

## **Impacto dos Empreendimentos Lineares na Paisagem**

### **The Impact of Linear Projects on the Landscape**

**Thayssa Araujo Costa Rangel<sup>1</sup>**

**Cecília Bueno<sup>2</sup>**

#### **Resumo:**

A preocupação relativa às questões de cunho ambiental tem tomado uma proporção cada vez maior, atribuindo às obras de empreendimentos lineares já construídas aqui no Brasil um papel cada vez mais impactante. Seguindo essa tendência, suas atividades vêm sendo observadas ao decorrer de décadas e consideradas potencialmente perigosas para a conservação da biodiversidade. Este artigo faz uma análise da atual interferência que os empreendimentos lineares têm sobre a biodiversidade e tem como objetivo diagnosticar os principais impactos causados pelos empreendimentos lineares, apontando suas respectivas medidas mitigadoras a mútua análise do desenvolvimento destes empreendimentos, a tomar como exemplo alguns estudos internacionais ou fora do estado do Rio de Janeiro. A apresentação de considerações relevantes e críticas nos pontos-chaves desse trabalho junto às informações acadêmicas e estudos encontrados sobre esses impactos, puderam ser obtidas através de levantamentos bibliográficos. Como resultados temos a efetiva implantação das propostas bem sucedidas de outros países aqui no Brasil assim como o incentivo ao monitoramento a partir do olhar crítico desenvolvido durante o estudo, gerando um debate de ideias. Portanto é necessário consolidar as informações levantadas, propondo alternativas econômicas e ambientalmente viáveis ao processo de monitoramento, manutenção e proposta de novo modelo de obras por parte do governo.

**Palavras-chave:** Empreendimentos lineares; impactos ambientais; medidas mitigadoras.

#### **Abstract:**

Concern with environmental issues has gained an increasing importance, which makes the impact of the projects of linear developments in Brazil play a major role. Following this trend, those activities have been examined for decades and may be potentially harmful to the conservation of biodiversity. This article makes an analysis of the current interference that linear projects have on the biodiversity and aims to diagnose the main impacts of linear projects, indicating mitigation measures. It requires the mutual analysis of the development of those projects, in combination with suggestions to minimize the impacts using solutions already available, taking as example some studies done outside the state of Rio de Janeiro or abroad. The presentation of relevant and critical considerations on the key points of this work, together with the academic studies and information gathered about those impacts could be obtained through literature surveys. As a result, we have the effective implementation, here in Brazil, of successful proposals from abroad, as well as encouraging the critical monitoring developed during the study, leading to a brainstorming. Accordingly, it is necessary to consolidate the information gathered, proposing economically and environmentally viable alternatives to the monitoring and maintenance processes and the proposal of a new model of projects by the government.

---

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida. E-mail: thayssacosta2010@gmail.com

<sup>2</sup> Professora Titular da Universidade Veiga de Almeida e Doutora em Ciências (PPGG/ UFRJ). E-mail: cecilia.bueno@uva.br

**Keywords:** Linear projects; environmental impacts; mitigation measures.

## **Introdução**

Empreendimentos lineares são segmentos de redes ou malhas dos projetos de infraestrutura necessários para atividades humanas (CLÁUDIO, 2007). Podemos citar, como exemplo de empreendimentos lineares, ferrovias, rodovias, gasodutos, oleodutos e linhas de transmissão que, apesar da importância para locomoções e transportes de pessoas e matérias-primas, causam impactos ambientais durante sua instalação e no seu funcionamento. Tais impactos são diretos e indiretos, entre os quais observamos, por exemplo, processos erosivos, vazamentos e atropelamentos de animais silvestres na área do empreendimento ou nos acessos criados para esses animais. Outros efeitos negativos também são observados, principalmente em rodovias, como alteração da composição hidrológica e efeitos erosivos locais, causados pelo fluxo de veículos e sedimentos gerados por eles (FORMAN & ALEXANDER, 1998).

Consideramos relevante o desenvolvimento de estudos acerca de todos esses impactos e seus efeitos, visto que há escassez de informação nessa área, a ponto de não termos ainda uma solução plenamente eficaz para esses problemas no Brasil (BAGER, 2012). O esclarecimento do conceito sobre tais tipos de empreendimentos faz-se, portanto, necessário devido à importância econômica e comercial que revestem, sempre em vias de desenvolver ideias para sua expansão e melhor aproveitamento com fins lucrativos.

O objetivo deste estudo foi elaborar uma análise dos principais impactos causados pelos empreendimentos lineares. Por meio do levantamento de referências conceituais e normativas para sua aprovação legal, procuramos aplicar ao tema conhecimentos da legislação brasileira e de licenciamento ambiental.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse artigo foi levantamento bibliográfico. Realizou-se uma busca sistemática na literatura especializada em ecologia de estradas e empreendimentos lineares, incluindo livros, monografias de graduação, revistas científicas, artigos científicos, *sites* especializados, além do Portal da Capes, Google Acadêmico e Scielo.

## **Legislação Aplicável e Licenciamento Ambiental: breve resumo**

Destacamos que a história da proteção ambiental como política de Estado tem seu início no país com a edição da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – Lei 6.938/81, que dispõe sobre

objetivos, instrumentos e diretrizes atendendo princípios, e esclarecendo seus objetivos junto aos do Sistema Nacional do Meio Ambiente e do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Ressaltam-se o artigo 8º da Lei 6.938/81, que estabelece as medidas competentes ao Conselho Nacional do Meio Ambiente; o artigo 9º, que dispõe dos instrumentos necessários para atingir os objetivos da lei e o artigo 10º, destacado pela importância que se dá à elaboração de um prévio licenciamento ambiental “na construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental”. Complementando a Lei, a Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais detalhadamente disponibilizadas em seus artigos para a elaboração de uma Avaliação de Impacto Ambiental correlacionados ao licenciamento de grandes atividades de alto impacto, e a Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997, dispõe de definições de licenciamento ambiental, licença ambiental, estudos ambientais, impacto ambiental regional, dá diretrizes para o licenciamento ambiental, define especificamente os empreendimentos e atividades a serem licenciados pelo órgão ambiental competente, suas licenças, bem como exercício da sua competência, entre outros.

O Decreto Nº 44.820, de 2 de junho de 2014, dispõe sobre o Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro e tem como atividades relevantes ao licenciamento de empreendimentos lineares a classificação das atividades, Termo de Responsabilidade Técnica, auditorias ambientais para obtenção da Licença de Operação. Para o rito de licenciamento destas obras, destacam-se, portanto: o artigo 2º, que tipos de empreendimentos e atividades estão sujeitos ao licenciamento ambiental; o artigo 23º, as informações necessárias para determinar a magnitude do impacto ambiental; artigo 30º, a importância da apresentação do Termo de Responsabilidade Técnica ao órgão ambiental, e o artigo 31º, que tipos de empreendimentos e atividades devem realizar Auditorias Ambientais de Controle. Esse decreto foi uma atual alteração do Decreto Estadual nº 42.159, de 2 de dezembro de 2009, em que se destacavam os novos tipos de licenças ambientais: Licença Prévia e de Instalação (LPI), Licença de Operação (LO), Licença de Instalação e de Operação (LIO), Licença Ambiental Simplificada (LAS); Licença de Operação e Recuperação (LOR), Licença Ambiental de Recuperação (LAR). Licenças estas que podem ser concedidas com intuito de atender melhor e especificamente às condições, às restrições e às medidas de controle impostas pelo órgão ambiental.

Diante do exposto, destacamos a importância da lei em nos prover dos instrumentos da política, assim como a da Resolução CONAMA 01/86, que nos enumera, em seu artigo 2º, as atividades modificadoras do meio ambiente, entre as quais se contemplam os empreendimentos abordados a seguir. Já na CONAMA 237/97, destaca-se o artigo 2º, conforme o qual, todas as atividades, dentre as realizadas por esses empreendimentos, que possam vir a poluir o meio ambiente dependem de um licenciamento ambiental, as quais são explicitamente mencionadas. E finalmente a importância do Decreto N° 44.820/09 que, por sua vez, garante um eficiente licenciamento ambiental na esfera estadual ante a avaliação da magnitude de um impacto, exposto em seu artigo 23.

### **Impactos ambientais decorrentes da implantação das rodovias**

- **Atropelamento**

Segundo Bager *et al.* (2016), cerca de 450 milhões de animais morrem atropelados nas estradas brasileiras anualmente. Geralmente, acontecem mais casos devido à falta ou às precárias condições de sinalização, ao excesso de velocidade e à falta de proteção ao entorno (BAGER, 2012; LESTER, 2015). Bager (2012) também afirma que mais animais são atropelados quando, na procura por alimento, são atraídos pelas carcaças de outros animais que ficam pelas vias. A presença de grãos e outros tipos de alimentos deixados pelas pistas também os atrai, fazendo com que ambas as situações criem um ciclo de atropelamentos que deixam os animais sobreviventes desorientados pelos arredores (DOS SANTOS & ALVES & BAGER, 2011).

- **Afugentamento da fauna**

Quando se considera uma área onde já existem comunidades de espécies que interagem entre si, qualquer fragmento que se interponha, como, por exemplo, a própria estrada, faz com que os animais sejam obrigados a se dispersar, gerando divisões menores de áreas e abrigando, com isso, comunidades menores (RODRIGUES & NASCIMENTO, 2006). A disposição dos remanescentes florestais em fragmentos que ~~acarretam envolvem~~ a extinção de *habitat* e de espécies é denominada de fragmentação florestal. Este é um efeito progressivo, intensificado pelos efeitos da ~~da~~ borda que ~~margeiam~~ os fragmentos e ~~alteram~~ a estrutura e a composição relativa de espécies, tais como, por exemplo, o aumento da intensidade luminosa e poluição sonora. Esses efeitos são capazes de reduzir a conectividade da paisagem e os fluxos biológicos entre um fragmento e outro (METZGER, 1999).

Tanto o número excessivo de atropelamentos quanto o seu baixo índice, atribuído à evitação de certas espécies, devido ao aumento do volume do tráfego (EBERHARDT &

MITCHELL & FAHRIG, 2013), podem indicar os efeitos negativos das estradas sobre esses animais (ALVES & BERGALLO & FREITAS, 2014). O efeito barreira mostra que esses animais evitam deslocar-se em um determinado trecho da rodovia (BUENO & FAUSTINO & FREITAS, 2013). De acordo com Rodrigues e Nascimento (2006), podemos afirmar, então, que esses efeitos implicam indiretamente nas suas inter-relações, pois geralmente estas espécies não se adaptam ao novo clima das bordas e se estabelecem junto às estradas, seja pelos alimentos encontrados nas proximidades, seja para se manterem aquecidas. Essas consequências fazem com que trocas gênicas, que antes eram feitas tanto para reprodução de espécies ou para o seguimento de uma cadeia alimentar, sejam rompidas.

- **Poluição Química e Erosão do Solo**

Além de oferecerem grande risco por atropelamento, veículos emitem gases e deixam escapar produtos tóxicos nas rodovias, que podem espalhar-se por longas distâncias em decorrência das chuvas. Fato que implica a alteração da composição de rios e regimes hidrológicos pelas redondezas (FORMAN & ALEXANDER, 1998).

Outro problema ligado às estradas é o acúmulo de água em outros pontos que não são os de destino, concentrando mais águas provenientes de chuvas do que se não houvesse nada ali. Essa água, com ou sem químicos, pode ser carregada, por meio de percolações, para bacias hidrográficas e transportada para outras bacias da sua rede de canais. Além disso, a drenagem incorreta implica a sobrecarga em outras partes das encostas, causando extensão da erosão, alteração das taxas de recarga de aquíferos, alteração da morfologia do canal, aumento das descargas de pico e inundações a jusante (FORMAN & ALEXANDER, 1998). Esses autores destacam que alguns tipos de cruzamentos transversais nas rodovias dificultam a permeabilidade do solo, fazendo com que, tanto o excesso da água desviada para o lençol, quanto o fluxo insuficiente que não foi desviado, interfiram na sobrevivência da vegetação no entorno.

- **Poluição Sonora**

Os ruídos causados pelo volume de tráfego de veículos são um tipo de poluição que afeta mais a população de aves e anfíbios, além de incomodar a população humana ao redor (ROSA, 2012). A interferência acústica causada nas aves pelos veículos, também denominada mascaramento, atinge diretamente o acasalamento, a defesa do território de outras aves, avisos sonoros emitidos contra os predadores e a maneira como esses grupos se relacionam, interferindo no sucesso reprodutivo da espécie (PARRIS & SCHNEIDER, 2009). Rosa (2012) afirma que o mesmo

ocorre com os anfíbios em relação ao acasalamento. Geralmente, machos que emitem sons mais altos são os que querem chamar mais atenção e a presença de ruídos artificiais interfere na escolha da fêmea.

- **Expansão Urbana**

Devido à necessidade de expansão urbana, podemos notar uma intensa demanda de estradas secundárias ao longo das rodovias, com arruamento pelo entorno e o conseqüente crescimento desordenado. Com um acesso facilitado, devido às estradas secundárias criadas, áreas ainda florestadas tornam-se alvo de garimpeiros e mineradores que buscam extração de matéria-prima. Além disso, constata-se a caça ilegal, a intensificação da agricultura e a migração de famílias sem terra para áreas próximas a estradas recém-construídas ou melhoradas (LAURANCE & GOOSEM & LAURANCE, 2009; ARIMA *et al.*, 2005).

As estradas contribuem, portanto, para expansão tanto de moradias quanto das atividades humanas através das florestas, promovendo rapidamente o desmatamento de maneira ampla. Arima *et al.* (2005) denominaram “espinha de peixe” esse padrão de fragmentação de geração de estradas secundárias.

### **Impactos ambientais decorrentes da implantação das ferrovias**

- **Atropelamento**

Atropelamento da fauna presente nesta área de estudo assemelha-se muito ao que ocorre nas rodovias, diferenciando-se um pouco pela acessibilidade às vias. Bager (2012) avaliou este problema junto à sua equipe e mostrou-nos que, com o tempo, os animais passam a interagir diretamente com estes empreendimentos, que passam a integrar o seu *habitat* ou a interferir na procura de alimentos.

- **Água de superfície e seu efeito no solo**

A água drenada muitas vezes não é desviada de maneira correta, deixando de abastecer cursos d'água que dela sempre dependiam para manutenção da vegetação circundante. Entre outros problemas semelhantes aos impactos causados pelas rodovias, há uma preocupação com os sistemas de transferência de produtos petrolíferos, passados de tanques de vagões ferroviários para caminhões. Caso haja transbordamento ou escapamento, massas de água e/ou solos serão contaminados por tais produtos (GTZ DIVISION, 1995).

- **Emissão de gases**

As emissões atmosféricas provenientes do setor de transporte ferroviário dão-se principalmente em decorrência de processos para obtenção e utilização de energia. No Brasil, Andrade e Mattei (2011) observam que houve uma mudança no perfil de consumo de energia deste setor, entre os anos de 1970 e 2007, restringindo-se basicamente a dois tipos de fonte de energia, óleo diesel e eletricidade; no entanto, é possível observar a existência da utilização de outras tipologias de combustíveis (POMBAL *et al.*, 2010), que levam a emissões de diferentes poluentes atmosféricos.

A dependência da queima de combustíveis neste setor de transporte para a obtenção de energia implica em consideráveis emissões de poluentes atmosféricos, tal como observado por Dincer e Elbir (2007), a saber, óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que podem causar danos específicos à saúde.

### **Impactos ambientais decorrentes da implantação dos oleodutos**

Por sua localização (subterrâneo, submarino ou aéreo), os dutos que transferem ou transportam óleo podem tanto impactar o meio ambiente, como ocasionar perdas de vidas em geral, danos à saúde humana e à economia, de diferentes maneiras, mesmo se construídos com a máxima segurança possível. Os dutos estão sujeitos a erosão, deslizamento de terra, corrosão, queda de rochas, atos de vandalismo e ações de terceiros, causando conseqüentemente vazamentos e acidentes em decorrência da alta pressão exercida pelos bombeamentos dos derivados de petróleo (MALTEZ, 2013).

Entre os acidentes conhecidos em ecossistemas marinhos, destacam-se vazamentos de dutos, lavagens de porões em alto-mar e explosão de plataformas, que poluem, se não destroem totalmente, um ecossistema de animais e plantas aquáticas na sua área diretamente afetada (MEYER *et al.* 2013). Além de vazamento no mar, colisões de máquinas de grande porte nos dutos, erros de escavação e forças naturais, os vazamentos no solo causados por corrosões estão entre os principais fatores de acidentes atendidos em São Paulo pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

## **Impactos ambientais decorrentes da implantação dos gasodutos**

Os dutos que transportam gás, assim como os oleodutos, têm seus impactos associados à construção e à operação da infraestrutura que suporta a operação do projeto, e posto que não sejam inteiramente evitados, podem reduzir-se a níveis aceitáveis. Já os riscos ao meio ambiente não estão associados ao funcionamento dos dutos, mas sim à sua ruptura (WILLIANS, 2012). Seus impactos, segundo Willians (2012), podem enumerar-se:

- A qualidade do ar é afetada pela emissão de combustíveis fósseis durante a construção dos equipamentos e estações de bombeamento, caso não funcionem por energia elétrica;
- Poluição sonora: ruídos emitidos na construção dos equipamentos e nas estações de bombeamento.
- Erosão: solos são compactados, revirados, removidos e podem ser acidificados pelas emissões químicas locais, causando conseqüentemente chuva ácida.
- Alterações na geologia local, causando deslizamentos de terra.
- Vegetação: é afetada pelo distúrbio causado na superfície que acarreta mudanças no fluxo de água. Tais impactos levam à invasão de espécies exóticas e à contaminação do ar.
- Fragmentação de *habitat*, afetando a vida selvagem local, seus hábitos e costumes.
- Recursos hídricos: devido ao processo de erosão, a qualidade e a quantidade de água podem ser afetadas; sem mencionar as escavações e os produtos químicos aplicados para manter a qualidade do duto.
- Peixes de água doce: afetam-se seus *habitats*, saúde e migração, devido à supressão e estruturação da vegetação e na água, em alguns casos.
- Hidrogeologia: exposição de formações rochosas, podendo causar a lixiviação dos metais compostos nessas formações.
- Paleontologia: as construções afetam uma fonte importante para entendermos a evolução e mudanças climáticas, assim como a coleção de fósseis.

## **Impactos ambientais decorrentes da implantação de linhas de transmissão (LT)**

A fase de implantação desse tipo de empreendimento apresenta boa porcentagem dos impactos. Tobouti & Santos (2015) mostram que a implantação de linhas de transmissão é viável, desde que devidamente planejada e licenciada. No meio físico, são atingidos os solos das regiões atravessadas que, devido à retirada da cobertura vegetal para instalação das torres, tendem a erodir

com mais facilidade. Observam-se ainda alterações na rede de drenagem decorrentes do impacto da abertura de novos acessos na base de instalação das torres.

No meio biótico, a vegetação é atingida diretamente pela abertura da faixa de segurança, que altera a composição na quantidade de biomassa e interfere indiretamente na interação da fauna com o meio ambiente. Essa interferência pode facilitar ainda mais a locomoção de certas espécies ou agravar o isolamento dos fragmentos florestais (FERREIRA, 2011). Campos (2010) observou que além dos efeitos de borda causados pelo isolamento, existem os chamados efeitos escondidos, que são alterações no clima em até 500m da borda capazes de ~~afetar~~ alterar o comportamento animal.

Mesmo sendo pouco conhecido no Brasil, é também relevante o número de acidentes da fauna alada de grande porte, que acaba morrendo eletrocutada ao ter contato com as torres de transmissão e ao se chocarem com os cabos e para-raios, podendo ocasionar incêndio florestal por conta do dano (FERRER, 2012). Há também a desorientação de certas espécies mais sensíveis que, devido aos campos eletromagnéticos emitidos pelas torres, têm suas rotas de migração comprometidas, já que tais emissões interferem no campo magnético usado pelas aves para seguir essas rotas (FERRER, 2012).

Já na fauna terrestre, a eletrocussão acontece através de arames nas proximidades dos campos elétricos da LT. Além de fragmentação de áreas de vegetação nativa, o acesso às áreas antes inacessíveis no interior da mata é outro fator negativo decorrente da abertura dessas faixas, tal qual observado no impacto das rodovias (TOBOUTI & SANTOS, 2015). Sabendo que o ozônio na biosfera é prejudicial à saúde, outro problema que ocorre é conhecido como *crown effect* ou efeito coroa, como Ferrer (2012) sugere. Trata-se da ionização do ar em volta dos condutores elétricos, que se intensifica com a chuva, neblina ou o *smog* fotoquímico, chegando a gerar 300mg de ozônio por quilômetro de linha de transmissão por hora, a partir de 750kV de transmissão de energia.

Em caso de implantação de uma LT em Unidades de Conservação sem plano de manejo que estabeleça uma zona de amortecimento, qualquer área de até 10km de distância dos limites da Unidade estará sujeita à autorização do órgão gestor da mesma (TOBOUTI & SANTOS, 2015).

No meio socioeconômico, citamos alguns impactos, como a interferência das LTs no cotidiano da população ou a ampliação **do uso** de outras fontes de energia. Segundo Tobouti & Santos (2015), a instalação de linhas de transmissão estimula a movimentação de pessoas pelas redondezas, o uso de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos e, conseqüentemente, o aumento do fluxo de veículos para acessar as moradias. Essas LTs também interferem no uso e na ocupação

do solo durante a operação da linha, ao restringirem o uso da terra – como, por exemplo, para o plantio de árvores de médio e grande porte, silvicultura, utilização de arado etc. – no entorno da faixa de servidão (TOBOUTI, & Santos, 2015).

### **Técnicas de Mitigação**

Para melhor aproveitamento dos benefícios que esses empreendimentos nos trazem junto ao bem-estar geral da biodiversidade, são apresentadas medidas mitigadoras no Quadro 1, seguindo o que foi apresentado pelos seguintes autores em seus trabalhos:

**ESSE QUADRO DEVE FICAR DEITADO NA PÁGINA (PAISAGEM)**

Quadro 1- Impactos decorrentes dos empreendimentos lineares e suas respectivas medidas mitigadoras.

Empreendimento	Impactos	Medidas Mitigadoras e Preventivas	Referências
Rodovias	Atropelamento; afugentamento da fauna; poluição química e erosão do solo; poluição sonora; expansão urbana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Técnicas de mitigação para atropelamentos baseadas no comportamento humano: sinalização com placas; redução do volume de tráfego; assistentes de trânsito; informação pública; sistema de detecção animal; postes de luz, limpeza da vegetação no entorno; colares reflexivos nos animais etc.</li> <li>● Técnicas de Mitigação para atropelamentos baseadas no comportamento dos animais: espelhos reflexores, avisos sonoros; repelente olfativo; amedrontamento dos animais, remoção de carcaça; passarela de fauna; ecoduto; passagem de corda; passagens subterrâneas; corredores ecológicos etc.</li> <li>● Poluição Atmosférica: inspeção veicular; estabelecimento de limites máximos de emissão dos veículos automotores pelo programa de controle de poluição do ar por veículos automotores etc.</li> <li>● Controle de Erosão: obras de contenção com canaletas e drenos; proteção vegetal; Implantação de canaletas revestidas ou</li> </ul>	<p>FORMAN &amp; ALEXANDER (1998); BAGER (2012); FORMAN (2012); LESTER (2015).</p> <p>FORMAN &amp; ALEXANDER (1998); BUENO (2004); MMA (2006); HUIJSER <i>et al.</i> (2008); LAURANCE &amp; GOOSEM &amp; LAURANCE (2009); FORMAN (2012); TEIXEIRA <i>et al.</i> (2013).</p> <p>IBAMA, 1996; LA ROVERE (2001).</p> <p>BITAR (1995); FORMAN &amp; ALEXANDER (1998); GUERRA &amp; JORGE (2014).</p>

		<p>gramadas; sangras laterais; abaulamento transversal da pista; dissipadoras de energia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansão Urbana: fechamento de estradas após a colheita; criação de áreas especialmente protegidas; investimento de estudos que integrem o desenvolvimento socioeconômico com expansões de novas estradas.</li> </ul>	<p>LAURANCE &amp; GOOSEM &amp; LAURANCE (2009); LAURANCE <i>et al.</i> (2014).</p>
Ferrovias	Atropelamento, efeitos no solo e água de superfície, emissão de gases.	Modelos de predição de atropelamentos e de compensação ecológica; camada de vegetação a fim de prevenir a erosão;	PISSOT (2007)
Oleodutos	Ruptura do duto; vazamento do óleo; incêndio/explosão; contaminação do solo e subsolo de cursos d'água/contaminação de área de proteção ambiental; mortes; danos à saúde dos humanos.	Reforço de fundação; obras de contenção de taludes instáveis; sistema de drenagem; cobertura vegetal para a faixa de duto e seu monitoramento; controle de obras de qualquer natureza no solo ou subsolo próxima a faixa de duto; barreiras de contenção; recolhimento do óleo da superfície da água; recolhimento da areia contaminada; do lixo oleoso e do não oleoso das praias, hidrojateamento das pedras e costões e muros para remoção da película de óleo; sistema de drenagem, cobertura vegetal para a faixa da de duto e seu monitoramento; uso de equipamento de proteção individual; monitoramento da faixa de duto; evacuação da área afetada.	MMA (2001); MONTEIRO (2003); MALTEZ (2013).
Gasodutos	Ruptura do duto; vazamento do gás; incêndio/explosão; contaminação do	Reforço de fundação; obras de contenção de taludes instáveis; cobertura vegetal para a faixa de duto e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAMARINHO (2008); BENETIS &amp; MOLON (2011);</li> </ul>

	solo e subsolo de cursos d'água/contaminação de área de proteção ambiental; contaminação do ar; mortes; danos à saúde do ser humano.	seu monitoramento; controle de obras de qualquer natureza no solo ou subsolo próxima a faixa de duto; abatimento da nuvem de gás natural; evacuação da área afetada;	WILLIANS (2012); MALTEZ (2013);
Linhas de Transmissão	Impacto nos solos; fragmentação florestal; efeitos de borda; acidentes com a fauna alada e terrestre; ionização do ar em volta dos condutores elétricos; poluição visual.	A utilização da técnica “chuva de sementes”; utilização de poleiros para dispersão das sementes pela fauna alada; mapeamento das áreas mais suscetíveis à erosão; reaproveitamento do solo, materiais vegetais e horizontes superficiais; a comunicação e apresentação de projetos às comunidades e equipes técnicas; uso do paisagismo com árvores adequadas ao meio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DRANKA JUNIOR (2009); FERREIRA (2011).</li> </ul>

## **Considerações finais**

Se compararmos as rodovias com os oleodutos, gasodutos, ferrovias e linhas de transmissão, elas perdem na quantidade de estudos elaborados como ferramenta para fomento de propostas de mitigação no Brasil. Consideramos um avanço a Instrução Normativa nº 13 de 19 de julho de 2013, editada pelo IBAMA, que “estabelece os procedimentos para padronização metodológica dos planos de amostragem de fauna exigidos nos estudos ambientais necessários para o licenciamento ambiental de rodovias e ferrovias”.

Com base no levantamento bibliográfico, identificamos que, até então, apesar do alto número de animais atropelados, a área de Ecologia de Estradas carece de investimento, embora haja diversificadas linhas de estudos que sugerem técnicas de mitigação de acordo com os casos específicos encontrados aqui no Brasil, o que abre uma perspectiva de avanço. Atualmente, somente se procedeu à implantação de algumas discretas passagens de corda.

Com relação à poluição química derivada de acidentes nas rodovias, oriundos de derramamentos ocasionados pela exaustão dos motoristas, ainda não se tem algo definido. Com relação à poluição de cursos d'água e de solos (FORMAN, 2003), porém, cogita-se a hipótese de um biomonitoramento em áreas mais suscetíveis a esse tipo de poluição. Com relação à poluição sonora, por estar diretamente correlacionada com o volume do tráfego, o fechamento das pistas em época de acasalamento ou a construção de barreiras acústicas foram soluções apresentadas por Parris & Schneider (2009), ideias que devem ser mais incentivadas, a despeito da falta de interesse do governo e do alto custo envolvido.

Os estudos encontrados para a elaboração deste artigo, no que concerne às técnicas de mitigação das ferrovias, assemelham-se bastante às técnicas de mitigação das rodovias. Espera-se, pois, que, com o avanço na área em Ecologia de Estradas, haja também um incentivo maior na elaboração de planos de gestão das ferrovias, aliados ao uso de componentes biodegradáveis como forma de compensação ecológica.

Oleodutos e gasodutos, devido à atenção que recebem por serem meios relativamente mais econômicos de transporte do petróleo e seus derivados, são construções que recebem mais investimento que os empreendimentos restantes. Suas técnicas de mitigação e prevenção também merecem atenção, em vista dos problemas ocasionados por derramamento de óleo em ecossistemas marinhos. Esses derramamentos são facilmente vistos e geram, por isso, certa cobrança em alguns casos, tanto da parte de pescadores, como de moradores da região que cercam o problema (MMA,

2001). Nos casos que acontecem em ecossistemas terrestres, ainda podem passar despercebidos pelos noticiários nacionais e internacionais.

Existem ainda os desafios para a implantação de linhas de transmissão devido à ampliação de usinas hidrelétricas e outras fontes de energia. Mesmo apresentando muitos riscos à biodiversidade, ainda há viabilidade de construção desse empreendimento, desde que devidamente planejado (TOBOUTI & SANTOS, 2015).

O aumento da demanda de todos os dispositivos e equipamentos apresentados ao longo do trabalho é uma triste realidade a ser enfrentada, principalmente por aqueles que têm como objetivo defender o bem-estar da biodiversidade e estão dispostos a procurar pelos seus direitos. Essa questão faz com que a sociedade dê preferência à instalação de novas técnicas para atender a suas necessidades em vez da ampliação de um empreendimento já existente (VAN DER REE, 2015).

O Brasil carece de medidas urgentes e específicas em todos esses empreendimentos, a partir de planos de gestão periodicamente revisados com base em monitoramentos que levem em consideração o bioma afetado pelo empreendimento, a dispersão e deslocamento de indivíduos pelas proximidades, o tipo de solo e densidade de fluxo de tráfego. São necessários, portanto, o debate de ideias e a elaboração de novos planos de manejo, como estratégias para melhorar a eficiência da conservação da biodiversidade, englobando, por exemplo, o licenciamento ambiental, planos de prevenção, mitigação e compensação, aliados à contínua produção de conhecimento voltado para a solução de problemas ambientais, além de novas tecnologias.

## Referências:

- ALVES, A. G.; BERGALLO, H. G. de; FREITAS, S. Estradas e Conectividade da Mata Atlântica: Identificando Áreas Prioritárias para Aplicação de Medidas de Mitigação. **Road Ecology Brazil 2014**. Editora UFLA. Volume único. Lavras, p. 2-4, 2014.
- ANDRADE, A. L. C.; MATTEI, L. **Consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub>**: Uma análise do setor de transportes brasileiro. (2011). Disponível em: <http://necat.ufsc.br/files/2012/09/ArtAndre-Lauro-ANPEC-2011-TRANSPORTES.pdf>. Acesso em: 21 de Junho de 2016.
- ARIMA, E. Y.; WALKER, R. T.; PEZ, F. G.; CALDAS, M. Loggers and forest fragmentation: Behavioral models of road building in the Amazon basin. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 95, n. 3, p. 525-541, 2005.
- BAGER, A. **Ecologia de estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: Ed. UFLA. 2012.
- BAGER, A. & LUCAS, P. da S.; BOURSHEIT, A.; KUCZACH, A.; MAIA, B. Os Caminhos da Conservação da Biodiversidade Brasileira frente aos Impactos da Infraestrutura Viária (2016). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR/article/view/530/456>. Acesso em: 21 de Julho de 2015.
- BITAR, O. Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT. 1995.
- BUENO, C. **Bases Conceituais de Corredores Ecológicos e Proposta Metodológica**: Evolução na Conservação de Biodiversidade. 2004. 167 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BUENO, C.; FAUSTINO, M.T.; FREITAS, S.R. Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, Rio de Janeiro, UFRJ, p. 130-137, 2013.
- CAMARINHO, R. J. Análise comparativa dos estudos de impacto ambiental (EIA-RIMA) de projetos dutoviários no Brasil: estudo dos gasodutos Paulínia-Jacutinga, Texto não publicado. 2008.
- CAMPOS, O. L. Estudo de caso sobre impactos ambientais de linhas de transmissão na Região Amazônica (2010). Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32107.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32107.pdf). Acesso em: 15 de Junho de 2015.
- COMPANHIA, DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Cetesb. Disponível em: <http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/tipos-de-acidentes/dutos/introducao-dutos/>. Acesso em 18 de abril de 2015.
- CLÁUDIO, C. F. B. R. **Projetos de Estruturas Lineares: o transporte e suas trilhas e os caminhos da energia-os limites da sustentabilidade**. 2007. 200 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DINCER, F.; ELBIR, T. **Estimating national exhaust emissions from railway vehicles in Turkey**. Science of the Total Environment, v. 374, n. 1, p. 127-134, 2007.
- DODDE, P. A. M. **Impactos de Empreendimentos Lineares em Terras Indígenas na Amazônia Legal: O caso da BR-230/PA e das Terras Indígenas Mãe Maria, Nova Jacundá e Socoró**. 2012. p.184. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012.
- DOS SANTOS, A. L.; DA ROSA, C. A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais–Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, Lavras, Editora UFLA, p. 73-79, 2011.
- DRANKA JUNIOR, I. M. **Linhas de transmissão compactas urbanas: a adequação de uma evolução tecnológica a parâmetros de licenciamento ambiental existentes**. 2009. 132 f. Dissertação

(Mestrado em Desenvolvimento e Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, Curitiba.

EBERHARDT, E.; MITCHELL, S.; FAHRIG, L. Road kill hotspots do not effectively indicate mitigation locations when past road kill has depressed populations. **The Journal of Wildlife Management**, v. 77, n. 7, University of Arizona. p. 1353-1359, 2013.

FERREIRA, J. B. **Estudo de impactos ambientais e medidas mitigadoras para uma obra de linhas de transmissão de energia elétrica**. TCC, Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.

FERRER, M. **Birds and Power Lines: From conflicts to Solutions**. Algeciras: Fundación MIGRES. 2012.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. (1998) Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 29, Palo Alto, **Annual Reviews**, p. 207.

\_\_\_\_\_. **Road ecology: science and solutions**. Washington, Island Press. 2003.

\_\_\_\_\_. **Safe passages: highways, wildlife, and habitat connectivity**. Washington, Island Press, 2012.

GTZ DIVISION, (1995). Disponível em: <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/enven/vol139.htm#18.%20Railways%20and%20railway%20operation>. Acesso em 10 de Junho de 2015.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Degradação de Solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand. 2014.

HUIJSER, M. P.; MC GOEWN, P. T.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A. M. L. (2008). Wildlife-vehicle collision reduction study: Report to congress. Disponível em: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/08034/08034.pdf>. Acesso em 11 de Maio de 2015.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1996). Portaria IBAMA 85/1996. Disponível em: [http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd\\_carboniferas/ar/portaria\\_ibama\\_85-1996.pdf](http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/ar/portaria_ibama_85-1996.pdf). Acesso em 21 de Setembro de 2014.

LA ROVERE, E. L. & MENDES, F. E. & SZWARCFITER, L. Avaliação do PROCONVE-Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Texto não publicado, 2001.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology & Evolution**, Elsevier Ltd, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

LAURANCE, W. F.; CLEMENTS, G. R.; SLOAN, S.; O'CONNELL, C. S.; MUELLER, N. D.; GOOSEM, M.; VENTER, O.; EDWARDS, D. P.; PHALAN, B. BALMFORD, A.; VAN DER REE, R.; ARREA, I. B, A global strategy for road building. **Nature**, 11 de setembro de 2014, v. 513, n. 7517, p. 229-232, 2014.

LESTER, D. Effective Wildlife Roadkill Mitigation (2015). Disponível em: <http://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/551109533b762.pdf>. Acesso em 22 de Maio de 2015.

MALTEZ, J. S. Estudo da Análise de Risco Ambiental na Operação de Duto Terrestre, Considerando Alterações, Geológico- Geotécnicas na Faixa de Duto e Áreas Adjacentes. TCC, Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3, São Paulo, p. 445-463, 1999.

MEYER, M. F.; CRUZ, H. S.; OLIVEIRA F. P.; CÂMARA M. C. G.; NETO, M. C. C. Impactos Ambientais Gerados por navios Petroleiros (2013). Disponível em:

<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1083/214>. Acesso em 5 de Maio de 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA, 2001). Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/processos/67B2E6A7/artigo5.doc](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/67B2E6A7/artigo5.doc). Acesso em 19 de Abril de 2015.

\_\_\_\_\_. Corredores Ecológicos (2006). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/acoes-e-iniciativas/gestao-territorial-para-a-conservacao/corredores-ecologicos>. Acesso em 20 de Setembro de 2014.

MONTEIRO, A. G. **Metodologia de Avaliação de Custos Ambientais Provocados por Vazamento de Óleo**: o Estudo de caso do Complexo REDUC – DTSE. 2003. 270 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

POMBAL, O. G. C.; CRUZ, A.M.; SILVA, M.S.; ABREU, R.L.; SILVA, W.A.C, **Transporte ferroviário: avaliação do bio-combustível (?) no desempenho de locomotiva**. 2010 – Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC – Foz do Iguaçu, Paraná.

PARRIS, K. M.; SCHNEIDER, A. (2009) Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside *habitats*. **Ecology and society**, v. 14, n. 1, Wolfville, Resilience Alliance, p. 29.

PISSOT, J. Trains, Grains, and Grizzly Bears: Reducing Wildlife Mortality on Railway Tracks in Banff National Park (2007). Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/8sf4b0jr#page-1>. Acessado em 20 de Junho de 2015.

ROSA, C. A. Efeito de borda de rodovias em pequenos mamíferos de fragmentos florestais tropicais, 2012. 45p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2012.

RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. *Rodriguésia*, v.57, n.1, Rio de Janeiro, **Instituto Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, p. 63-74. 2006.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. Brasília, Edições Aduaneiras, 2008.

TAMOIOS. Equipes da Concessionária Tamoios apoiam lançamento de vigas de passagem aérea de fauna. Disponível em: <http://concessionariatamoios.com.br/news/show/20/equipes-da-concessionaria-tamoios-apoiam-lancamento-de-vigas-de-passagem-aerea-de-fauna>, 2015. Acesso em 24 de Agosto de 2015.

TEIXEIRA, F. Z.; PRINTES, R. C.; FAGUNDES, J. C. G.; ALONSO, A. C.; KINDEL, A. Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, Campinas, p. 117-123. 2013.

TEIXEIRA, Z. F.; COELHO, I. P.; ESPERANDIO, I. P.; OLIVEIRA, N. da R.; PETER, F. P.; DORNELLES, S. S.; DELAZERI, N. R.; TAVARES, M.; MARTINS, M. B.; KINDEL, A. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, v. 17, n. 1, p. 36-47, 2013.

VAN DER REE, R.; SMITH, D. J.; GRILO, C. **The Ecological Effects of Linear Infrastructure and Traffic**. Orlando, John Wiley & Sons, Ltd. 2015.

WILLIAMS, T. G. Pipelines: Environmental Considerations. Library of Parliament, 2012. Disponível em: <http://www.parl.gc.ca/Content/LOP/ResearchPublications/2012-37-e.pdf>. Acesso em 25 de Abril de 2015.