasseled Cap*”, implementado no software ENVI 4.0. Neste processo foram utilizadas as bandas #1-#5 e #7 do sensor ETM+ do satélite Landsat 7. A terceira componente da transformação (“*Wetness*”), sendo esta utilizada para as análises em seguida, varia em função dos diferentes níveis de umidade dos pixels monitorados.

Para a estimativa dos níveis de sombreamento e mapeamento da exposição das rampas foi utilizado um Modelo Numérico de Terreno (MNT), elaborado com base em curvas de níveis com equidistância de 10 m, fornecidas por FURNAS. O mapa dos níveis de sombreamento foi elaborado a partir da simulação da iluminação para três horários (9:00, 12:00 e 15:00), para a média anual do azimute e da elevação do sol. As três camadas resultantes foram somadas, e gerado, desta forma, o um plano de informação chamado em seguida “nível de sombreamento”. O mapa da “Exposição das rampas” foi gerado a partir da ferramenta “Aspect” do software ArcGIS 9.0 (ESRI).

A obtenção dos atributos para cada data/coleta foi elaborada a partir de sobreposição das camadas espaciais “uso da terra”, “umidade do solo e vegetação”, “nível de sombreamento” e “exposição das rampas”. O valor de cada data/coleta foi definindo em função de um raio de análise de 200 m (Zona Tampão). Para as camadas “umidade do solo e vegetação” e “nível de sombreamento” foram calculadas as médias aritméticas e para as variáveis “uso da terra” e “exposição das rampas” foi determinada categoria predominante no raio de análise.

Para análise de Regressão Logística (RL), as quatro variáveis especializadas foram completadas com quatro variáveis não-espaciais (Fase lunar, Temperatura do ar, Umidade relativa do ar, Sazonalidade Climática), construindo uma tabela com oito variáveis explanatórias (Tabela 1). A variável dependente (frequência do vetor) foi binarizada, utilizando um “Valor de corte” de dois para diferenciação entre casos de presença e não-presença. As saídas da RL indicam qual (ou quais) das variáveis prediz(em), de forma

significativa, o fenômeno. Os levantamentos entomológicos foram efetuados apenas em áreas de vegetação densa, sendo desta forma o modelo elaborado somente valido para áreas com vegetação natural (Cerradão, Floresta). Os coeficientes da RL foram em seguida utilizados para sobreposição dos mapas, resultando no mapa de aptidão de habitat.

Tabela 1. Variáveis explanatórias utilizadas na regressão logística (* variáveis espacializadas).

Variável Explanatória	Origem	Escala	Nr.de classes
Fase lunar	Obs. de Campo	Ordinal	4
Temperatura do ar	Medição de Campo	Absoluta	Contínuo
Umidade relativa do ar	Medição de Campo	Absoluta	Contínuo
Sazonalidade Climática	Obs. de Campo	Ordinal	2
Umidade do solo e vegetação*	Transformação <i>Tasseled Cap</i>	Absoluta	Contínuo
Uso da terra*	Classificação de Imagem ETM+	Nominal	5
Sombreamento do relevo*	Análise MNT	Absoluta	Contínuo
Exposição das rampas*	Análise MNT	Absoluta	Contínuo

Conceitualmente, esta metodologia aplicada pode ser considerada técnica da análise espacial baseada no aferimento de atributos à áreas com característica supostamente homogênea. Visa-se a detecção e possíveis explicações da variação do fenômeno em estudo (ocorrência do vetor), modelado a partir de variáveis explanatórias que supostamente definem a variação da variável em estudo (variável dependente) (Diniz 2000).

4. Resultados e Discussões

Através das análises preliminares dos dados foi possível verificar o comportamento prévio do vetor para as variáveis coletadas a campo.

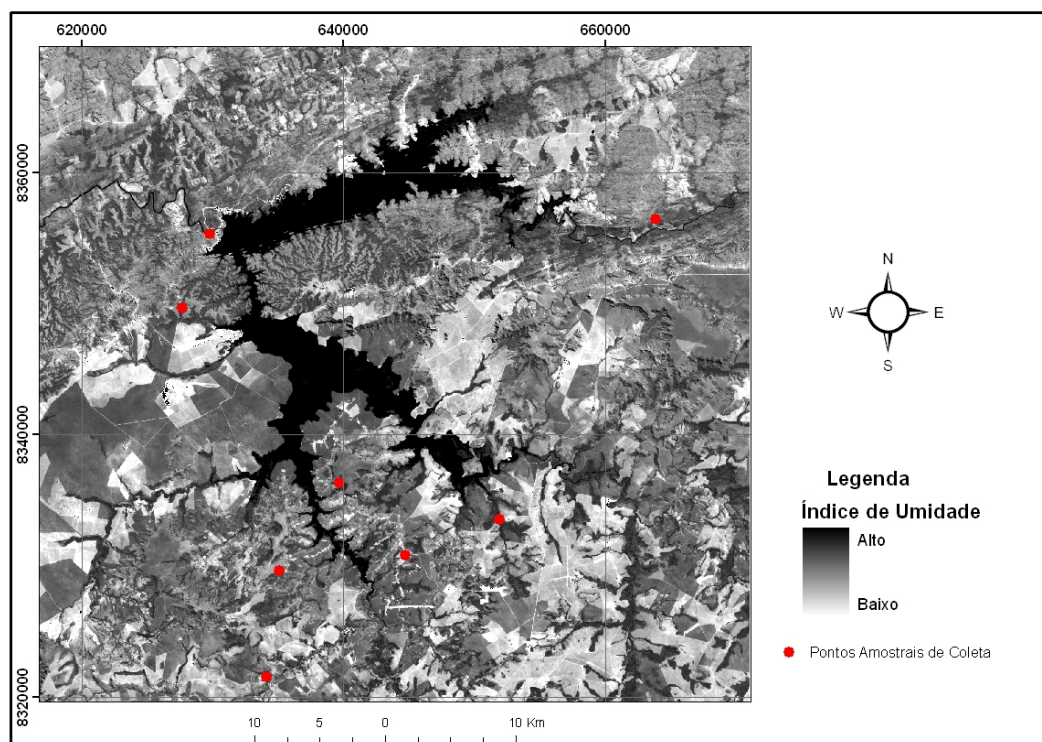


Figura 2. Índice de Umidade do solo e vegetação (“Wetness”), obtido pela transformação Tasseled Cap da imagem Landsat-ETM+.

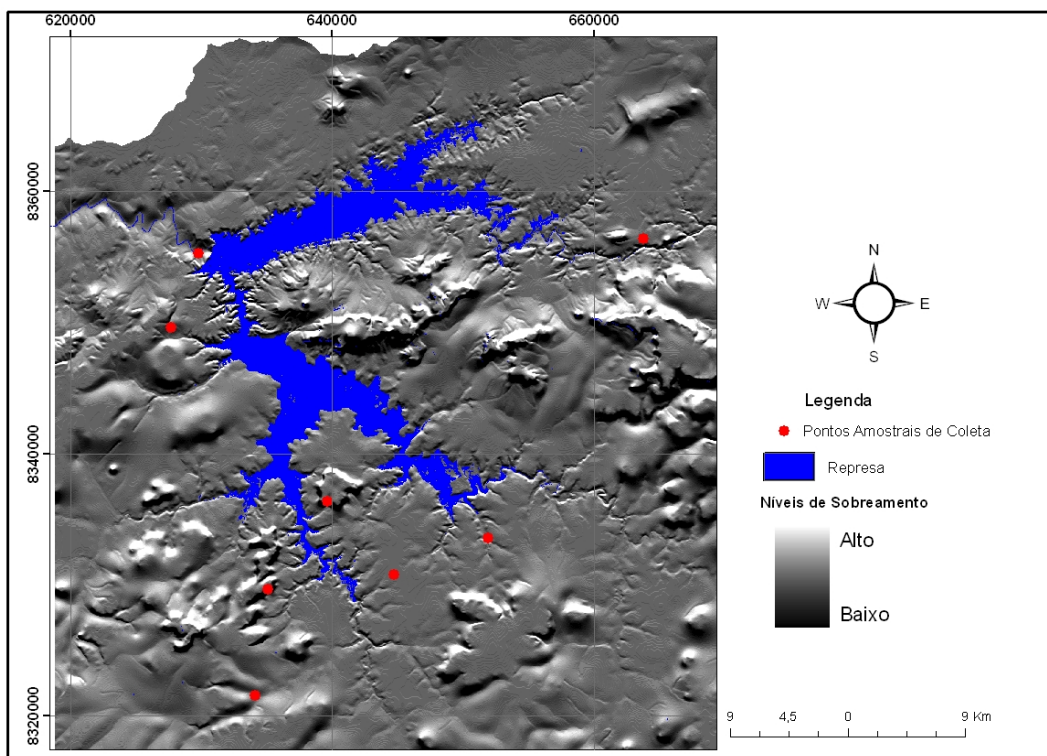


Figura 4. Níveis de Sombreamento do relevo, obtido através do Modelo Numérico de Terreno.

Os dados entomológicos demonstram que os vetores apresentaram maior ocorrência na fase da Lua Minguante, em situações com umidade relativa do ar maior que 50% e com temperatura do ar maior do que 24°C. A incidência do vetor é significativamente maior na estação chuvosa do que no período da seca. Observa-se que os pontos de coletas apresentaram valores de níveis altos de umidade do solo e vegetação, sendo os mesmos localizados em áreas com vegetação e próximos do lago e rios (Figura 2). Na figura 3, níveis de cinza baixos indicam áreas fortemente sombreadas. Observa-se que os pontos de coleta encontram-se na grande maioria em áreas sombreadas.

As tabelas 2 e 3 mostram a matriz de erro e os principais indicadores estatísticos do modelo de RL para estimativa espacial do habitat das espécies *Haemagogus*. A RL obteve um valor geral de aceitação de 88,9 %. Observa-se, entretanto, que a estimativa de casos positivos possui confiabilidade limitada (64,3 %). Foram identificadas como fatores explanatórios significativos as variáveis, “níveis de sombreadamento”, “umidade do solo e vegetação” e “sazonalidade climática”. Estas três variáveis, significativas no modelo obtido, também estão mencionadas como determinantes da presença de espécies do genus *Haemagogus* nos estudos de Lopes (1997) e Alencar et al. (2004).

Tabela 2. Matriz de erro da RL (“backward conditional”) para estimativa de aptidão do habitat das duas espécies de *Haemagogus* (Valor de corte: 2).

	Modelado		Porcentual acerto
Observado	0	1	
0	47	2	95,9
1	5	9	64,3
Porcentagem Geral			88,9

Tabela 3. Coeficientes significativos ($p < 0.01$) da RL (“backward conditional”) para estimativa de aptidão do habitat das duas espécies de *Haemagogus* (Valor de corte: 2).

Variáveis	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Níveis de sombreamento	-,038	,011	11,634	1	,001	,963
Índice de umidade do solo e vegetação	,105	,037	8,319	1	,004	1,111
Sazonalidade climática	4,661	1,487	9,827	1	,002	105,765

Em seguida foi realizado o processo de cruzamento das variáveis consideradas significativas pela RL. Devido às coletas dos vetores terem sido realizadas apenas em áreas de vegetação densa, o modelo pode ser considerado válido apenas em áreas que apresentavam vegetação de Matas ciliares ou Matas de encosta. A figura 4 ilustra o mapa de aptidão para o habitat dos vetores para o período da seca, neste período o risco de contato com o vetor é menor.

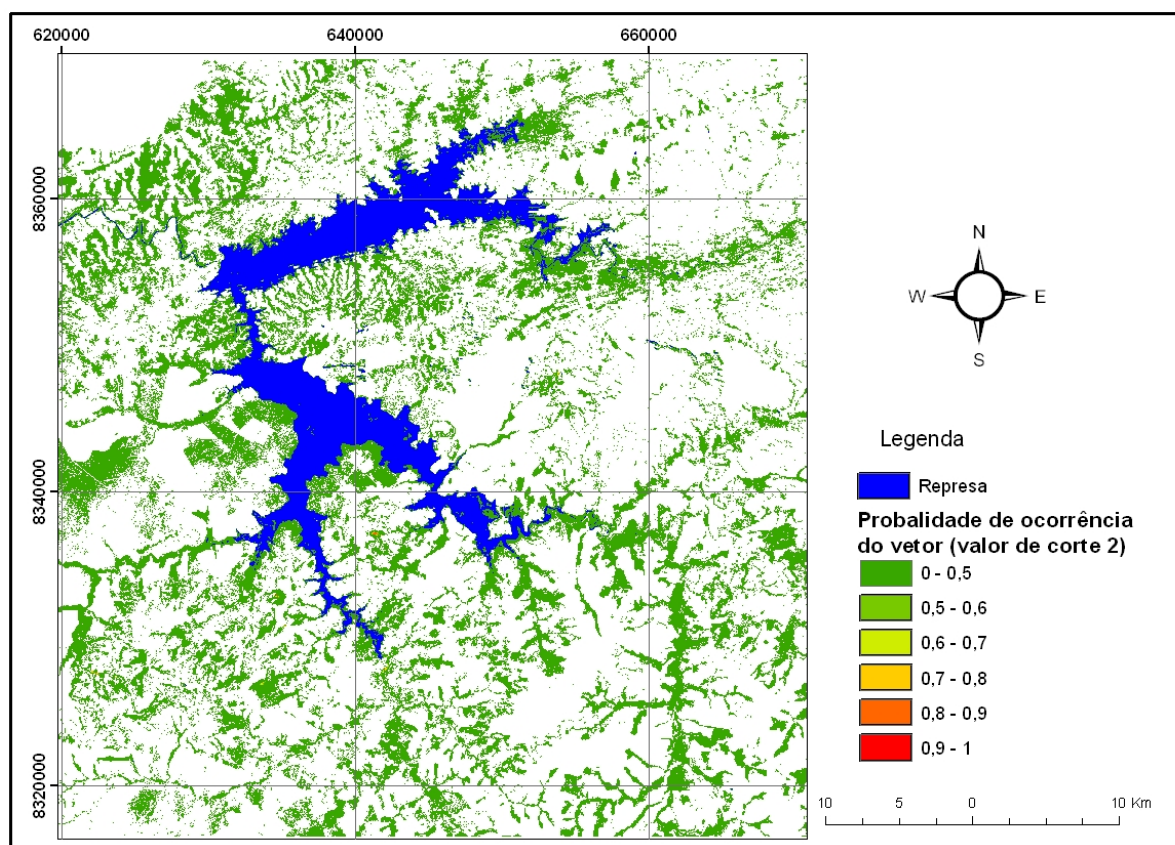


Figura 4. Aptidão de habitat das duas espécies de *Haemagogus* no período da seca.

A figura 5 apresenta a distribuição do risco de contato com vetor no período chuvoso, observe-se que em grande maioria o risco de contato com vetor está localizado próximo à rede hidrográfica, ou seja, em áreas de mata ciliar.

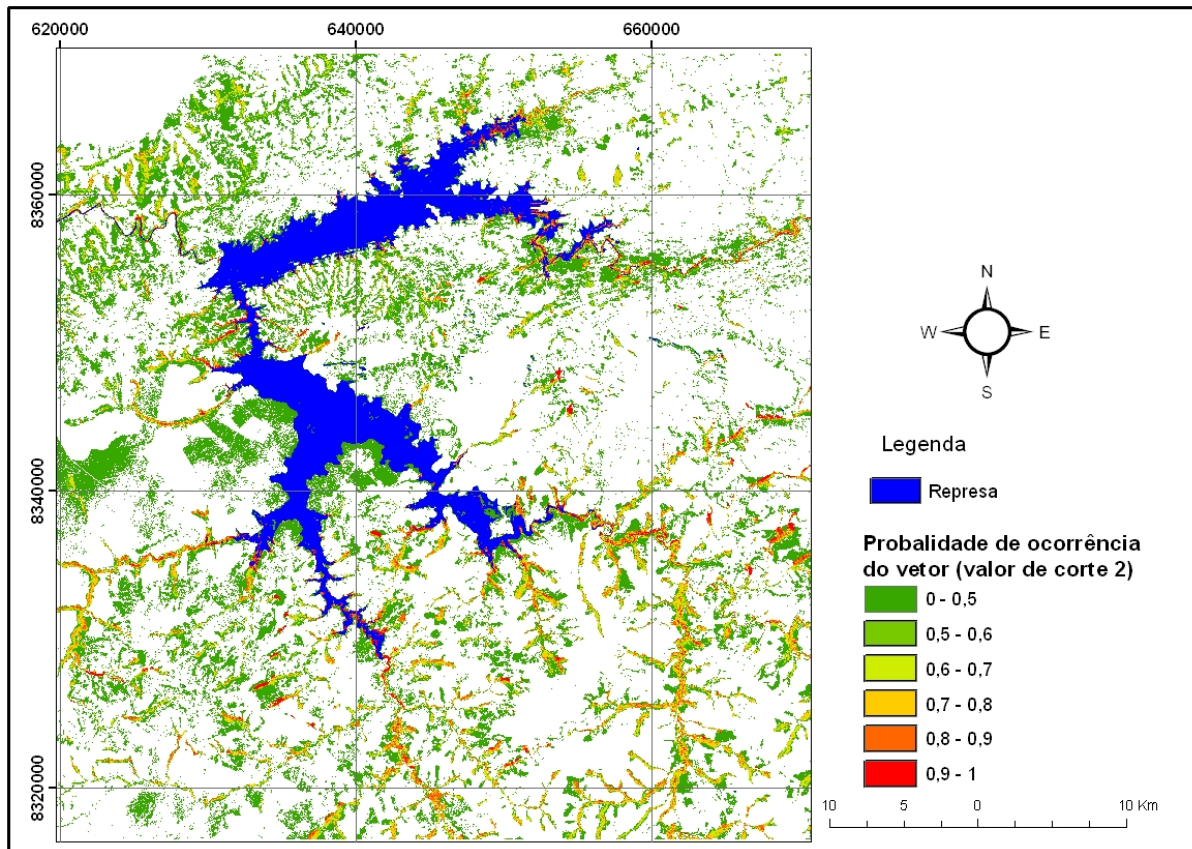


Figura 5. Aptidão de habitat das duas espécies de *Haemagogus* no período da chuva.

5. Conclusões

As técnicas de geoprocessamento acopladas com regressões logísticas mostraram-se apropriadas para o mapeamento de habitat dos vetores *H. janthinomys* e *leucocelaenus*, principais transmissores da febre amarela silvestre na região. O modelo preditivo considerou significativas as variáveis “níveis de sombreamento”, “umidade do solo” e “sazonalidade climática”.

Os melhores habitats foram identificados como áreas sombreadas com altos índices de umidade. No período chuvoso as regiões próximas à mata ciliar apresentaram o maior risco de contato com o vetor. Desta forma os resultados ressaltam a importância de avaliar a distribuição espacial de fatores geo-ambientais para estimativa de ocorrência de vetores da febre amarela silvática, vindo contribuir com mapeamento, controle e monitoramento de forma eficaz para planejamento em saúde pública.

Referências Bibliográficas

- Alencar, J.; Guimarães, A. É.; Mello, R. P.; Lopes, C. M.; Dégallier, N.; Santos-Mallet, J. R. Microscopia eletrônica de varredura de ovos de *Haemagogus leucocelaenus* (Diptera: Culicidae). **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 5, p. 658-61, 2003.
- Aparicio, C.; Bitencourt, M. D. Modelagem espacial de zonas de risco da leishmaniose tegumentar americana. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, n. 4, p. 511-516, 2004..
- Barcelos, C.; Ramalho, W. Situação atual do Geoprocessamento e da Análise de Dados Espaciais em Saúde no Brasil. **Informática Pública**, v. 4, n. 2, p. 221-230, 2002.
- Barreto, F. R.; Teixeira, M. G.; Costa, M. D.; Carvalho, M. S.; Barreto, M. L. Spread pattern of the first dengue epidemics in the City of Salvador, Brazil. **BMC Public Health**, v. 8 n. 1, p. 51, 2008.

Beck, L. R.; Lobitz, B. M.; Wood, B. L. Remote sensing and human health: new sensors and new opportunities. **Emerg Infect Dis.**, v. 6, n. 3, p. 217-27, 2000.

Correia, V. R. M.; Carvalho, M. S.; Sabroza, P. C., Vasconcelos, C. H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 891-904, 2004.

Gebre-Michael, T.; Malone, J. B.; Balkew, M.; Ali, A.; Berhe, N.; Hailu, A.; Herzi, A. A. Mapping the potential distribution of *Phlebotomus martini* and *P. orientalis* (Diptera: Psychodidae), vectors of kala-azar in East Africa by use of geographic information systems. **Acta Tropica**, v.90, p. 73–86, 2004.

Guisan, A.; Zimmermann, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v. 135, p. 147–186, 2000.

Lopes, J. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil. V. Coleta de larvas em recipientes artificiais instalados em mata ciliar. **Revista de Saúde Pública**, v. 31, nº 4, 1997.

Maitelli, G. T. Interações Atmosfera-superfície. In.: HIGA, T. C. S.; MORENO, G. (orgs.). **Geografia de Mato Grosso**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.

Morrison, A. C.; Gray, K.; Getis, A.; Astete, H.; Sihuinha, M.; Focks, D.; Watts, D.; Stancil, J. D.; Olson, J. G.; Blair, P.; and Scott, T. W. Temporal and Geographic Patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Production in Iquitos, Peru. **Journal of Medical Entomology**, v. 41, n.6, p.1123–1142, 2004.

Nieto, P.; Malone, J. B.; Bavia, M.E. Ecological Niche Modeling For Visceral Leishmaniasis In The State Of Bahia, Brazil, Using Genetic Algorithm For Rule-Set Prediction and Growing Degree Day-Water Budget Analysis. **Geospatial Health**, v. 1, p. 115-126, 2006.

Peterson, T. A.; Shaw, J. *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in Southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, v. 33, p. 919–931, 2003.

Sattler, M. A.; Mtasiwa, D.; Kiama M.; Premji, Z.; Tanner, M.; Killeen, G.F. and Lengeler, C.H. Habitat characterization and spatial distribution of *Anopheles* sp. mosquito larvae in Dar es Salaam (Tanzania) during an extended dry period. **Malaria Journal**, v. 4, n. 4, 2005.

Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral - ZSEE-SEPLAN-MT (2002). Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/>>, acesso em 12/12/2007.

Vasconcelos, P. F. C.; Costa, Z. G.; Travassos-da-Rosa, E. S.; Luna E., Rodrigues, S. G.; Barros, V. L. R. S. Epidemic of jungle yellow fever in Brazil,2000: implications of climatic alterations in disease spread. **J Med Virol**, v. 65, p. 598-604, 2001.

Zeilhofer, P. **Controle de Endemias na Área de Influência de APM/Manso - Sistema de Informação Georeferenciado em Saúde: Relatório final**. Cuiabá-MT: Convênio FURNAS Centrais Elétricas S.A., Secretaria Estadual de Saúde-MT, UFMT. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.