



# AVALIAÇÃO DE FRAGMENTOS DE FLORESTAS PARA O DESENHO DE ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE FAUNA SILVESTRE NO RESGATE DE FAUNA SILVESTRE EM PROJETOS HIDRELÉTRICOS, ESTUDO DE CASO

Jaime E. Badel Mogollón\*

Luis Carlos García Lozano\*\*

\**Biólogo (Universidad de Antioquia, Medellín, Colômbia), Doutorando em Geografia Física (Depto. de Geografia Física da FFLCH –USP). Fundação Neotrópicos, Medellín, Colômbia.*

*jaime.badelp@usp.br*

\*\**Ecólogo, PhD. Ecologia e Biogeografia (Universität des Saärlandes, Alemanha). Fundação Neotrópicos, Medellín, Colômbia.*

## INTRODUÇÃO

É conhecido o alto impacto que reservatórios ocasionam na flora e fauna local e seus habitats, tanto no vetor espacial quanto temporal. Esses projetos exigem ações e programas de mitigação desses impactos diante a iminência da inundação de habitats terrestres, incluindo certa criatividade na hora de fazer a abordagem conceitual e metodológica para o problema. A equipe de trabalho da Fundação Neotrópicos desenvolveu um método original de resgate de fauna através do desenho e execução de vários trabalhos dessa índole (Urrá I e suas diferentes fases, Miel I em suas diferentes fases), que inclui ações tanto *ex ante* e durante o processo de inundação da área da lagoa, quanto *ex post* a tal inundação. Este resumo descreve uns dos aspectos abordados dentro da formulação da proposta para o desenho do plano de resgate que iria ser feito na Hidrelétrica Miel I, cuja área do reservatório naquele momento (ano 2001) estava próxima a ser inundada (prevista para o ano 2002).

Tal abordagem inclui nas suas linhas gerais três aspectos: 1) baseia - se no afugentamento preventivo da fauna mediante a perturbação planejada dos habitats localizados no futuro reservatório, e o direcionamento da fauna para áreas semelhantes que possam substituir os habitats originais dessas espécies 2) baseia - se nos conceitos da teoria da biogeografia insular para avaliar a perda de habitats e fauna, e ainda as possibilidades de sucesso de alojamento e persistência das espécies na periferia do reservatório e 3). Utilização de videogramas digitais captados em sobrevôos a baixa altitude, para elaborar cartografia de biótopos para a definição das áreas que potencialmente podem receber dita fauna. Este trabalho se focaliza nesse último aspecto.

Dentro do desenho do plano de resgate da fauna vertebrada terrestre localizada na área alagável, foi necessário definir as áreas receptoras dos animais que iriam ser deslocados de dita área, levando em conta que tal desenho deveria obe-

decer às condições reais de tais fragmentos, que na prática significa o melhor proveito e otimização das condições *menos desfavoráveis* (ou, dito de outra forma, das condições mais favoráveis dentro do contexto geral desfavorável do evento todo), ajustados aos modelos teóricos que enfatizam as condições ideais para a conservação. Entre os autores que foram abordados para a definição das áreas de reserva temos Burkey (1989), Clark (1989), Diamond (1975, 1976), DB - SIG Geólogos Consultores Ltda (2000), Dinerstein *et al.*, (1995), Drews (1999), Ellstrand (1993), Fosberg (1970), Gallopín (1983), Hellawell (1977), Janzen (1987), MacArthur (1972), MacArthur & Wilson (1967), Neotrópicos (1996, 1997, 1998, 2000, 2001), Pickett & Thompson (1978), Pickett & White (1985), e Pickett, *et. al* (1989). A definição foi feita com uma série de critérios que incluíram os seguintes indicadores: *perda de habitat* aos níveis de micro e macro - escala, *tamanho das áreas receptoras*, *contigüidade dos blocos de habitat natural da fonte de propágulos*, e por fim, *fragmentação e degradação dos habitats*.

## OBJETIVOS

Comparar, do ponto de vista da distribuição espacial dos fragmentos florestais e riqueza de espécies, a área do reservatório da Hidrelétrica Miel I e as áreas pré - definidas como receptoras da fauna que seria deslocada pela inundação, a fim de definir a potencialidade dos fragmentos florestais da segunda para receber organismos, de acordo com critérios tais como tamanho, forma, continuidade, contigüidade e grau de fragmentação e degradação dos habitats, como medida de mitigação de perda local de espécies.

## MATERIAL E MÉTODOS

**1 Contexto geográfico e ecológico.** A Central Hidrelétrica Miel I (posteriormente reomeado como Amaní), localiza-se entre 05o30'18" e 05o33'54" de Latitude N, e 74o53'42" - 74o06'06" de as Longitude W, no departamento (Estado) de Caldas, Colômbia. Trata-se de uma área Tropical húmida, no sistema de classificação de Köppen, numa posição relativamente central da área andina na Cordilheira Ocidental. A altura máxima da coluna de água e lâmina de água de 188 m de altura (a segunda mais alta do mundo) e 1.220 ha respetivamente; a represa localiza-se entre as cotas 257,5 e 445,5 m.s.n.m. A área pertence à ecoregião Habitats montanos andinos no norte de América do Sul, definida como uma ecoregião de alta prioridade de conservação (Dinerstein, *et al.*, 1995). O reservatório é formado por três rios: La Miel (principal), Moro e Santa Bárbara, todos eles de calha estreita e formando cânions de encostas íngremes, dando a ela, uma vez concluída a inundação, um formato de "rio largo".

**2 Critérios de avaliação.** Dentro dos critérios de avaliação das áreas receptoras usaram-se indicadores derivados da teoria do equilíbrio da biogeografia insular, que prediz o efeito do tamanho da ilha (hábitat isolado), onde as taxas de extinção são mais altas nas ilhas (hábitats) pequenas, ou seja,  $S_p < S_g$ ; e o efeito da distância à fonte de espécies, onde as taxas de imigração são mais altas nas ilhas (hábitats) próximas. Além disso, as áreas foram avaliadas segundo os seguintes critérios: *Perda de hábitat* (micro- e mesoescala), escalar cujo complemento é a área de fragmentos de habitat natural em processo de colonização (ilhas); *área e contigüidade de blocos de hábitat natural* (macroescala), escalar equivalente ao tamanho da fonte de propágulos para dispersão até as ilhas - habitat; *fragmentação e degradação*, escalar equivalente à distância inter-ilhas e de estas com a fonte de propágulos; *taxa de conversão*, vetor conformado por dois componentes complementários, por um lado a taxa de desaparecimento de habitat natural e por outro lado a taxa de sucessão nos fragmentos de habitat. Este vetor tem efeitos sobre a magnitude dos escalares anteriores; e por último, *grau de proteção*, vetor conformado por dois componentes, taxas de extinção de espécies e taxas de colonização, equivale a modificações exógenas sobre o vetor natural determinado pelas magnitudes dos escalares anteriores.

**2.1 Perda de hábitat.** a) *Riqueza de espécies e vertebrados terrestres exclusivos:* Os cálculos feitos através de amostragens ex ante à inundação indicaram que a perda de riqueza de espécies na área a ser inundada seria menor que a esperada à área equivalente por cima da cota máxima de inundação, por causa da presença de habitats mais degradados na primeira. Não houve presença significativa de vertebrados terrestres exclusivos, podendo ser realocadas tais espécies nas caudas da hidrelétrica, caso houvesse necessidade; b) *Amplitude de perda de espécies:* A proporção esperada de perda de espécies recebidas pelas áreas receptoras da zona a inundar, deduzida dos valores de riqueza observados (cAz), foi de 2,78%; a Amplitude Média de perda de espécies, relacionada com o tamanho dos fragmentos das áreas receptoras, foi menor do que o valor de z observado, o que quer dizer que estatisticamente a perda de espécies não seria significativa para esta zona nas condições atuais;

c) *Habitat ganho pela transformação de áreas sucessionais:* Existe toda uma faixa de pelo menos 100 m de largura ao redor da lagoa da hidrelétrica (chamadas de "zonas de amortecimento", embora não façam parte da área localizada debaixo da cota de inundação), pertencente à zona do projeto, que seria subtraído do uso agropecuário para um uso exclusivo à conservação. Essa faixa, que em total somaria aproximadamente 1700 ha de terreno, seria a área de habitats ganho com o decorrer do tempo. Outra consequência é ampliação do tamanho dos fragmentos de floresta já existentes, a redução da distância inter-fragmento (pela mesma ampliação das áreas florestais) e redução do número de fragmentos não aptos para manter espécies, já que muitos deles estão localizados dentro dessa faixa e ficariam unidos entre si na medida que a sucessão natural tomasse conta do terreno.

**2.2 Área e contigüidade de blocos de habitat natural.** Este tema, dentro do trabalho, foi desenvolvido do ponto de vista teórico e em linhas gerais, sendo que toda a informação disponível estava só ao nível de escala regional; de qualquer forma, tal exercício ajudou à contextualização do trabalho ao nível de escala local, no seu valor para a conservação de espécies e habitats a escala regional. A área localiza-se dentro da Ecoregião de interesse número 44 (Dinerstein *et al.*, 1995), reconhecidas dentro da faixa de Florestas montanas úmidas do vale do Magdalena, compreendendo uma área 49322 km<sup>2</sup>. A região apresenta uma alta taxa de perda de habitat (0,8\* segundo o índice estabelecido por Dinerstein *et al.*, 1995), composto por remanescentes habitats naturais contíguos pequenos, poucos e muito fragmentados, e com uma taxa de conversão anual de habitats naturais = 0,6, das mais altas do subcontinente e grau de proteção mínimo.

**2.3 Fragmentação e degradação.** A fragmentação e degradação foi medida pelo uso e cobertura vegetal, de acordo com a *distância inter-ilhas e destas até a fonte de propágulos*. A classificação seguiu o seguintes grupos: manchas de mata em estágios sucessionais tardio de diferentes tamanho, manchas de mata em estágio sucessionais inicial e matriz de pastagem e cultivos. Cabe ressaltar que a área de trabalho não contava com áreas de florestas primárias. Porém, existe uma fonte de propágulos advindas de florestas primárias relativamente próximas a ela.

\*Valores correspondem a índices definidos pelo autor, não sendo porcentagens.

## RESULTADOS

**1 Distribuição de frequências do Tamanho dos fragmentos.** De acordo com o tamanho, os resultados foram os seguintes: O número de hectares totais de fragmentos na área a inundar foi de 1078, no entanto que o número de fragmentos na área receptora de fauna foi de 2294. O tamanho em conjunto dos fragmentos na área a inundar foi estimada em 47% do tamanho em conjunto das áreas receptoras. Quanto ao *Tamanho crítico dos fragmentos*, estimou-se como um tamanho relativo, submetido aos tipos de espécies documentadas e suas respectivas amplitudes de habitat. De acordo com isso, encontrou-se que por cada hectare a inundar é necessário 0,5 ha de mata

na área a não inundar para receber a fauna residente na primeira, entando que o tamanho crítico estimado foi de 4,0 ha. Quanto à *distribuição espacial dos fragmentos*, a análise foi feita de acordo com as distâncias euclidianas entre os centroides dos polígonos, para o qual usou - se cartografia 1:25.000. A significância estatística para o ajuste a uma distribuição de Poisson foi feita mediante  $\chi^2$  (chi quadrado), de acordo com a diferença dos valores da média ( $\mu$ ) e desvio padrão ( $s^2$ ) das distâncias, onde a distribuição foi determinada como: a) *Aleatória*, quando qualquer ponto podia alojar um fragmento, b) *agregada*, quando fragmentos tenderam a formar conjuntos e os conjuntos estavam isolados uns dos outros, e c) *hiperdispersos*, quando as distâncias entre fragmentos foram maiores que as distâncias esperadas caso os fragmentos estivessem aleatoriamente distribuídos. A diferença dos valores entre  $\mu = s^2$  foi avaliada assim: se  $\mu = s^2$ ,  $\mu / s^2 = 1$ , distribuição aleatória; se  $\mu / s^2 < 1$ , distribuição agregada; Se  $\mu / s^2 > 1$ , distribuição hiperdispersa. A prova de variância ( g. l. = n - 1 ;  $X_{20,95}$ ) foi uma prova de uma cauda, pois interessava distinguir a direção da diferença entre  $s^2$  e  $\mu$ , ou seja, se  $s^2 > \mu$  ou se  $s^2 < \mu$ , lembrando que as probabilidades da distribuição de Poisson estão dadas pela seguinte equação:  $P(X=k) = e^{-\mu} \mu^k / k!$ , lêia - se “probabilidade de que uma variável aleatória X (neste caso a distância entre duas manchas) tome um valor de k, é igual a...”.

**2 Setorização:** A finalidade da setorização da área de trabalho foi ter um bom controle sobre o direcionamento da fauna que iria ser despejada sob a cota de inundação. Neste caso, a área de trabalho foi dividida em três setores, onde o setor mais comprido foi subsetorizado (faixa correspondente ao rio La Miel) a fim de aprimorar o controle dos fragmentos. Tal subsetorização foi feita de acordo com acidentes naturais ou artificiais que indicassem uma barreira significativa entre os grupos de fragmentos (num eventual deslocamento natural da fauna local), como por exemplo a presença de formações rochosas ou a mesma matriz de pastagem.

**3 Avaliação:** A avaliação foi feita de acordo com os postulados de Diamond (1975), enquanto ao tamanho (quanto maior, melhor), continuidade (quanto mais contínuos, melhor), distância (quanto mais próximos, melhor), equidistância (quanto mais equidistantes, melhor), contigüidade (quanto mais contíguos, melhor), e forma (quanto mais arredondados, melhor). No *Rio La Miel*, a disposição dos fragmentos segue o formato da represa (alongado), que resultou numa grande vantagem para a definição das áreas de reserva, posto que cada fragmento receptor iria receber fauna de um fragmento a inundar vizinho (porém, do ponto de vista teórico, seria um formato não desejável). Além disso, foram achados os seguintes arranjos desejáveis para a recepção de fauna: 1) distribuição, agregada na maioria dos subsetores, 2) distância e 3) equidistância, que favorecem a sustentação da riqueza de espécies, e ainda 4) contigüidade dos fragmentos. Entre os Arranjos achados não desejáveis encontram - se: 1) tamanho dos fragmentos (tamanhos menores ao tamanho crítico), 2) continuidade e 3) forma.

As condições favoráveis encontradas no *rio Moro* foram: 1) Distribuição agregada, 2) distância e equidistância, e 3) contigüidade (favorecendo o fluxo de organismos en-

tre fragmentos). As condições desfavoráveis encontradas foram: 1) tamanho dos fragmentos (57% dos fragmentos são de tamanhos inferiores ao crítico), 2) continuidade e 3) forma. As condições favoráveis encontradas no *rio Santa Bárbara* foram: 1) distribuição agregada, 2) distância, 3) equidistância e 4) forma (favorecendo a sustentação da riqueza de espécies) e 5) contigüidade. As condições desfavoráveis encontradas foram: 1) tamanho dos fragmentos (mais do 50% dos fragmentos são de tamanhos inferiores ao tamanho crítico) e 2) continuidade.

## CONCLUSÃO

Em termos gerais, a distribuição espacial (incluindo distância, equidistância, e contigüidade dos fragmentos) favorece a recepção de fauna. Porém, nem o tamanho nem a forma dos fragmentos resultam ideais para garantir a preservação das populações de animais, pelo que deve - se esperar um processo intenso de competição pelos recursos (espaço, alimento, refúgio, etc) ao curto prazo, e, conseqüentemente, perda localizada de espécies.

Para mitigar tais efeitos negativos é necessário incluir como parte do monitoramento posterior, a gestão e execução de programas de recuperação ativa (artificial) das áreas fragmentadas durante pelo menos os 20 anos seguintes, e o monitoramento da restauração passiva (natural), pelo menos durante a vida útil do reservatório (entre 70 - 90 anos aproximadamente), dessa forma seria possível diminuir a taxa de extinção local calculada (2,78%). Embora a taxa de extinção local não tenha sido estatisticamente significativa, deve - se esperar que as espécies afetadas sejam justamente aquelas de maior valor ecológico ou para a conservação, quer dizer aquelas de maior especialização aos habitats que definitivamente iriam desaparecer sem possibilidade de re - criação nas novas condições que imporia a lagoa (ex., espécies próprias de áreas rochosas e íngremes submersas).

Do ponto de vista da estratégia abordada, os resultados obtidos indicaram que a disposição espacial dos fragmentos de mata receptores resultaram ideais para o trabalho de afugentamento e realocação de organismos, devido à continuidade entre as áreas a inundar e a não inundar. Isso evitaria a realocação de fauna em ambientes desconhecidos para ela e a fragmentação de populações; na maioria dos casos os fragmentos estavam agregados, o que no seu momento reduziu a probabilidade de perda de espécies.

[Os autores agradecem especialmente ao Eng. Florestal Felipe de Araújo Sobrinho, pela revisão do texto em português]

## REFERÊNCIAS

- Burkey, Tormod Vaaland.** 1989. Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. *Oikos* 55: 75 - 81.
- Clark, J.S.** 1989. Ecological disturbance as a renewal process: theory and application to fire history. *Oikos* 56: 17 - 30.

- Diamond, Jared M.** 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographical studies for the design of natural reserves. *Biol. Conserv.* 7: 129 - 146. London, England
- Diamond, J.M.** 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science.* 193:1027 - 1032.
- DB - SIG Geólogos Consultores Ltda.** 2000. Zonificación por susceptibilidad a deslizamientos en el corredor perimetral del embalse Miel I y manejo de área de fluctuación, mapa de coberturas vegetales y uso actual del suelo. Escala 1:20000.
- Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A L., Primm, S. A ., Bookbinder, M. P. & Ledec, G.** 1995. A conservation Assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington: WWW & The World Bank.
- Drews, C (editor).** 1999. Rescate de fauna en el Neotrópico, iniciativas y perspectivas. Euna, HSI. 524 pp.
- Ellstrand, N.C. & D.R. Ellan.** 1993. Population genetic consequences of small population sizes: implication for plant conservation. *Annual review of ecology and systematics*, v.24, p.217 - 242.
- Fosberg, F. R.** 1970. A classification of vegetation for general purposes. En: *International Biological Program (IBP). Guide to the check sheet for IBP. Book 4.* Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Gallopín, Gilberto C.** 1983. Incertidumbre, Planificación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables. En: *Ecodesarrollo: el pensamiento del decenio.* Margarita Marino/Juan Tokatlian (Editores) pp 469 - 479. Inderena/PNUMA. Bogotá.
- Hellawell, J.M.** 1977. Change in Natural and Managed Ecosystems: Detection, Measurements and Assessment. *Proc. Royal Soc. London.*B.197:31 - 57.
- Janzen, Daniel H.** 1987. Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest: Growth. MS sin publicar. 28 pp.
- MacArthur, Robert H.** 1972. *Geographical Ecology: Patterns in the distribution of species.* Harper and Row. New York, NY. 269 pp.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O.** 1967. *The Theory of Island Biogeography.* Princeton University Press, Princeton.
- Neotrópicos.** 1996. Diseño del salvamento de flora y fauna, embalse Urrá I. Medellín, Informe final
- 1997. Salvamento de fauna zona de seguridad del embalse Urrá I. Medellín, Informe final
- 1998. Salvamento de fauna quebrada Urrá, embalse Urrá I. Medellín, Informe final
- 2000. Salvamento contingente de fauna embalse Urrá I. Medellín, Informe final
- 2001. Reinterpretación de inventarios faunísticos, zona de embalse Miel I. Medellín, Informe final
- Pickett, S.T.A., J.N. Thompson.** 1978. Patch Dynamics and the Design of Nature Reserves. *Biological Conservation* 13: 27 - 37.
- Pickett, S.T.A., P.S. White.** 1985. The ecology of natural disturbances and patch dynamics. **Pickett, S.T.A., P.S. White (Editores)**, Academic Press. 472 + xiv. Orlando, Florida, USA.
- Pickett, S.T.A., J.Kolasa, J.J.Armesto, S.L.Collins.** 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos* 54: 129 - 136.