

Geoprocessamento aplicado a identificação de corredores ecológicos em Manaus/AM

Maurício Soares de Oliveira¹
Eduardo da Silva Pinheiro²

^{1,2} Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000 - Manaus - AM, Brasil
¹soares_oliveira_7@hotmail.com; ²pinheiro@ufam.edu.br

Abstract. The landscape of Manaus has been constantly changing. Areas covered by primary forests have been occupied due to economic expansion and population growth. This process resulted in isolated fragments of forested land in urban areas, leaving fauna and flora populations susceptible to extinction. A potential solution to maintain and recover these fragments in Manaus is to identify areas of ecological corridors. The objective of this work is to identify and propose the creation of ecological corridors in the urban area of Manaus and its area of urban sprawl. We used digital techniques to process satellite images, geo-processing tools, and field work. The accumulated data results show that the study area has high levels of forest fragmentation, the areas of permanent preservation have been modified, and that there is a large number of avenues that prevent the connection between the forest fragments.

Palavras-chave: Conservation, GIS, decision maker, Conservação, SIG, suporte à decisão.

Introdução

Nos últimos anos, a dinâmica de uso da terra pelo homem tem causado diferentes modificações nas paisagens naturais, áreas florestais são fragmentadas havendo a perda de habitats (Gascon e Tabarelli, 2005). Os fragmentos florestais dispersos e isolados entre si, não permitem um fluxo de informação genético que permita a sua manutenção. Esse processo, aliado a um manejo inadequado do solo gera processos erosivos, põem em risco a manutenção dos ecossistemas, vital para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, conservação da flora e fauna e qualidade de vida da população. Fatores relacionados a esta perda afetam de forma distinta parâmetros populacionais como densidade de indivíduos, distribuição da população e migrações da fauna (Gibbs, 2001).

Desde a implantação da Zona Franca de Manaus, a cidade experimentou um elevado crescimento econômico e populacional, estes processos deram origem a problemas de ordem social, econômica e ambiental (Carneiro, 1998). O elevado crescimento urbano não permitiu que a cidade absorvesse e integrasse toda a população nos setores da economia, surgindo à necessidade de ampliar seus limites urbanos (Carneiro, 1998). Como consequência, as paisagens florestais da cidade vêm sendo modificadas e fragmentadas. Este quadro é agravado em regiões tropicais, onde espécies possuem pequenas áreas de ocorrência natural, ou pequenas áreas possuem altas taxas de endemismo (Gascon et al. 2002). A gravidade do problema depende do grupo animal, contudo estima-se que os mamíferos sejam aqueles mais susceptíveis a degradação da floresta (Sanchez et al. 2007). A maioria das espécies não tem como se deslocar entre os fragmentos florestais, ou precisa se expor muito. O isolamento gera nascimentos consangüíneos e provoca a redução drástica das populações. Em Manaus, entre as principais espécies é possível citar o sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor* Spix), uma espécie endêmica ameaçada de extinção entre os Callitrichídeos amazônicos (Amazonas, 2007).

Uma solução para a manutenção e recuperação dos fragmentos florestais na área urbana de Manaus é identificar possíveis corredores ecológicos, visando interligar áreas protegidas na cidade a outros fragmentos isolados. Atualmente, a estratégia de corredores vem sendo utilizada em vários países do mundo, especialmente naqueles em desenvolvimento onde as áreas urbanas estão tomando o espaço do que antes era floresta. Portanto, os corredores ecológicos são uma alternativa diferenciada das formas tradicionais de conservação do ambiente.

O objetivo deste trabalho foi identificar e propor corredores ecológicos na área urbana de Manaus e parte da área de expansão urbana da cidade, por meio de técnicas de geoprocessamento, de acordo com os critérios da legislação ambiental e o uso da terra.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi realizado na área urbana de Manaus e parte da área de expansão urbana da cidade, uma área localizada entre as coordenadas 2°51'31" a 03°09'47" de latitude Sul e 59°49'23" a 60°07'00" de longitude Oeste, correspondendo a uma superfície de 738,31 km². (Figura 1).

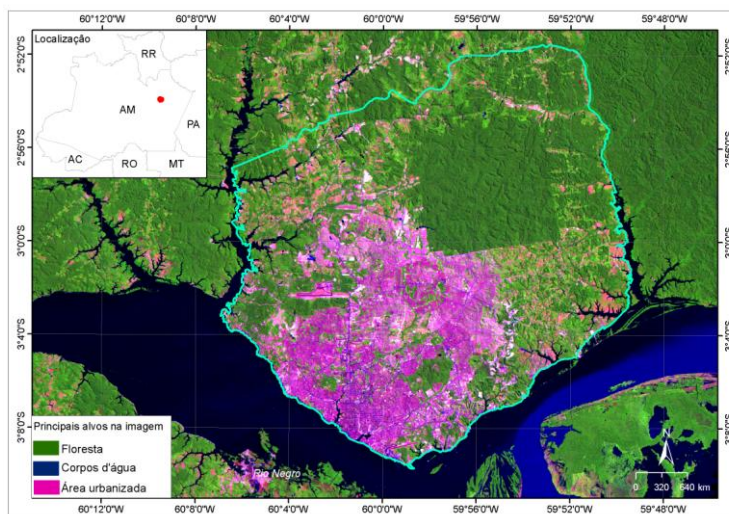


Figura 1. Localização da área de estudo.

A Floresta Ombrófila Densa das terras baixas era vegetação predominante na área urbana de Manaus anterior a expansão urbana. Na cidade também se observava manchas de campinarana, florestas com palmeiras (IBGE, 1978).

Na pesquisa foram utilizados os seguintes dados de sensoriamento remoto e cartográficos:

- Imagem TM/LANDSAT-5 de 10/09/2009, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

- Base de dados cartográficos em escala 1:10.000, com os dados (limite urbano da cidade, curvas de nível, hidrografia, sistema viário, limite dos bairros) disponibilizada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Manaus, AM;

Os programas de geoprocessamento utilizados no mapeamento e análise dos dados foram o SPRING (CAMARA et al, 1996) e o ArcGIS 9.3 (ESRI). Um aparelho receptor GPS Map 76CSx Garmin.

Para estabelecer os corredores ecológicos na área de estudo foram compilados os métodos descritos por Martins et al. (1998), Nunes et al. (2005) e Rocha et al (2007), para tanto foram empregadas técnicas de processamento digital de imagens de satélite, ferramentas de geoprocessamento e trabalhos de campo. O fluxograma apresentado na Figura 2 resume os procedimentos metodológicos utilizados.



Figura 2. Fluxograma dos procedimentos metodológicos para mapear os corredores ecológicos na área urbana de Manaus, AM.

Em uma primeira etapa foi gerado um mapa de uso e cobertura da terra da área de estudo, a partir da imagem do satélite TM/LANDSAT-5. Para corrigir as distorções na imagem foi empregado o modelo polinomial de 1ª ordem. Os pontos de controle foram adquiridos na base cartográfica (1:10.000) de Manaus. Foram utilizados 10 pontos de controle e o erro médio quadrático 0,5 pixel, ou seja, 15 m. A imagem foi segmentada e classificada pelo com uso do classificador *Bhattacharya*. Nesta etapa foram consideradas apenas três classes temáticas: Floresta, Área alterada e Corpos d'água.

As áreas de preservação permanente inseridas na área de estudo foram identificadas de acordo com os critérios descritos na legislação ambiental, Novo Código Florestal Federal lei nº 4.771 de 15/09/1965 e Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002, a saber: margens de rios; ainda que intermitente. Ao longo dos igarapés inseridos na cidade foram demarcados “*buffers*” com 30 m de distância para cada margem.

Para identificar os corredores ecológicos na cidade foi aplicada a técnica de suporte à decisão denominada Processo Analítico Hierárquico (AHP) disponível no *software* SPRING. Neste processo, cada plano de informação (uso e cobertura da terra, áreas de preservação permanente, estradas, áreas protegidas) foi comparado dois a dois e aplicado pesos relativos ao grau de importância para o corredor ecológico. Em uma etapa final, por meio de um programa de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) foi aplicada uma média ponderada e os planos de informação foram integrados de forma a demonstram aquelas áreas com maior adequabilidade para implantação dos corredores ecológicos.

3. Resultados e Discussão

Na área estudo as áreas protegidas somam uma superfície de 121,62 km² (Figura 3), a saber: Horto Municipal; Parques Municipais (Centro Vivo, da Copa - AMBEV, do Mindú, dos Namorados, dos Sete Lagos, Makend); Parque Estadual Sumaúma; Reserva Adolpho Ducke; Reserva do Particular do Patrimônio Nacional (Águas do Gigante, Buritis, Moto Honda, Phillips, Socrates Bonfim, Soka Gakai); Refúgio da Vida Silvestre Sauim Castanheira e os Corredores Ecológicos (Mindú e Cachoeiras do Tarumã).

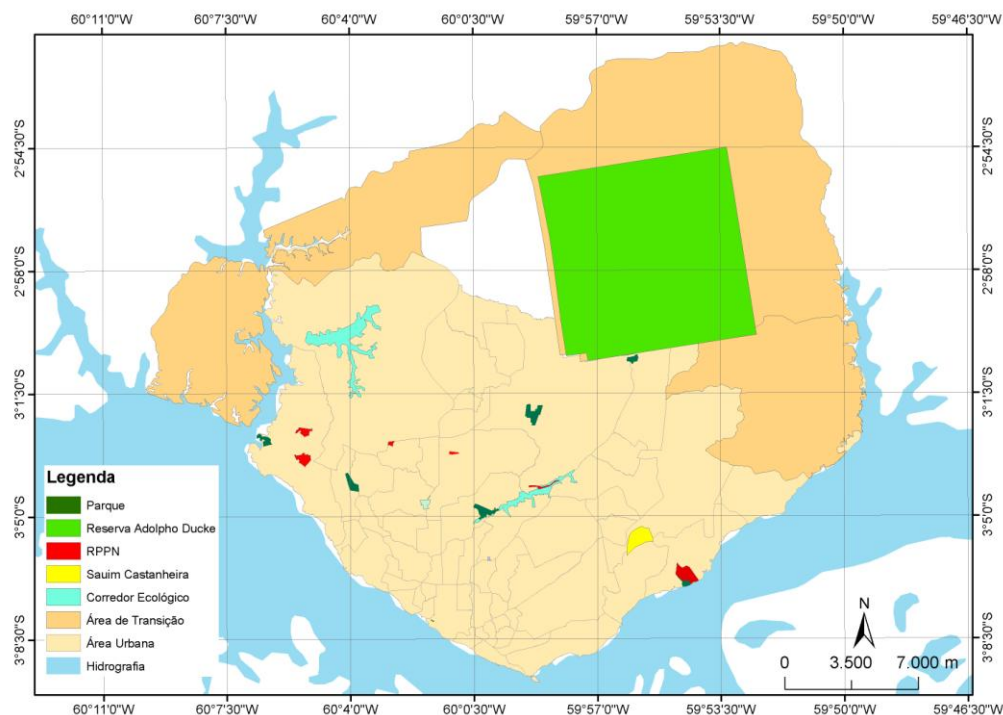


Figura 3. Áreas protegidas na área urbana de Manaus, AM.

Fonte: Bases cartográficas da SEMMAS.

Desde a criação da Zona Franca de Manaus, a capital amazonense experimentou um elevado crescimento econômico e populacional. Esse processo determinou a necessidade de ocupação de novas áreas, muito das quais ocupadas por florestas primárias. Com o surgimento de novos conjuntos habitacionais causaram impacto no ambiente, de forma que as mudanças da paisagem e a substituição da cobertura vegetal por habitações e ruas devem ser analisadas em conjunto ao aumento populacional na cidade.

As modificações atribuídas à ação antrópica são evidenciadas no contexto paisagístico quando se analisa os remanescentes da vegetação natural, e constata-se a sua substituição por ocupações humanas. Na área de estudo, o mapa de uso e cobertura de terra (Figura 4a) apontou que cerca de 60% (433.3 km²) da área estão cobertos por floresta, distribuídos em 517 fragmentos. As áreas alteradas representam aproximadamente 40% (293.7 km²) do total mapeado, sendo locais que sofrem a intervenção humana, as principais atividades estão relacionadas à ocupação referentes à construção civil (condomínios residenciais, indústrias, comércios, etc.). Ao Norte da área de estudo, na área de expansão urbana da cidade foram observados atividades como agricultura que contribuem para o desflorestamento. Segundo Costa et al, (2008), a fragmentação da floresta Amazônica no contexto urbano em Manaus tem alcançado níveis elevados. A cidade tem dobrado em tamanho nas últimas décadas, criando cada vez mais fragmentos de floresta primária que permanecem dentro dos limites da cidade.

O mapeamento das áreas de preservação permanente (APP) (Figura 4b) foi gerado de acordo com os critérios descritos na legislação ambiental, sendo utilizados os igarapés para a sua demarcação. As APP somam uma área 89.5753 km² o que representa 11,8% da área mapeada. Diversas APP não se encontram conservadas, há ocupação por equipamentos urbanos, além de diversas áreas estarem ocupadas de forma irregular (invasões).

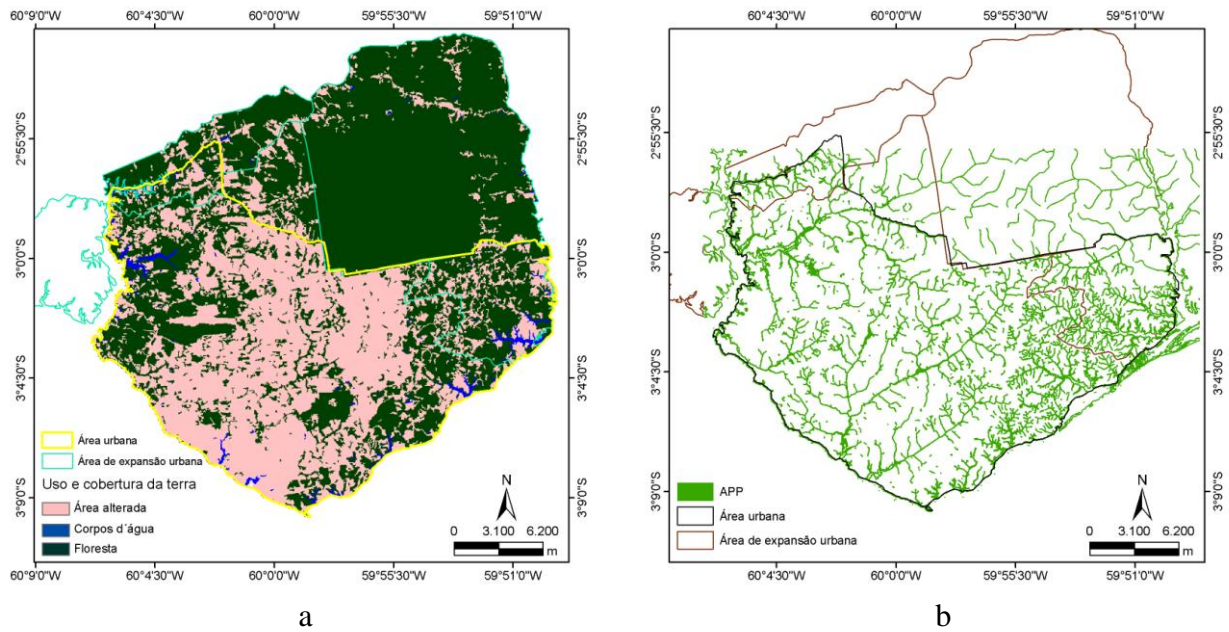


Figura 4. a) Mapa de uso e cobertura da terra. b) Mapa das áreas de preservação permanente.

A técnica de suporte a decisão AHP obteve uma razão de consistência de 0,027 o que é considerado altamente adequado, segundo Câmara et al (1996). As áreas potenciais para corredores ecológicos obtiveram valores entre 0.009420 e 0.942000 onde a mínima e a máxima podem variar entre 0 e 1. Os valores obtidos foram fatiados em 3 classes (0-0,5; 0,5-0,75 e 0,75-1,0).

Os resultados da integração dos dados (Figura 5a e Tabela 1) demonstraram que na área de estudo a criação de corredores ecológicos é complexa. A cidade possui um alto grau de fragmentação florestal, as áreas de preservação permanente estão alteradas e há um grande número de avenidas (Figura 5b) que inviabilizam a conexão entre os remanescentes florestais.

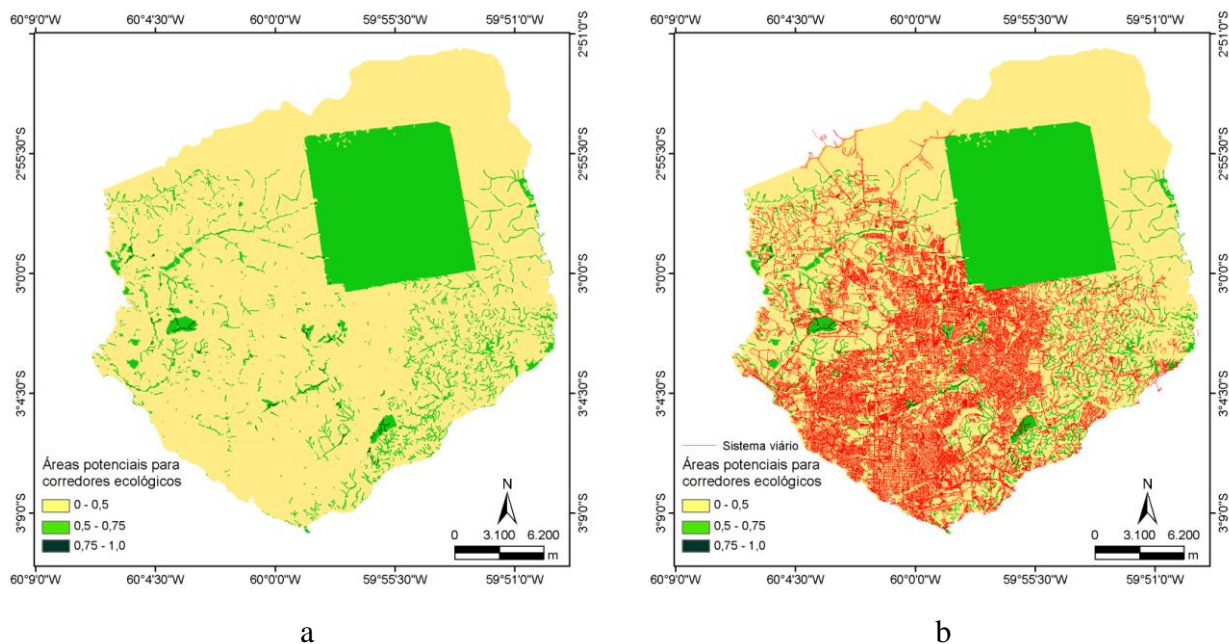


Figura 5. a) Áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos em Manaus. b) Áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos em Manaus e o sistema viário.

Tabela 1. Cálculo de área dos locais potenciais para estabelecer corredores ecológicos

Classes	Área (km ²)	%
0-0,5	584.0043	79,05
0,5-0,75	148.9275	20,16
0,75-1	5.8183	0,79

Na cidade de Manaus é necessário a implementação de planos de recuperação de áreas degradadas, podendo ser uma das formas de maximizar a conectividade entre esses fragmentos. Em algumas áreas da cidade há um potencial para a criação de corredores ecológicos como na zona leste de Manaus conectando a Reserva Adolpho Ducke a áreas florestais a bacia do Puraquequara, na zona Noroeste e Oeste interligando a esta Reserva a bacia do Tarumã. Contudo, esses locais são cruzados por ruas e avenidas, além de serem áreas de expansão urbana, o que inviabiliza a criação de corredores ecológicos (Figura 5b).

No ano de 2007 a Prefeitura Municipal de Manaus criou o Corredor Ecológico do Igarapé do Mindú. Com sete quilômetros de extensão, o Mindú ocupa quase um quarto do território da capital do Amazonas e é o mais expressivo curso d'água na área urbana de Manaus. Quase 30% da população de Manaus vivem no entorno desse igarapé. A criação do Corredor Ecológico do Mindú resultou de parceria entre a SEMMAS e o Ministério do Meio Ambiente (MMA). A idéia surgiu a partir do Projeto Corredores Ecológicos, um componente do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras do Ministério. Esse corredor ecológico foi cortado pela Avenida das Torres, esta nova via inicia no bairro Coroadó, passa pelo Parque das Laranjeiras e estende-se até a zona Norte da cidade.

4. Conclusões

As técnicas de geoprocessamento permitiram a análise integrada da paisagem de Manaus, foram eficientes para mapear os locais potenciais para a criação de corredores ecológicos.

Ainda que exista uma legislação ambiental que trata da conservação de florestas em áreas urbanas e a criação de áreas de preservação permanente, essa legislação não é cumprida em seu rigor na cidade de Manaus. A vegetação é retirada das margens dos igarapés para a ocupação urbana por empreendimentos autorizados ou por invasões.

Na área de estudo devido ao alto nível de fragmentação florestal, a existência de ruas, avenidas e rodovias não é possível estabelecer corredores ecológicos. Para a criação desses corredores é necessário políticas públicas para a recuperação da vegetação ao longo dos igarapés, conservação dos fragmentos florestais, criação de novas áreas protegidas dentro da área urbana de Manaus.

Novos estudos são necessários para verificar aqueles fragmentos florestais que devem ser manejados e conservados, além de pesquisas sobre as áreas onde deve haver um plano de recuperação da mata ciliar para a criação de corredores ecológicos.

Agradecimentos

Agradecemos a bolsa de Iniciação Científica – CNPq/PIBIC/UFAM disponibilizada para o primeiro autor. Projeto financiado pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo 473603/2008).

Referências Bibliográficas

Amazonas. *Unidades de Conservação do Estado do Amazonas*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Manaus: SDS/SEAP, 2007. 85p.

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

Carneiro, A. *Manaus: Fortaleza extrativismo – cidade, um histórico de dinâmica urbana amazônica. Espaço e doença: Um olhar sobre o Amazonas*. p.161 – 165. 1998.

Costa, L.A.; Alves, J.L.; Bühring, R.; Batista, M.A.A.; Tello, J.C.R. Uso de sistema de informações geográficas (SIG) como apoio ao estudo de florestas urbanas na cidade de Manaus, Amazonas. In: VIII Seminário de atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas aplicados à engenharia florestal. *Anais...* Curitiba, PR. p.241-247, 2008.

Gascon, C.; Laurance, W.F.; Lovejoy, T.E.; Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia central, In: Conservação da biodiversidade de ecossistemas tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento, pp. 112-127, Editora Vozes, Petropolis, Brazil, 2002.

Gascon, C.; Tabarelli, M; Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. Recife. UFP, 2005.

Gibbs, J.P. Demography versus habitat fragmentation as determinants of genetic variation in wild populations. *Biological Conservation*. v.100, p.15-20. 2001.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). *Levantamento de recursos naturais*. Manaus: Projeto RADAM, DNPM, Ministério das Minas e Energia, 1978 v.18.

Martins, A.K.E.; Neto, A.S.; Martins, I.C.M.; Brites, R.S.; Soares, V.P. Uso de um Sistema de Informações Geográficas para indicação de corredores ecológicos no município de Viçosa - MG. *Revista Árvore*, v.22, n.3, pp.373 - 380, 1998.

Nunes, G.M.; Souza Filho, C.R.; Vicente, L.E.; Madruga, P.R.A.; Watzlawick, L.F. Sistemas de informações geográficas aplicados na implantação de corredores ecológicos na sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim (RS). *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12. Goiânia, 2005, p. 3183-3189.

Rocha, C.C.; Silva, A.B.; Nolasco, M.C.N.; Franca-Rocha, W. Modelagem de Corredores Ecológicos em ecossistemas fragmentados utilizando Processamento Digital de Imagens e Sistemas de Informações Georreferenciadas. *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13. Florianópolis, 2007, p. 3065-3072.

Sanches et al. Análise ambiental e de sustentabilidade do estado do Amazonas. Colección Documentos de Proyectos (CEPAL). Nações Unidas, Santiago, Chile, 2007, 202p.