



PROPOSTA DE MANEJO DAS RODOVIAS DA REBIO SALTINHO PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SOBRE A ANUROFAUNA DE SOLO

RESUMO

A principal ferramenta administrativa utilizada pelo governo brasileiro para a proteção da diversidade biológica é a criação de Unidades de Conservação. Para protegerem seus recursos, as Unidades de Conservação devem possuir um plano de manejo que leve em conta as peculiaridades locais para proteção dos recursos naturais. A floresta atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados pela fragmentação de seu território. Essa fragmentação é intensificada pela construção de estradas, aumentando o efeito de borda sobre os fragmentos florestais. Esse trabalho objetivou complementar o plano de manejo da Reserva Biológica Saltinho – RBS, Pernambuco, visando a mitigar o impacto que as rodovias PE-060 e PE-076 causam sobre a anurofauna de solo, baseado nos resultados obtidos em pesquisa anterior e em vários trabalhos publicados em periódicos acadêmicos. Como medida de manejo, a RBS já apresenta redutores de velocidade e placas informativas de presença de animais silvestres, que não foram suficientes para evitar as colisões com esses animais. Devido ao papel das rodovias como principal corredor turístico para o litoral sul do Estado, é pode não ser viável a interrupção do fluxo de automóveis no local. Assim, sugerimos que o perímetro das rodovias seja cercado e que haja a implantação de túneis de passagem que permitam o deslocamento de animais de porte médio, sendo a cerca, um guia para tais túneis, considerando as rotas migratórias das espécies locais. São sugeridos sete túneis, dispostos em conformidade com o relevo local. Eles devem ter aberturas para iluminação e estar posicionados de modo a elevarem o assoalho da rodovia, criando novos redutores de velocidade. Esses túneis devem ser monitorados para fornecer informações sobre as espécies que os utilizam, a necessidade de enriquecimento ambiental, eficácia na redução da mortalidade, manutenção da conectividade e persistência do fluxo gênico entre as populações em cada lado das rodovias. O sucesso dessas passagens deve visar a proteção da diversidade biológica ocorrente na RBS em conciliação com o desenvolvimento econômico, devido à localização da Reserva, minimizando o prejuízo para ambos os lados.

PALAVRAS-CHAVE: Estradas; Atropelamentos; Anfíbios Anuros; Mata Atlântica.

PROPOSAL OF MANAGEMENT OF THE HIGHWAYS OF REBIO SALTINHO FOR MITIGATION OF THE IMPACT ON SOIL ANUROFAUNA

ABSTRACT

The main administrative tool used by the Brazilian government for the protection of the biological diversity is the creation of Units of Conservation. To protect its resources, the Units of Conservation must possess a management plan that has taken in account the local peculiarities for protection of the natural resources. The Atlantic forest is one of the ecosystems more threatened by the fragmentation of its territory. This reduction is intensified by the construction of roads, which increase the edge effect on the forest fragments. This paper aimed to complement the management plan of the Biological Reserve Saltinho - RBS, Pernambuco, aiming to mitigate the impact that highways PE-060 and PE-076 cause on leaf litter anurofauna, based in the results gotten in previous research and some works published in scientific papers. As measure of management, the RBS already presents speed reducers and informative plates of presence of wild animals, that had not been enough to prevent the collisions with these animals. Due to the paper of the highways as main touristic corridor for the south coast of the State, it may not be viable the interruption of the flow of automobiles in the place. Thus, we suggest that the perimeter of the highways be surrounded with fences and be implanted underpasses that allow the displacement of animals of average size, the fence acting as a guide for such tunnels, considering the migratory routes of the local species. We suggest the installation of seven tunnels, in compliance with the local ground surface. They must have openings to illumination and be located in order to raise the floor of the highway, creating new speed reducers. These tunnels must be monitored to supply information on which species use them, the need of ambient enrichment, the effectiveness in the reduction of mortality, maintenance of the connectivity and persistence of the gene flow between the populations in each side of the roads. The success of these underpasses must aim the protection of the biological diversity that occurs in the RBS in conciliation with the economic development, due to localization of the Reserve, minimizing the damage for both sides.

KEYWORDS: Roads; Road Kill; Anurans; Atlantic Forest.

Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.2, n.2, novembro, 2011.

ISSN 2179-6858

SEÇÃO: Artigos

TEMA: *Gestão Ambiental*



DOI: 10.6008/ESS2179-6858.2011.002.0002

Edson Victor Euclides de ANDRADE

<http://lattes.cnpq.br/4445531431404459>
edvieuan@gmail.com

Geraldo Jorge Barbosa de MOURA

<http://lattes.cnpq.br/1348666346504103>
geraldojbm@yahoo.com.br

Recebido: 01/07/2011

Aprovado: 09/08/2011

Referenciar assim:

ANDRADE, E. V. E.; MOURA, G. J. B..
Proposta de manejo das rodovias da REBIO Saltinho para mitigação do impacto sobre a anurofauna de solo. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.2, n.2, p.24-38, 2011.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os princípios de proteção a natureza começaram na época colonial, pela carta Régia de 1797, que previa penas para quem danificasse as florestas da Capitania da Paraíba (QUINTÃO, 1983). Outras normas foram posteriormente expedidas para restringir a exploração de alguns recursos naturais, algumas delas conflitantes e mesmo impossíveis de cumprimento (BRITO, 2000).

Por volta dos anos 1876, iniciaram as movimentações políticas para a criação de Parques Nacionais e, entre 1930 e 1960 houve um grande impulso para a criação de mais de 16 Parques (BRITO; CÂMARA 1999). A criação dessas áreas era baseada na beleza cênica e não na idéia de um sistema integrado de conservação, mas era a principal ação governamental para a conservação (BRITO; CÂMARA, 1999).

No ano 2000, foi criado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – Snuc, criado pela Lei nº 9.985/2000 e regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.340/2002. O SNUC objetiva contribuir para manutenção da diversidade biológica, preservação de ecossistemas naturais e promover a utilização dos princípios e práticas da conservação da natureza no processo de desenvolvimento (Lei nº 9.985/2000).

Resultado dessa Lei é a criação das Unidades de Conservação – UC, que é definida como um (Lei 9985/2000, Art. 2º, Inc. I):

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Diversas modalidades de UC foram criadas, dentre as quais a Reserva Biológica – Rebio. A Rebio é uma UC de proteção integral, cujo uso dos recursos nela existentes se dá de forma indireta, e objetiva (Lei nº 9.985/2000):

Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.

As UC são a ferramenta governamental para proteção da Mata Atlântica, cuja área total estimada encontra-se reduzida a cerca de 5% do original (WILSON, 1997; MYERS et al., 2000) e, no nordeste, a cerca de 3% (TABARELLI et al., 2005). Esse percentual está distribuído na forma de pequenos fragmentos (SILVA; TABARELLI, 2000).

Esses fragmentos ficam imersos em uma matriz de ambientes não florestais (FORMAN; GODRON, 1986; FRANKLIN, 1993) e o contato da floresta com essa matriz promove alteração em vários parâmetros bióticos e abióticos do sistema (WIENS et al., 1993), conhecida como ‘efeito de borda’ (MURCIA, 1995; PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Um fator importante por intensificar esse efeito de borda é a construção de estradas (FORMAN; DUBLINGER, 2000; TROMBULACK; FRISSEL, 2000). Além dos efeitos de borda, as estradas causam efeitos específicos relacionados ao tráfego de veículos tais como aumento na luminosidade, ruídos e vibrações, conhecidos como 'efeito de estrada' (FORMAN; ALEXANDER, 2003). Esse efeito pode afetar a ocorrência de diversas espécies animais, em áreas adjacentes (GOOSEN, 1997),

A zona de efeitos de estrada é definida como a zona lateralmente influenciada por estradas (REIJNEN et al., 1995; FORMAN, 2000; FORMAN; DUBLINGER, 2000). Essa zona atinge distâncias de dezenas ou até centenas de metros da margem de uma estrada e geralmente apresenta baixas densidades e riqueza de espécies, quando comparadas a áreas-controle (FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Além da amplificação do efeito de borda (GOOSEM; 1997), as estradas, servirem como corredores, também aumentam a mortalidade da fauna devido ao atropelamento (SCHONEWALD-COX; BUECHNER, 1992), o que pode ser catastrófico para populações de animais (LANGTON, 1989).

Esse efeito negativo já é bastante reportado para vários táxons (GLISTA 2009) e, mesmo no Brasil, dados de mortalidade de animais por atropelamentos são bastante difundidos (BROTONS; HERRANDO, 2001; ROSA; MAUHS, 2004; PEREIRA et al., 2006; CHEREM et al., 2007; SILVA et al., 2007; TURCI; BERNARDE, 2009).

Nesse contexto, mensurar os efeitos das estradas torna-se essencial para formulação de planos de manejo mais eficientes para a conservação das espécies e dos ecossistemas (COLLI et al., 2003).

Os anfíbios anuros são considerados uma excelente escolha de bioindicadores para monitoramento de alterações ambientais (WELLS, 2007). Esses animais geralmente apresentam uma fase de vida larval (aquática) e outra adulta (terrestre) (DUELLMAN; TRUEB, 1994) o que os expõem a variantes ambientais nos dois sistemas (WELLS, 2007). Esses animais são altamente sensíveis às modificações ambientais (PHILLIPS, 1990; ALFORD; RICHARDS, 1999) devido a diversos aspectos de sua biologia, e por isso respondem rapidamente aos efeitos da fragmentação (VITT et al., 1990; SKELLY, 1996; WAKE, 1998; SPARLING et al., 2000; ANDREANI et al., 2003; JUNCÁ, 2006).

Um dos habitats ocupados por anfíbios é a serrapilheira, ambiente composto de material biológico precipitado no solo das florestas (CRUMP, 1974, DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997) Esse material cria um habitat para varias espécies de anuros (CRUMP, 1974, DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997), que desempenham papéis-chaves na dinâmica das comunidades de serrapilheira (FAUTH et al., 1989; VAN SLUYS et al., 2007).

Devido à sua grande sensibilidade, os anfíbios tem sofrido um declínio populacional que progride a uma alta taxa (BLAUSTEIN, 1994; HOULAHAN et al., 2000), com algumas estimativas de quase um terço da diversidade de anfíbios ameaçadas de extinção (STUART et al., 2004).

Muitas causas desse declínio têm sido propostas (ALFORD; RICHARDS, 1999), e é largamente aceito que a destruição de habitat é responsável por mais declínios que qualquer outro fator (BEEBEE; GRIFFITHS, 2005). Esse desmatamento exerce diferentes efeitos sobre as comunidades de anfíbios de florestas tropicais, como o aumento (HEANG et al., 1996; PEARMAN, 1997) ou a diminuição da riqueza em espécies de certos táxons (PEARMAN, 1997) e a diminuição da abundância (LANG, 2000). Esses táxons mais afetados podem ser utilizados como bioindicadores (VALLAN, 2000).

Diante da problemática apresentada este trabalho objetiva complementar o plano de manejo da Reserva Biológica Saltinho, ao apresentar sugestões técnicas baseadas em literatura científica para a mitigação do impacto causado pelas rodovias que a cortam, obtido a partir do uso de anuros como bioindicadores do efeito da estrada e do monitoramento da fauna atropelada, registrado por Andrade (2011).

METODOLOGIA

Área estudada

A Reserva Biológica de Saltinho (RBS), localizada no município de Tamandaré, litoral sul de Pernambuco, a cerca de 78km da capital, Recife, limitada nas latitudes 08°44'13 e 08°43'S e longitudes 35°10' e 35°11'W, foi criada pelo Decreto nº 88.744/1983, e se enquadra, no SNUC, como Unidade de Conservação de proteção integral, ocupando uma área de 475,21 ha, distribuídos em um formato piriforme (Figura 01).

A vegetação é formada por um remanescente de Mata Atlântica com cobertura florestal secundária Ombrófila Densa de Terras Baixas, que encontra-se em processo de regeneração desde 1923, hoje apresentando altura de dossel entre 20 e 30m (REBIO SALTINHO, 2003). Ainda compondo a RBS, o córrego Saltinho tem suas águas represadas em dois pontos contíguos, visando ao abastecimento hídrico do município de Tamandaré. O referido córrego tem seu início próximo aos limites da RBS, e atravessa toda a Reserva em grande parte de sua extensão, no sentido noroeste-sudoeste (REBIO SALTINHO, 2003).

A RBS é cortada por duas rodovias estaduais, que são a principal via de deslocamento para o litoral sul do estado: a rodovia PE-060, pavimentada, apresenta extensão de 3 km cortando da RBS no sentido norte-sul, e a PE-076, calçada, que apresenta extensão de 1,5 km cortando a RBS no sentido oeste-leste (Figura 01).

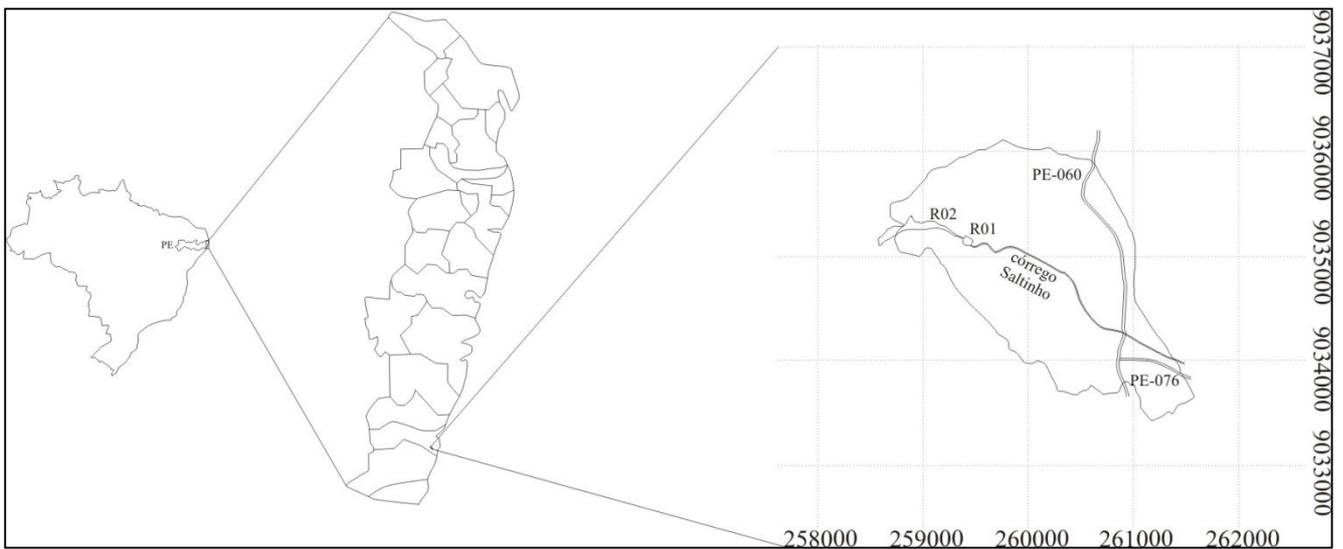


Figura 01: Localização da Reserva Biológica Saltinho, Pernambuco, Brasil.

Análise do Plano de Manejo da Reserva Biológica Saltinho

O Plano de Manejo da RBS foi analisado no que diz respeito às medidas de manejo referentes às rodovias, sob qualquer aspecto.

Obtenção de dados referentes aos efeitos das rodovias sobre anuros de solo

Os dados bióticos foram amostrados conforme Andrade (2011), e resumido abaixo.

Os anuros foram amostrados de janeiro de 2010 a janeiro de 2011, por meio de oito linhas de armadilhas que queda e contenção (pitfalls), composta de seis baldes interligados por cerca-guia. As linhas foram instaladas na borda natural (duas no primeiro represamento), no centro da mata (duas) e a até cinco metros das margens das rodovias (duas em cada uma delas).

No mesmo período, as rodovias foram percorridas a pé no trajeto das linhas, e de carro, nos demais trechos, a baixa velocidade (cerca de 40 km/h) visando ao registro da fauna anurofauna atropelada.

Foram medidos a temperatura do asfalto em cada rodovia, com o uso de Termohigrometro digital, e o nível de ruído, por meio de Decibelímetro digital. As medidas de temperatura foram tomadas entre nove e onze horas da manhã, e as medidas de ruído, por meia em dois momentos de pico do dia: entre as nove e as dez, e à noite, entre as 18h e as 19h. Uma média da temperatura foi calculada para descrever esse parâmetro, e os valores mínimos e máximos de decibéis, registrados.

Levantamento bibliográfico e análise do plano de manejo

Foi realizada busca bibliográfica sobre a problemática nas plataformas *web of science*, *scirus.org* e no Portal de Periódicos da Capes. Nas plataformas de busca, foram utilizadas como palavras-chave: *anurans*, *road effect*, *Road+mortality*, *herpetofauna*, *conservation*, *amphibians*, *reptiles*, *traffic*, *Road + mammals*, *roads+birds*, estradas, efeito de borda, rodovias, atropelamentos.

Os dados encontrados foram utilizados para tecer as sugestões ao plano de manejo da Reserva Biológica Saltinho, no sentido de implementação de métodos de mitigação dos efeitos das rodovias sobre os animais estudados por Andrade (2011).

RESULTADOS

Andrade (2011) reporta que as armadilhas capturaram 245 animais, distribuídos em 14 espécies tolerantes a áreas impactadas. Houve diferenciação entre centro e bordas, mas as bordas das rodovias não diferiram das bordas naturais.

Na PE-060 foram registrados nove anuros: seis espécimes de *Rhinella margaritifera* e três de *R. jimi*. Na PE-076, 11 anuros atropelados foram registrados anfíbios anuros: seis exemplares de *Leptodactylus marmoratus*, três de *R. jimi*, um de *R. margaritifera* e um de *Chiasmocleis alagoanus*, este último representando o segundo registro para o Estado de Pernambuco (ANDRADE, 2011).

A PE-060 apresenta temperatura média de 30.8°C, e gera um impacto sonoro de cerca que varia de 44.4 a 83.7 decibéis; e a rodovia PE-076, calçada, apresenta extensão aproximada de 1,5 km dentro da RBS. Apresenta temperatura média de 30.2°C no calçamento, e gera um impacto sonoro de 48.6 a 89.8 decibéis.

O manejo das Rodovias PE-060 e PE-076 proposto no Plano da RBS envolve: cercamento de seu perímetro, realização de aceiro às suas margens, instalação de redutores eletrônicos de velocidade, negociar junto ao Departamento de Estradas e Rodagem (DER) de Pernambuco que seja evitada a duplicação da PE-060 pela área da RBS e a criação de uma rota alternativa para acesso ao Município de Tamandaré, principal objetivo do tráfego pela rodovia, principalmente em alta estação (REBIO Saltinho 2003).

Além dessas medidas descritas, a RBS instalou placas informativas sobre a travessia de animais silvestres, visando a prevenir os condutores a diminuir a velocidade dos automóveis. São seis placas com ilustrações representando animais, e quatro com as escritas "DEVAGAR ANIMAL SILVESTRE".

DISCUSSÕES

A Lei 9985/2000 define plano de manejo como sendo um documento técnico, mediante o qual, com fundamentos nos objetivos gerais de uma UC, se estabelece, dentre outras coisas, o manejo dos recursos naturais.

Nesse processo, a implementação deste plano deve levar em conta as necessidades tanto das populações tradicionais presentes no local, como as exigências ecológicas das espécies lá presentes.

A distribuição dos anuros nas parcelas indicou a ausência de uma região de centro de mata na RBS e que rodovias que a cortam tem efeitos semelhantes a uma borda sobre a distribuição da anurofauna e, nem mesmo os efeitos exclusivos da estrada influenciam a distribuição das espécies de anuros encontrados (ANDRADE, 2011).

Isso indica que aparentemente os anuros que habitam a serrapilheira da RBS não são afetados pelos distúrbios ambientais oriundos da proximidade com as rodovias (temperatura mais alta, alto nível de ruído) (SCHONEWALD-COX; BUECHNER, 1992), ao contrário do já reportado para pássaros canoros (FORMAN et al., 2003; RHEINDT, 2003; KATTI; WARREN, 2004).

Porém, essa ausência de efeito deve ser interpretada com cuidado, considerando que os anuros encontrados são tolerantes aos distúrbios, e não que a estrada em si não cause efeitos negativos.

Além da amplificação do efeito de borda (GOOSEM, 1997), as estradas também afetam negativamente a anurofauna da RBS ao causarem a morte por atropelamento de animais silvestres. Por servirem também como corredores para animais, estes acabam sofrendo atropelamentos (SCHONEWALD-COX; BUECHNER, 1992), o que pode ser catastrófico para populações de animais (LANGTON, 1989).

Esse efeito negativo já é bastante reportado para vários táxons (GLISTA, 2009) e, mesmo no Brasil, dados de mortalidade de animais por atropelamentos são bastante difundidos (BROTONS; HERRANDO, 2001; ROSA; MAUHS, 2004; PEREIRA et al., 2006, CHEREM et al. 2007, SILVA et al., 2007; TURCI; BERNARDE, 2009).

Os anfíbios são bastante afetados, embora ainda sejam considerado um pouco documentado em relação aos atropelamentos (GLISTA, 2007). No presente trabalho, registramos atropelamentos de espécies comuns e que também podem ser associados a áreas abertas, mas é importante destacar o registro de atropelamento de um espécime de *Chiasmocleis alagoanus*. A espécie é listada como “dados deficientes” pela IUCN em virtude de ter sido recentemente descrita (CRUZ et al., 1999) e por possuir muito pouca informação sobre sua distribuição geográfica e requerimentos ecológicos (FREIRE; SILVANO, 2004), nesse trabalho foi registrada pela segunda vez no Estado (SANTOS; AMORIM, 2010).

Diante desses fatos já relatados, medidas de manejo das rodovias visando à conservação da anurofauna que existe na área devem ser tomadas, e sugestões baseadas em experiências já relatadas na academia são feitas no próximo tópico.

Sugestões de manejo das rodovias

Vários tipos de medidas mitigadoras são usadas para reduzir o efeitos das estradas e a mortalidade que elas causam sobre as populações naturais. Em geral, esses enfoques caem em duas categorias: modificação do comportamento do motorista ou modificação do comportamento dos animais.

Geralmente, a modificação do comportamento dos motoristas envolve limites de velocidades e sinais, enquanto a modificação no comportamento dos animais envolve alteração no habitat ou a instalação de estruturas de travessia para animais (ROMIN; BISSONETTE, 1996; FORMAN et al., 2003).

A mitigação do impacto causado por estradas é usualmente realizada pela implantação de estruturas que facilitem de forma segura a travessia ou impeçam a passagem da fauna pela estrada, levando-se em conta o tipo de fauna impactada, o tipo de vegetação nas margens da rodovia e o relevo local.

Um dos procedimentos efetivos para prevenir mortalidade nas estradas envolve o fechamento das rodovias durante um certo período do ano, de modo a permitir deslocamentos previsíveis de algumas espécies (PODLOUCKY, 1989; SEIGEL, 1986). Esse procedimento permite a manutenção de rotas migratórias, reduz o índice de mortalidade por atropelamento e diminui o nível de ruídos aos quais os animais estão submetidos ao se moverem próximo das estradas. Na RBS, relatos dos seguranças e mateiros informam que durante o início-meio da estação de chuvas eles presenciaram a travessia de vários jacarés-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) na rodovia PE-060. Nenhuma medida de proteção foi tomada, de acordo com os relatos.

Esses grupos de jacarés-do-papo-amarelo eram normalmente compostos de um animal adulto (provavelmente a fêmea) com vários filhotes. Durante o período de estudo, não presenciaramos o fenômeno, e os seguranças relataram que ele não havia acontecido. Resta clara a necessidade de maior investigação quanto á periodicidade dessa ocorrência, para uma possível interrupção do fluxo na PE-060 para evitar a mortalidade desses animais. Importante atentar para o fato de que a interrupção do fluxo em virtude de um deslocamento conhecido de uma determinada espécie deve ser acompanhado de uma ação de proteção, de modo a evitar a captura dos animais ao passarem por uma rota conhecida pela população em virtude da ação de interrupção motivada da estrada.

O procedimento de cercar o perímetro das rodovias poderá intensificar o isolamento causado por estas, ao impedir também o fluxo de organismos que tolerem as condições abióticas criadas pelas estradas, tais como os mamíferos *Cerdocyon thous* (Carnivora), *Didelphis albiventris* (Didelphiomorpha) e *Callithrix jacchus* (Primates), que foram registrados atravessando as rodovias no chão, ou suas carcaças atropeladas. Espécies de *Rhinella* gr. *margaritifera* foram avistados em diversas vezes se deslocando pela rodovia PE-076, e a serpente *Liophis almadensis* foi encontrada por diversas vezes atropelada na rodovia PE-060.

A instalação da cerca objetiva impedir ou dificultar o acesso à floresta por pessoas que transitem pela rodovia, uma vez que esta facilita a ocorrência de remoção de fauna e flora, e queimadas (REBIO SALTINHO, 2003).

Se este cercamento se mostra a única alternativa viável administrativamente, sugere-se a construção de túneis associados a ela que cruzem as rodovias, e permitam a passagem de animais de porte-médio, em acordo ao apresentado por Romin e Bissonette (1996). Alguns trabalhos reportam o auxílio desses túneis no deslocamento da fauna, em intensidades diversas dependendo do grupo (HUNT et al., 1987, YANES et al., 1995).

A cerca instalada serve como guia para as aberturas das passagens, não devendo interferir na acessibilidade a essas passagens, assim como deve prevenir a escalada por parte dos animais, prover abrigo e sombra.

Brehm (1989) relata que uma cerca de 40 cm altura dobrada no seu limite superior impediu que anfíbios escalassem-na e alcançassem a rodovia, assim como permitiu que aqueles organismos na rodovia a escalassem e voltassem para a área da floresta. Essa dobra no limite superior também impediu a passagem de répteis (DODD et al., 2004). Os ligamentos entre a cerca e os túneis de passagem devem ser selados e alisados para evitar injúrias aos animais que os utilizarem. Para evitar manuseios constantes, as estruturas devem ser construídas com material resistente, para minimizar a necessidade de manutenção.

Essas cercas devem ser instaladas na direção das rotas migratórias que existam para as espécies locais, assim como serem longas o bastante para prevenir que animais simplesmente alcancem as estradas ao alcançarem os limites laterais da cerca. Aresco (2003) registrou que estendendo os limites da cerca por alguns metros perpendicularmente à sua extensão, no sentido do interior da mata, preveniu que espécies de Testudines alcançassem a rodovia.

Essas cercas se conectariam aos túneis de passagem, que proveriam uma passagem segura do animal através da rodovia e manteria a conectividade entre os habitats adjacentes à rodovia (FORMAN et al., 2003).

A instalação dos túneis ligando áreas secas a corpos d'água de reprodução, ou mesmo entre corpos d'água permite a coexistência do deslocamento de anfíbios com o tráfego nas estradas. Túneis permanentes permitiriam o deslocamento dos adultos até os sítios reprodutivos, o retorno desses às áreas de origem, assim como a emigração dos jovens recém-metamorfosados dos sítios de reprodução (PODLOUCKY, 1989).

Embora Eriksson et al. (2000) sugira que o mais adequado seriam vários túneis, distantes no máximo 30 m, para o relevo da RBS esta alocação não parece possível sem maiores e adicionais alterações do habitat. Nas margens da rodovia, o solo se eleva de forma abrupta, e em poucas áreas ele se apresenta na mesma altura da rodovia (Figura 02).

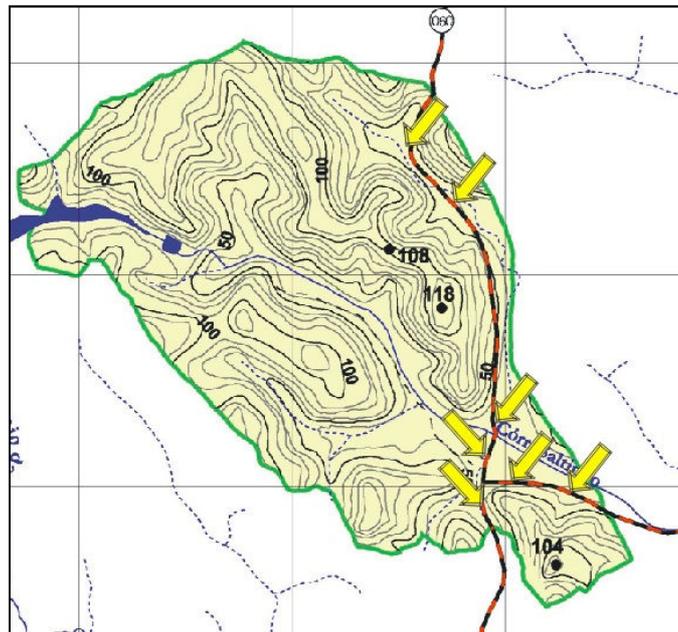


Figura 02: Mapa de relevo da Reserva Biológica Salinho, Pernambuco, indicando a sugestão de posicionamento dos túneis de passagem de fauna, considerando o relevo da região. **Fonte:** Adaptado de REBIO Salinho, 2003.

Assim, para seguir o proposto por Eriksson et al. (2000) seria necessária a redução da altura do solo nas áreas altas, gerando mais distúrbios. Nessas localidades, a cerca guiaria os animais até os túneis, que se apresentam próximos a córregos dentro da área da RBS, conforme ilustrado na Figura 03, com grandes chances de sucesso, uma vez que, segundo Brehm (1989), quanto mais próximos de corpos d'água, mais chance do túnel ser utilizado por anfíbios, ou mesmo répteis (DODD et al., 2004).

Um problema que pode vir da construção dos túneis é a escuridão que se formará dentro deles. Uma vez que a luz exerce um importante papel no deslocamento dos animais, a sua ausência pode resultar em hesitação das espécies em entrarem nos túneis, ou mesmo que eles entrem e depois retornem a entrada do túnel, sem atravessá-lo.

Jackson e Tynning (1989) relata a diminuição no tempo utilizado para cruzar túneis pela salamandra *Ambistoma maculatum* quando foram instaladas luzes artificiais.

O problema da iluminação pode ser tratado com a instalação de grelhas, o que maximiza a iluminação interna durante o dia, mantém a escuridão durante a noite, e ainda provem aeração e equilíbrio de umidade e temperatura (BREHM, 1989; LANGTON, 1989), provendo também sítios para termorregulação (KRIKOWSKI, 1989; JACKSON, 1996).

Alguns estudos revelaram que uma abertura maior que um metro de diâmetro são utilizados por mais espécies (YANES et al., 1995; JACKSON, 1999; ERIKSSON et al., 2000). A alocação desses túneis de passagem poderia conciliar com a necessidade de redução de velocidade na rodovia. A construção desses, em vez de ser direcionada totalmente para baixo (no nível da rodovia), poderia gerar uma elevação no assoalho da rodovia, obrigando os veículos que por lá passassem a reduzir a sua velocidade, além de não se apresentar como uma alteração de relevo para os animais que por lá passarem. Esse posicionamento também evitaria a retenção de água nesses túneis.

Atualmente, há limitação de velocidade de 60 km/h na rodovia, limitada por um único redutor de velocidade localizado próximo à entrada da sede da RBS. A redução na velocidade dos automóveis para passagem por cima dos túneis auxilia na redução de velocidade geral dentro da RBS, reduzindo a emissão de ruídos, que embora não interrompam o deslocamento (LANGTON, 1989), pode causar hesitação nos animais.

O monitoramento dessas estruturas pode fornecer informações sobre quais espécies as utilizam, a necessidade de enriquecimento ambiental do túnel (provendo abrigos e locais para esconderijos contra predadores, assim como sobre a eficiência de seu uso (YANES et al., 1995).

Little et al. (2002) relatam que as preferências das espécies em relação a tipos de passagens são variados, de modo que esquematizar uma solução para o problema em tela é complicado e requer experimentação para avaliar as respostas das espécies a vários parâmetros das passagens, considerando vários parâmetros: dimensão (Jackson 1999), grau de abertura (YANES et al., 1995), ruídos (LANGTON, 1989), umidade (BREHM, 1989), iluminação (JACKSON, 1996).

Forman et al. (2003) propõe critérios para avaliação do sucesso dessas medidas de mitigação de impacto: 1) redução da mortalidade por atropelamento, 2) manutenção da conectividade dos habitats, 3) persistência de fluxo gênico entre as populações, 4) atendimento às necessidades ecológicas das espécies, 5) manutenção das dispersões e recolonizações, 6) manutenção dos processos de metapopulação e das funções ecossistêmicas.

Assim, para avaliar o sucesso das passagens baseados nesses seis critérios, estudos precisam trabalhar em contexto populacional, trabalhando os critérios em maior escala de tempo, visando à proteção das populações ocorrentes na RBS em conciliação com o desenvolvimento urbano.

Essa conciliação se mostra necessária e indispensável, uma vez que o desenvolvimento econômico não deve parar, e a diversidade biológica deve ser protegida concomitantemente, minimizando o prejuízo para ambos os lados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFORD, R. A.; RICHARDS, S. J.. Global amphibian declines: A problem in applied ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.30, p.133-165, 1999.

- ANDRADE, E. V. E.. **Influência das Rodovias PE-060 e PE-076 sobre a anurofauna de solo na Reserva Biológica Salinho, remanescente de Floresta Atlântica no nordeste do Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- ANDRADE, E. V. E.; MELO, I. V. C.; LISBOA, E. B. F.; MOURA, G. J. B.. Herpetofauna of the Reserva Biologica Salinho. **Check List**. São Paulo, no prelo.
- ANDREWS, K. M.. **Interspecific comparisons of behavioral responses of southeastern snakes to roads**. Dissertação (Mestrado) – University of Georgia, Athens, 2004.
- ARESCO, M. J.. Highway mortality of turtles and other herpetofauna at lake Jackson, Florida, USA, and the efficacy of a temporary fence/culvert system to reduce roadkills. In. LEROY, I.; GARRETT, P.; MCDERMOTT, K. P.. **Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation**. North Carolina State University, 2003. p.433-449.
- ASHLEY, P. E.; ROBINSON, J. T.. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. **Canadian Field Naturalist**, Canada, v.110, p.403-412, 1996.
- BEEBEE, T. J. C.; GRIFFITHS, R. A.. The amphibian decline crisis: a watershed in conservation biology? **Biological Conservation**, Boston, v.125, p.271-285, 2005.
- BLAUSTEIN, A. R.; WAKE, D. B.; SOUSA, W. P.. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. **Conservation Biology**, Washington, v.8, p.60-71, 1994.
- BREHM, K.. The acceptance of 0.2m tunnels by amphibians during their migration to the breeding site. In: LANGTON, T. E. S. **Amphibians and roads proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Shefford, p.29-42, 1989.
- BRITO, M. C. W.. **Unidades de conservação: intenções e resultados**. São Paulo: Annablume, 2000.
- BRITO, F. A.; CÂMARA, J. B. D.. Histórico sobre a criação de unidades de conservação no Brasil. In: **Democratização e gestão ambiental: em busca do desenvolvimento sustentável**. Petrópolis, Vozes, 1999, p.63-111.
- BROWN, D. D.; CAI, L.. Amphibian metamorphosis. **Developmental Biology**, Bethesda, v.306, p.20-33., 2007.
- CÂMARA, I. G.. **Plano de ação para a Mata Atlântica**. São Paulo: Interação, 1992.
- CRUMP, M. L.. Reproductive strategies in a tropical anuran community. **University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publications**, Kansas, v.61, p.1-68, 1974.
- DALRYMPLE, G. H.; REICHENBACH, N. G.. Management of an endangered species of snake in Ohio, USA. **Biological Conservation**, Boston, v.30, p.195-200, 1984.
- DIAS, H. T. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, p.11-22, 1997.
- DODD, C. K. Jr.; BARICHIVICH, W. J.; SMITH, L. L.. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. **Biological Conservation**, Boston, v.118, p.619-631, 2004.
- DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L.. **Biology of Amphibians**. Maryland: Johns Hopkins, 1994.
- DUNNING, J. B.; DANIELSON, D. J.; PULLIAM, H. R.. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. **Oikos**, Lund, v.65, p.169-175, 1992.

- ERIKSSON, O.; SJOLUND, A.; ANDREN, C.. **Amphibians and Roads**. Swedish National Road Administration Publication, Vagverket, v.7, 2000
- FAHRIG, L.; GREZ, A.. Populations spatial structure, human-caused landscape changes and species survival. **Revista Chilena de Historia Natural**, Santiago, v.69, p.5-13, 1996.
- FAHRIG, L.; PEDLAR, J. H.; POPE, S. E.; TAYLOR, P. D.; WEGNER, J. F.. Effect of Road Traffic on Amphibian Density. **Biological Conservation**, Boston, v.73, p.177-182, 1995
- FAUTH, J. E.; CROTHER, B. I.; SLOWINSKI, J. B.. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. **Biotropica**, Richmond, v.21, n.2, p.178-185, 1989.
- FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E.. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.29, p.207-231, 1998.
- FORMAN, R. T. T.; DUBLINGER, R. D.. Estimated of the area affected ecologically by the roads system in the United States. **Conservation Biology**, Washington, v.14, p.31-33, 2000.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M.. **Landscape Ecology**. New York: Wiley & Sons, 1986.
- FRANKLIN, J. F.. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? **Ecological Applications**, Ithaca, v.3, p.202-205, 1993.
- FROST, D. R.. **Amphibian Species of the World**, an Online Reference. Versão 5.5. Disponível em: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>, 2011.
- FROST, D. R.; GRANT, T.; FAIVOVICH, J.; BAIN, R. H.; HAAS, A.; HADDAD, C. F. B.; DE SA, R. O.; CHANNING, A.; WILKINSON, M.; DONNELLAN, S. C.; RAXWORTHY, C. J.; CAMPBELL, J. A.; BLOTTO, B. L.; MOLER, P.; DREWES, R. C.; NUSSBAUM, R. A.; LYNCH, J. D.; GREEN D. M.; WHEELER, W. C.. The amphibian tree of life. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, v.297, p.1-370, 2006.
- GIBBS, J. P.. Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v.62, p.584-589, 1998.
- GIBBS, J. P.; SHRIVER, W. G.. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. **Conservation Biology**, Washington, v.16, p.1647-1652, 2002.
- GOOSEM, M.. Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates.. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGARD, R. O.. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. p.241-255
- HADRIGAN, G. R.; WASSERSUG, R. J.. The anuran Bauplan: a review of the adaptive, developmental, and genetic underpinnings of frog and tadpole morphology. **Biological Reviews**, Cambridge, v.82, p.1-25, 2007.
- HALLIDAY, T. R.. Diverse phenomena influencing amphibian population declines. In: LANOO, M.. **Amphibian declines: The conservation status of United States species**. Berkley: California University Press, 2005. p. 3-6.
- HALLIDAY, T. R.. Why amphibians are important. **International Zoo Yearbook**, London, v.42, p.7-14, 2008.
- HEANG, K. B.; LIAT, L. B.; LAMBERT, M. R. K.. To determine the effects of logging and conversion of primary forests to tree crop plantations on herpetofaunal diversity in Peninsular Malaysia. **Conservation, Management and Development of Forest Resources**, London, v.1996, p.126-140, 1996.
- HELIS, T.; BUCHWALD, E.. The effect of road kills on amphibian populations. **Biological Conservation**, Cambridge, v.99, p.331-340, 2001.
- HOLDGATE, M. W.. Preface. In: LANGTON, T. E. S.. **Amphibians and Roads. Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Rendsburg: Federal Republic of Germany, 1989. p.7-8.

- HOULAHAN, J. E.; FINDLAY, C. S.; SCHMIDT, B. R.; MEYER, A. H.; KUZMIN, S. L.. Quantitative evidence for global amphibian population declines. **Nature**, London, v.404, p.752-755, 2000.
- HUNT, A.; DICKENS, H. J.; WHELAN, R. J.. Movement of mammals through tunnels under railways lines. **Australian Zoologist**, New South Whales, v.24, p.89 – 93, 1987.
- JACKSON, S. D.. Overview of transportation related wildlife problems. In EVINK, G. L.; GARRETT, P.; ZEIGLER, D.; BERRY, J.. **Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation**. Florida: State of Florida Department of Transportation, 1999. p.1-4
- JACKSON, S. D.. Underpass systems for amphibians. In EVINK, G. L.; GARRETT, P.; ZEIGLER, D.; BERRY, J.. **Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation**. Florida: State of Florida Department of Transportation, 1996. p.224-227
- JACKSON, S. D.; TYNING, T.. Effectiveness of drift fences and tunnels for moving spotted salamanders *Ambystoma maculatum* under roads. In: LANGTON, T. E. S.. **Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Shefford: ACO Polymer Products, 1989. p.93-99.
- KRIKOWSKI, L.. The 'light and dark zones': two examples of tunnel and fence systems. In: LANGTON, T. E. S.. **Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Shefford: ACO Polymer Products, 1989. p.89-91
- LANG, D. A.. **What is the impact of conventional logging on anuran diversity and abundance in the Bulungan research forest, East Kalimantan?** Bogor: Center of International Forestry Research, 2000.
- LANGTON, T. E. S. **Toad Tunnel Conference: Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Shefford: ACO Polymer Products, 1989.
- LITTLE, S. J.; HARCOURT, R. G.; CLEVINGER, A. P.. Do wildlife passages act as prey-traps? **Biological Conservation**, Cambridge, v.107, p.135-145, 2002
- MURCIA, C.. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, p.58-60, 1995.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J.. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v.403, p.853-858, 2000.
- PEARMAN, P. B.. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. **Conservation Biology**, Washington, v.11, p.1211-1225, 1997.
- PHILLIPS, K. Where have all the frogs and toads gone? **BioScience**, Uberlândia, v.40, p.422-424, 1990.
- POPE, S. E.; FAHRIG, L.; MERRIAM, H. G.. Landscape complementation and metapopulation effects on leopard frog populations. **Ecology**, Ithaca, v.81, p.2498-2508, 2000.
- POUDLOUCKY, R.. Protection of amphibians on roads - examples and experiences from Lower Saxony. In LANGTON, T. E. S.. **Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference**. Shefford: ACO Polymer Products, 1989. p.15-28.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.. **Biologia da conservação**. Londrina: Midiograf, 2001.
- QUINTÃO, A. T. B. Evolução do conceito de parques nacionais e sua relação com o processo de desenvolvimento. **Brasil florestal**, São Paulo, v.54, p.13-28, 1983.
- REBIO SALTINHO. **Reserva Biológica de Saltinho**. Plano de Manejo. Brasília: IBAMA, 2003.
- REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; BRAAK, C. T.; THISSEN, J.. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction on density in relation to the proximity of main roads. **Journal of Applied Ecology**, London, v.32, p.187-202, 1995.

- ROMIN, L. A.; BISSONETTE, J. A.. Deer-vehicle collisions: status os state monitoring activities and mitigation efforts. **Wildlife Society Bulletin**, Bethesda, v.24, n.2, p.276-283, 1996.
- SEIGEL, R. A.. Ecology and conservation of an endangered rattlesnake, *Sistrurus catenatus*, in Missouri, USA. **Biological Conservation**, Whashington, v.35, p.333-346, 1986.
- SEMLITSCH, R. D.. Principles for management of aquatic-breeding amphibians. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v.64, p.615-631, 2000
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, London, v.404, p.72-74, 2000.
- SMITH, L.; DODD JR, C. K.. Wildlife mortality on U.S. highway 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. **Florida Scientist**, v.66, p.128-140, 2003.
- STUART, S. N.; CHANSON, J. S.; COX, N. A.; YOUNG, B. E.; RODRIGUES, A. S. L.; FISCHMAN, D. L.; WALLER, R. W.. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, Washington, v.306, p.1783–1786, 2004.
- TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDE, L. C.. Desafios e oportunidades para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica Brasileira. **Megadiversidade: Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira**, Minas Gerais, v.1, n.1, p.132-138, 2005.
- TROMBULACK, S. C., FRISSEL, C. A.. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic environments. **Conservation Biology**, Washington, v.14, p.118-130, 2000.
- VALLAN, D.. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. **Biological Conservation**, London, v.96, p.31-43, 2000.
- WELLS, K. D.. **The ecology and behavior of amphibians**. Chicago: Chicago University Press, 2007.
- WIENS, J. A.; STENSETH, N. C.; VAN HORNE, B.; IMS, R. A. Ecological mechanisms and landscape ecology. **Oikos**, Lund, v.66, p.369-380, 1993.
- WILLSON, M. F.; CROME, F. H. J.. Patterns of seed rain at the edge of a tropical Queensland rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.5, p.301-308, 1989.
- YANES, M.; VELASCO, J. M.; SUÁREZ, F.. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. **Biological Conservation**, London, v.71, p.217-222, 1995.