



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIOMONITORAMENTO**

**MICHELLE BORBA DE SENNA**

**MAPEANDO A SENSIBILIDADE À INSTALAÇÃO DE LINHAS DE  
ENERGIA: UMA PROPOSTA DE PROTOCOLO**

Salvador  
2015

**MICHELLE BORBA DE SENNA**

**MAPEANDO A SENSIBILIDADE À INSTALAÇÃO DE LINHAS DE  
ENERGIA: UMA PROPOSTA DE PROTOCOLO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, no curso de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Dobrovolski.

Salvador  
2015

Senna, Michelle Borba de

Mapeando a sensibilidade à instalação de linhas de energia: uma proposta de protocolo / Michelle Borba de Senna. – Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015.

36p.

Orientador: Ricardo Dobrovolski

Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

Bibliografia: 30-36.

1.Linhas de energia 2. Impactos 3. Aves I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. II. Dobrovolski, Ricardo. III. Título.

# TERMO DE APROVAÇÃO

MICHELLE BORBA DE SENNA

## MAPEANDO A SENSIBILIDADE À INSTALAÇÃO DE LINHAS DE ENERGIA: UMA PROPOSTA DE PROTOCOLO

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, no curso de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Ricardo Dobrovolski

Orientador – Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.

---

Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha

Departamento de Zoologia, Universidade Federal da Bahia.

---

Prof. Dr. Caio Graco Machado Santos

Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana.

Salvador, 30 de março de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio da minha família, que compreendeu meus momentos de ausência e motivou minha caminhada, particularmente a meus pais, que compartilharam minhas angústias e ansiedades, me aconselharam, comemoraram cada etapa vencida e me ajudaram a manter a confiança em mim e a fé em Deus.

Aos meus colegas do Mestrado Profissional, obrigada pelos momentos de descontração em meio ao trabalho árduo, pela atmosfera de união ao longo dos diversos desafios que nos foram colocados e pela amizade, que seja longa e cheia de alegrias.

Aos colegas do IBAMA, agradeço o apoio e a confiança de que os conhecimentos adquiridos por mim neste Mestrado auxiliarão em muitos dos problemas que enfrentamos diariamente, em uma área de extrema importância, porém tão subvalorizada, como é o meio ambiente.

Por fim, aos professores do Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, agradeço pelo empenho, pelos momentos longe da família e de seus projetos pessoais e pelos conhecimentos transmitidos, e, em especial, ao meu orientador, professor Ricardo Dobrovolski, obrigada pela paciência, pela solicitude e pela dedicação.

## RESUMO

O acesso à energia elétrica é tido como fator determinante para o desenvolvimento socioeconômico. A distribuição da energia elétrica depende das linhas de energia, que se destacam como um problema para a conservação de aves, especialmente para espécies vulneráveis. Além de atributos da biologia e da ecologia das aves, atributos do terreno relacionados à topografia, vegetação, uso do solo ou presença de corpos d'água também influenciam a frequência de acidentes. O objetivo deste trabalho é propor um método para o mapeamento das áreas sensíveis à instalação de linhas de energia combinando atributos da avifauna e do terreno. Nosso protocolo sugere o uso de 21 atributos disponíveis para aves brasileiras associados à dieta, método de forrageamento, substrato de forrageamento, período de atividade e massa corporal. Para cada atributo avaliado foi atribuído um grau de suscetibilidade a acidentes com linhas de transmissão. O valor de suscetibilidade de cada espécie é igual à soma dos graus de suscetibilidade do conjunto de atributos de cada espécie. Os valores totais de cada espécie na sequência de classificação serão então atribuídos às áreas de distribuição destas espécies, resultando em um mapa de sensibilidade da ocorrência destes impactos associada à ocorrência das espécies. Além disso, cada área do terreno recebe um valor de suscetibilidade de acordo com os atributos abordados (vegetação, uso do solo, hidrografia, e topografia) que também receberam valores de suscetibilidade de acordo com sua contribuição com a ocorrência de acidentes. O mapa final de suscetibilidade representado pela soma das suscetibilidades do terreno e das aves que ocorrem no local pode ser utilizado para o planejamento das linhas de transmissão e para a ação de medidas mitigadoras.

Palavras-chave: linhas de energia, impactos, aves, colisão, eletrocussão.

## **ABSTRACT**

Access to electricity is a central factor for socioeconomic development. The distribution of electricity depends on power lines, which are a problem for the conservation of birds, especially for vulnerable species. In addition to attributes of biology and ecology of birds, geographic factors related to topography, vegetation, land use and presence of water bodies also influence the frequency of accidents. The objective of this work is to propose a method for mapping the areas sensitive to the installation of power lines combining attributes of birds and terrain. We proposed using 21 attributes available for Brazilian birds associated with diet, foraging method, foraging substrate, activity period and body mass. For each attribute evaluated we assigned a degree of susceptibility to accidents with transmission lines. The value of susceptibility of each species is equal to the sum of the degrees of susceptibility of the set of attributes of each species. The total value of each species in the classification sequence will then be assigned to the distribution areas of these species, resulting in a sensitivity map of the occurrence of these effects associated with the occurrence of species. In addition, each area of the land receives a value of susceptibility according to the covered geographical aspects (vegetation, land use, hydrology, and topography) which also received susceptibility values according to their contribution to the occurrence of accidents. The final susceptibility map represented by the sum of the sensitivities of the land and the birds that occur on site can be used for the planning of the transmission lines and the action of mitigating measures.

**Keywords:** power lines, impacts, birds, collision, electrocution.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Esquema geral da proposta do trabalho exemplificando a categorização e classificação dos atributos das espécies, com a subsequente atribuição de valores no mapa de acordo com a área de distribuição das espécies; representação dos atributos do terreno: HID – Hidrografia, DEC – Declividade, VEG – Vegetação e USO – Uso do Solo; e os atributos das espécies e atributos do terreno resultando no mapa de sensibilidade e o gradiente de suscetibilidade à ocorrência dos impactos (as imagens e os valores são meramente ilustrativos)..... 24



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Graus de suscetibilidade atribuídos.....	19
Tabela 2 -	Riscos associados a aspectos da vegetação, hidrografia e uso do solo e os graus atribuídos.....	22
Tabela 3 -	Riscos associados com o percentual de declividade do terreno.....	23

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MÉTODOS.....	12
3. DISCUSSÃO.....	24
4. CONCLUSÃO.....	29
BIBLIOGRAFIA.....	30

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é tida como fator determinante para o desenvolvimento econômico e social e, ao constituir um serviço de infra-estrutura, a exemplo de saneamento básico, transportes e telecomunicações, pode tornar-se um indicador do desenvolvimento de um país a partir da facilidade com que a população acessa esse serviço, sendo a energia elétrica o mais universalizado (ANEEL, 2008). A distribuição da energia elétrica depende das linhas de energia, sistemas lineares que conduzem energia de uma fonte geradora a um consumidor final. Estas correspondem às linhas de transmissão, com tensões que variam de 60 a 765kV, e transmitem grandes cargas de eletricidade dos centros de produção aos centros de carga; e as linhas de distribuição, com tensões de até 60kV, que distribuem essa eletricidade aos consumidores finais (residências, comércio e indústrias), após a redução da alta voltagem nas subestações (APLIC, 2012).

No Brasil, existem 124.234 km de linhas de transmissão instalados, com previsão de ampliação em 27.487 km nos próximos anos (Secretaria de Energia Elétrica – MME, 2014). Essa malha pode ter um impacto significativo no ambiente, através de poluição eletromagnética, supressão vegetal, visibilidade de postes e fragmentação de habitats (Bagli et al., 2011), promovendo alteração de microclima, isolamento de manchas florestais e aumento do efeito de borda (Söderman, 2006). O conhecimento desses impactos aliado ao crescente aumento do consumo de energia demanda que as linhas sejam projetadas de modo a minimizar os impactos potenciais na saúde humana, na preservação de paisagens e na perturbação da vida selvagem (Bagli et al., 2011).

As linhas de energia também se destacam como um problema para a conservação de aves, especialmente em espécies vulneráveis (Janss, 2000). A mortalidade promovida por essas estruturas ocorre por colisão ou eletrocussão (Rubolini et al., 2005), sendo

uma das principais causas de óbitos de aves por colisões com estruturas humanas nos EUA, superando torres de comunicação e turbinas de vento (Loss et al., 2014). Há estimativas de óbitos por colisão ao redor do mundo que variam de 750 mil a um milhão de aves por ano na Holanda (Drewitt & Langston, 2008), 2,5 milhões a 25,6 milhões no Canadá (Rioux et al., 2013) a até 130 a 174 milhões nos EUA (Drewitt & Langston, 2008).

Aves suscetíveis à colisão são geralmente descritas como grandes, pesadas, apresentam asas relativamente pequenas, resultando em alta carga nas asas e baixa capacidade de manobra (Bevanger, 1998; Janss, 2000; Rubolini et al., 2005). O voo baixo e em bando também contribui para aumentar a suscetibilidade desses organismos (Jenkins et al., 2010). Já a eletrocussão ocorre principalmente quando uma ave une duas fases condutoras ou uma fase condutora e um dispositivo de aterramento com seu corpo (APLIC, 2006), sendo geralmente descritas como aves compridas, com baixo peso, asas e caudas grandes, resultando em baixa carga nas asas (Janss, 2000), com grande capacidade de manobra. O comportamento de empoleiramento em fios e postes aumenta o risco e é agravado em áreas que não possuam poleiros naturais (Bevanger, 1998; Lehman et al., 2007).

Esses acidentes podem ser um fator preocupante para conservação de populações de espécies de distribuição restrita (Rubolini et al., 2005) ou uma fonte de mortalidade significativa para espécies que já se encontram criticamente ameaçadas (Jenkins et al., 2010). Se uma população em declínio é incapaz de responder com ações compensatórias à mortalidade causada pelas linhas de energia, esta se torna reguladora da população e deve ser considerada um problema significativo para as autoridades gerenciadoras (Bevanger, 1998).

Além da morfologia e comportamento das espécies, características do terreno como topografia, vegetação, uso do solo ou presença de corpos d'água também aumentam as chances de ocorrência de acidentes (Heck, 2007). Por exemplo, variações topográficas, a exemplo de escarpas ou montanhas, e características da vegetação, como altura do dossel, podem afetar a trajetória de vôo (Jenkins et al., 2010). Tais aspectos podem ser considerados no planejamento do traçado da estrutura, que pode apresentar maior ou menor risco, a depender do posicionamento em relação a configurações da paisagem que influenciam o comportamento desses animais.

O objetivo deste trabalho é propor um método para o mapeamento das áreas sensíveis à instalação de linhas de energia, considerando atributos da biologia e da ecologia das espécies da avifauna que estão associados à suscetibilidade aos impactos provocados por essas estruturas. Esse estudo pode contribuir para o planejamento da construção de novas linhas, relocação das linhas existentes e direcionamento das medidas mitigadoras.

## **2. MÉTODOS**

Para apresentar nossa abordagem, utilizamos como exemplo o Brasil. Os dados sobre a distribuição das espécies de aves podem ser obtidos através da International Union for the Conservation of Nature (<http://www.iucnredlist.org/>; acessado em 01/11/2014).

Para a avifauna brasileira, diversos estudos têm utilizado uma matriz de atributos associados ao modo como estas espécies usam e competem por recursos. Os atributos relacionam-se à dieta (vertebrados, invertebrados, folhas, frutos, grãos e néctar), método de forrageamento (perseguição, ataque, catação, pastar, bicar, sondar e comportamento carniceiro), substrato de forrageamento (água, lama, solo, vegetação e ar), período de atividade (diurno e noturno) e massa corporal, em gramas (Batalha et al., 2010; Trindade-Filho et al., 2012; Hidasi-Neto et al., 2013), que foram associados a

características comportamentais e morfológicas que contribuem com a suscetibilidade a colisão ou eletrocussão. Um dos passos centrais no nosso protocolo é a interpretação sobre como estes atributos influenciam a suscetibilidade das espécies de aves aos acidentes. Abaixo está apresentada nossa proposta para esse passo do protocolo:

- Dieta:

Vertebrados – Incluídos aqui, além dos que se alimentam de presas vivas terrestres, os carniceiros e os que se alimentam de peixes. Animais que se alimentam de presas vivas devem estar mais atentos à detecção de movimento, essencial para captura de presas que se locomovem rapidamente (Blumstein, 2006), o que é facilitado a partir de um ponto de observação elevado, o que também auxilia animais carniceiros que precisam localizar cadáveres, estimulando o uso das estruturas das linhas em áreas com escassez de poleiros naturais, aumentando a suscetibilidade à eletrocussão (Lehman et al., 2010). Estas aves também podem ser atraídas para áreas urbanas, onde carnívoros e carniceiros podem encontrar presas próximas às áreas de aterros sanitários (APLIC, 2006), aumentando os riscos. As aves piscívoras ficam obrigatoriamente associadas ao ambiente aquático, e aves aquáticas habitualmente congregam em áreas úmidas e se deslocam entre elas em bandos (Jenkins et al., 2010), o que aumenta o risco de colisões caso as linhas sejam posicionadas próximas a rotas regulares de voos, devido à frequência de travessias feitas (Henderson et al., 1996). Espécies com esse hábito alimentar foram classificadas como alto nível de suscetibilidade.

Grãos – as aves granívoras se beneficiam de áreas agrícolas e ficam mais expostas ao risco de colisão, com voos contínuos e em baixas altitudes, principalmente quando linhas são posicionadas entre a área de descanso e a de alimentação (APLIC, 2012), em

paisagens abertas e sem obstáculos conspícuos. Aves com esse hábito foram classificadas como de alto nível de suscetibilidade.

Frutos e Néctar – Estes foram considerados de forma conjunta por estarem mais associados a ambientes florestais, onde a exposição a linhas é menor, ou em cultivos do entorno, onde o risco se apresentaria com o deslocamento das aves da área de descanso para a área de alimentação, sem desconsiderar que ambientes urbanos também possuem árvores frutíferas. Essas aves não possuem disponibilidade uniforme de alimentos ao longo do tempo em uma determinada área, portanto também não possuem extensões de área exclusivas para alimentação, precisando deslocar-se para outros locais em busca de novas fontes (Schoener, 1968). Entendemos que o nível de suscetibilidade associado a aves com esse hábito alimentar será médio, devido à possibilidade de forrageamento em ambientes de baixo risco ou exposição maior promovida ao deslocarem-se para áreas não florestais.

Folhas – Considerando a herbivoria associada às macrófitas (e.g Donk et al., 1994), as aves normalmente associadas a áreas úmidas costumam promover aglomerações nesses ambientes, aumentando a suscetibilidade à colisão, com o uso regular do hábitat no entorno das linhas de energia (Winning & Murray, 2010). Quanto às herbívoras associadas a ambientes terrestres, estas tendem a ter uma área de forrageamento menor do que as aves com outros hábitos alimentares (Schoener, 1968), portanto com deslocamentos de menor alcance. Consideraremos as aves com este hábito alimentar como sujeitas a um nível de suscetibilidade médio.

Invertebrados – Esta dieta pode ser associada a aves dependentes de ambientes florestais e mais concentradas no sub-bosque, onde a exposição às linhas seria menor. Essas aves podem forragear no solo, na camada arbustiva, nas árvores ou no ar (Dickson et al.,

1979). Entretanto, o alimento também pode ser adquirido em pastagens ou áreas agrícolas no entorno, onde podem inclusive auxiliar na manutenção de níveis aceitáveis de insetos herbívoros (Perfecto et al., 2004). Como a exposição ao risco aumenta onde os ambientes florestais tenham sido suprimidos, quando então estariam vulneráveis a linhas que cruzem os pontos de descanso e forrageio, atribuímos nível de suscetibilidade médio aos que se alimentam de invertebrados.

- Método de Forrageio:

Perseguição e Ataque – Os dois métodos foram colocados juntos já que ambos estão associados a voos mais agressivos, com manobras mais arriscadas e concentração voltada para a presa, o que diminui a atenção para obstáculos no percurso, tornando as aves mais suscetíveis à colisão (Drewitt & Langston, 2008), considerado, portanto, de alto nível de suscetibilidade.

Comportamento Carniceiro – a detecção do alimento é facilitada por um bom ponto de observação, o que pode estimular o uso de torres e postes para vigilância de presas (Bevanger, 1994), em áreas com escassez de poleiros naturais, aumentando a suscetibilidade à eletrocussão. Conforme citado anteriormente, estas aves também podem ser atraídas para áreas urbanas, com disponibilidade de alimentos nas proximidades de lixões e aterros sanitários (APLIC, 2006). Considerando estes aspectos, atribuímos alto nível de suscetibilidade a estas aves.

Catção – Este método é caracterizado pela aquisição de alimento no substrato próximo, com um esforço reduzido e sem comportamentos acrobáticos (Remsen Jr & Robinson, 1990), portanto sem risco quanto aos impactos abordados, para o qual atribuímos nível de suscetibilidade nulo.



Bicar – Este se caracteriza por forçar o bico no substrato para retirada de sua porção superior (Remsen Jr & Robinson, 1990). Pode ser encontrado em conjunto com outro método de forrageio na mesma espécie, sendo mais associado a substratos secos, com microhábitats estruturalmente complexos, busca mais visualmente ativa por presas, aliada a taxas mais altas de caminhadas (Fernández & Lank, 2008). Baseado neste método de forrageio, atribuímos nível de suscetibilidade baixo a estas aves.

Pastar – Pode ser associado a aves aquáticas alimentando-se de vegetação submersa (Mitchell & Perrow, 1998), como também a aves que necessitam de constante disponibilidade de folhas ao longo do tempo (Schoener, 1968). Pelas características já abordadas para as aves com esses hábitos, atribuímos nível de suscetibilidade médio associado a essas espécies.

Sondar – Caracteriza-se por inserir o bico em rachaduras ou buracos no substrato firme ou diretamente no substrato macio, como lama ou musgo (Remsen Jr & Robinson, 1990). Aves com este comportamento dependem mais de busca tátil, despendendo maior quantidade de tempo em buscas, resultando em menor taxa de caminhadas e maior taxa de forrageio, já que dependem que a presa esteja próxima o suficiente da superfície para estar ao alcance do bico. Esta técnica é mais efetiva em ambientes alagados (Fernández & Lank, 2008). Baseado neste método de forrageio, atribuímos nível de suscetibilidade alto a estas aves.

- Substrato de Forrageio:

Água – Áreas alagadas atraem aves aquáticas (Heck, 2007), que se deslocam entre essas áreas em bandos, com espécies particularmente grandes e/ou rápidas voadoras, a exemplo de grandes patos, gansos e cisnes, pelicanos, flamingos e garças, consistentemente representadas nas listas de acidentes por colisão (Jenkins et al., 2010).

Além disso, espécies migratórias costumam acompanhar rios ou se reunirem em áreas de costa após atravessar o mar (Drewitt & Langston, 2008), e há uma alta incidência de formação de colônia em aves marinhas (Rolland et al., 1998). Consideraremos as aves deste substrato como alto nível de suscetibilidade.

Lama – Substrato associado à presença de áreas úmidas no entorno, para o qual repete-se a explicação anterior.

Solo – Aves que utilizam esse substrato apresentam distintas características e estão inseridas no ambiente no qual o local de forrageio está localizado. A associação a este substrato em ambientes florestais pode abarcar espécies que apresentam comportamento de defesa territorial; alturas diferentes de forrageio, não sendo necessariamente exclusivas do solo; técnicas de forrageio distintas relacionadas aos diferentes tipos de alimento; até distâncias diferentes percorridas, podendo buscar o alimento em locais próximos ou mais distantes (Holmes & Robinson, 1988). Solo presente nas áreas de cultivo também atrai uma variedade espécies, que se alimentam tanto de grãos quanto de presas presentes nessas áreas e se expõem com os deslocamentos diários do local de descanso ao de alimentação (APLIC, 2012) e áreas com práticas agrícolas podem oferecer cobertura atrativa para aves de ambientes mais abertos, como campinas e áreas com características savânicas (Batalha et al., 2010). Além disso, solo nu também pode ser importante para aves que se alimentam de sementes (Baker & Guthery, 1990). Devido a grande diversidade de aves relacionadas a este substrato, atribuiremos nível de suscetibilidade médio.

Vegetação – Aves que forrageiam na vegetação possuem diferentes hábitos, desde aquelas que frequentam as áreas abertas e buscam alimento mais distante até aquelas que forrageiam na vegetação densa e buscam o alimento mais próximo de si (Robinson

& Holmes, 1982). Diferentes padrões na vegetação também influenciam o comportamento e a presença de determinadas espécies, a exemplo de vegetação baixa e aberta, que costuma ser utilizada como hábitat por espécies terrestres grandes que possuem maior suscetibilidade à colisão, além de favorecer voos de menor altitude (Jenkins et al., 2010). Considerando os diferentes padrões de comportamento associados a espécies que se utilizam deste hábitat, atribuímos nível de suscetibilidade médio a este substrato.

Ar – Em geral, espécies com alta capacidade de vôo, entretanto com comportamentos e manobras mais agressivos, conferindo uma suscetibilidade maior à colisão, o que explica os registros regulares de predadores aéreos associados a este impacto (Bevanger, 1998). Outros comportamentos, como exibições aéreas elaboradas e perseguições em alta velocidade, também potencializam o risco de ocorrência de acidentes de colisão (Bevanger, 1994; Jenkins et al., 2010), assim como uso de correntes ascendentes, termais, e caçadas e disputas territoriais (Drewitt & Langston, 2008). Consideraremos alto nível de suscetibilidade para as espécies que forrageiam neste substrato.

- Período de Atividade:

Noturno – Aves com deslocamento neste horário estão mais suscetíveis à colisão com as linhas (Gauthreaux-Jr. & Belser, 2003; Arnold & Zink, 2011). Portanto, alto nível de suscetibilidade.

Diurno – Há maior visibilidade no período diurno. Entretanto, as aves ainda apresentam dificuldades em identificar as linhas devido a estruturas consideradas não-detectáveis (Savereno et al., 1996; Rollan et al., 2010), portanto atribuímos nível médio de suscetibilidade.

- Massa Corporal:

Quanto maior a ave, maior o risco de colidir com as linhas ou ser eletrocutada (Rubolini et al., 2005; Winning & Murray, 2010). Deve ser feita uma divisão em três categorias nos valores de peso para as aves brasileiras para estabelecer intervalos que caracterizem espécies grandes, espécies médias e espécies pequenas, que terão níveis de suscetibilidade alto, médio e baixo, respectivamente.

As classificações dos graus atribuídos encontram-se resumidas na tabela 01:

Atributos	Divisões	Graus Atribuídos
Dieta	Vertebrados	2
	Grãos	2
	Frutos e Néctar	1
	Folhas	1
	Invertebrados	1
Método de Forrageamento	Perseguição e Ataque	4
	Carniceiro	4
	Catação	1
	Bicar	2
	Pastar	3
	Sondar	4
Substrato de Forrageamento	Água e Lama	2
	Solo	1
	Vegetação	1
	Ar	2
Período de Atividade	Noturno	2
	Diurno	1
Massa Corporal	Grande	3
	Média	2
	Pequena	1

Tab. 01: Graus de suscetibilidade atribuídos.

Os dados referentes aos atributos das espécies (Hidasi-Neto et al., 2013) formam uma matriz “espécies x atributos”. Para cada atributo deve ser atribuído o grau de suscetibilidade estabelecido na tabela 1. O somatório dos diferentes graus de suscetibilidade conferidos ao conjunto de atributos de uma espécie corresponde ao valor total de suscetibilidade desta espécie. Isto resultará em uma sequência de classificação

das espécies de acordo com o nível de suscetibilidade aos impactos promovidos pelas linhas de energia. O valor total de cada espécie será então designado à sua respectiva área de distribuição. Nas áreas onde houver sobreposição de distribuição de diferentes espécies, os valores totais destas espécies serão somados e atribuídos à área comum, resultando então em um mapa de sensibilidade da ocorrência destes impactos associado à ocorrência das espécies.

Os dados em formato vetorial da distribuição das espécies podem ser obtidos através da Birdlife International (BirdLife International and NatureServe, 2014). Essa informação pode ser convertida para o formato raster, na resolução adequada para o mapeamento da distribuição (propomos  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  para o território brasileiro) e inseridos em um software de manipulação de informações geográficas, a exemplo do QGIS (<http://www.qgis.org/en/site/>; acessado em 04/12/2014).

Há fatores que influenciam a ocorrência dos acidentes de colisão e eletrocussão e que estão associados ao terreno, influenciando o comportamento da ave e sua capacidade física de resposta ao obstáculo, como topografia, vegetação (Jenkins et al., 2010), presença de corpos d'água e uso e ocupação do solo. As características da vegetação do entorno influenciam o comportamento das aves, como vegetação fechada, apresentando altura de dossel compatível ou mais alta que a da linha, provoca aumento na altura de voo das aves, que, ao sobrevoarem a copa, evitam as estruturas (Bevanger & Brøseth, 2004; Heck, 2007; Jenkins et al., 2010), e voos preferencialmente em menores alturas em áreas mais abertas (matagais, campinas e terras agrícolas), como atestado em estudo com águia Bonelli, na Espanha (Rollan et al., 2010).

Muitas aves se agrupam próximas a corpos d'água, utilizando a área para repouso ou alimentação (e.g. Sundar & Choudhury, 2005). O risco de colisão aumenta quanto mais

próxima da água a linha de energia for posicionada, com relato de colisões ocorrendo já de 400m de distância a até 1,6 km (Heck, 2007). Linhas posicionadas entre áreas regularmente utilizadas, como área de repouso e área de captura de peixes, são ainda mais prejudiciais (Henderson et al., 1996).

Terras agrícolas podem ser atrativas, a exemplo de cultivos de grãos que atraem espécies que se deslocam em bandos e se alimentam nessas áreas, usualmente próximas de seus locais de descanso, podendo atrair também espécies migratórias durante paragens curtas (APLIC, 2012). Já áreas urbanas atraem aves pela disponibilidade de alimentos (Guil et al., 2011), principalmente em locais próximos a lixões e aterros sanitários (e.g. Garrido & Fernández-Cruz, 2003).

O Mapa da Cobertura Vegetal do Brasil apresenta informações relativas aos aspectos associados ao entorno, em arquivo no formato vetorial (<http://www.cobveget.cnpem.embrapa.br/resulta/index.html>; acessado em 20/11/2014). Considerando os argumentos expostos, foi feita uma classificação dos atributos do terreno quanto ao risco de influenciar a ocorrência de acidentes, conforme tabela abaixo. As classes apresentadas no mapa e a classificação atribuída foram, respectivamente: ausente, pastejada, arbustiva ou espaçada, além dos manguezais, igapós e várzeas, como de alto risco; as florestas abertas como médio risco; e as florestas densas como baixo risco. As áreas de agricultura, áreas urbanas e áreas inundáveis foram considerados de alto risco. Como dito anteriormente, há relatos de colisão ocorrendo com distâncias que variam a até 1,6 km, motivo pelo qual estabelecemos corpos d'água naturais e artificiais, a até 1,5km de distância, como de alto risco. Os riscos atribuídos encontram-se resumidos na tabela 02, assim como os graus atribuídos, que variaram de 1 a 3, correspondendo a baixo, médio e alto risco, respectivamente.

Classes Vegetação, Hidrografia e Uso do Solo	Risco Atribuído	Grau Atribuído
Savanas gramíneas	Alto	3
Savanas arbustivas	Alto	3
Rochas e solos nus ou com vegetação dispersa	Alto	3
Mosaicos de vegetação não arbórea pastejada e pequena agricultura	Alto	3
Mosaicos de agricultura, pastagens e vegetação arbórea alterada	Alto	3
Manguezais	Alto	3
Igapós e várzeas	Alto	3
Florestas ombrófilas densas	Baixo	1
Florestas ombrófilas abertas	Médio	2
Floresta hidrófila aberta com palmeira	Médio	2
Florestas estacionais semi-decíduais densas	Baixo	1
Florestas estacionais semi-decíduais abertas	Médio	2
Florestas estacionais decíduais densas	Baixo	1
Florestas estacionais decíduais abertas	Médio	2
Florestas de transição semi-decíduais abertas	Médio	2
Florestas com predomínio de bambus e cipós	Médio	2
Floresta arbustiva-arbórea densa	Baixo	1
Floresta arbustiva-arbórea aberta	Médio	2
Corpos d'água naturais e artificiais	Alto	3
Campos limpos	Alto	3
Campos inundáveis	Alto	3
Áreas urbanizadas	Alto	3
Agriculturas e pastagens permanentes e dominantes	Alto	3

Tab. 02 – Riscos associados a aspectos da vegetação, hidrografia e uso do solo e os graus atribuídos.

A topografia do terreno influencia a trajetória de voo, principalmente para as aves que voam próximas ao solo. Essas podem ser direcionadas para formas de relevo como vales e depressões, passagens elevadas (Jenkins et al., 2010), brechas em montanhas, rios em fundos de vale e cordilheiras ou serras (Bevanger, 1994). Aqueles que promovem um afunilamento, como passagens nas montanhas, podem direcionar um grande número de aves em direção a um obstáculo (Drewitt & Langston, 2008), dependendo do posicionamento da linha, e declividade já foi associada com o aumento do risco de eletrocussão em rapinantes (Guil et al., 2011).

Classificamos o risco associado à declividade do terreno. Para a aplicação desse critério no Brasil, propomos a utilização do Mapa de Declividade em Percentual do Relevo

Brasileiro, disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1481&sid=9>; acessado em 21/11/2014). A classificação da declividade das formas de relevo adotada como referência foi a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e EMBRAPA. Áreas com declividade maior do que 10 graus podem apresentar maiores chances de colisão quando interceptadas perpendicularmente por linhas de energia (Heck, 2007), portanto a classificação feita atribui risco nulo para ambientes planos, baixo para suave ondulado, médio para ondulado e alto para forte ondulado, montanhoso e escarpado, recebendo graus 0, 1, 2 e 3, respectivamente. A classificação quanto ao risco atribuído à ocorrência dos impactos e os respectivos graus encontra-se resumida na tabela 03:

Grau de Declividade	Risco Atribuído	Grau Atribuído
Plano 0 a 3%	Nulo	0
Suave ondulado 3 a 8%	Baixo	1
Ondulado 8 a 20%	Médio	2
Forte ondulado / Montanhoso / Escarpado > 20%	Alto	3

Tab. 03: Riscos associados com o percentual de declividade do terreno.

As classificações e categorizações dos atributos do terreno aumentam a sensibilidade do mapa de distribuição das espécies. O esquema abaixo sumariza a proposta do trabalho. Por meio dele, exemplificamos a matriz espécies × atributos e as atribuições de valores no mapa (valores e áreas de ocorrência hipotéticos). O mapa final é representado pela soma da suscetibilidade das espécies que ocorrem em cada área geográfica bem como a suscetibilidade conferida pelos atributos do terreno de cada área (Fig. 1).



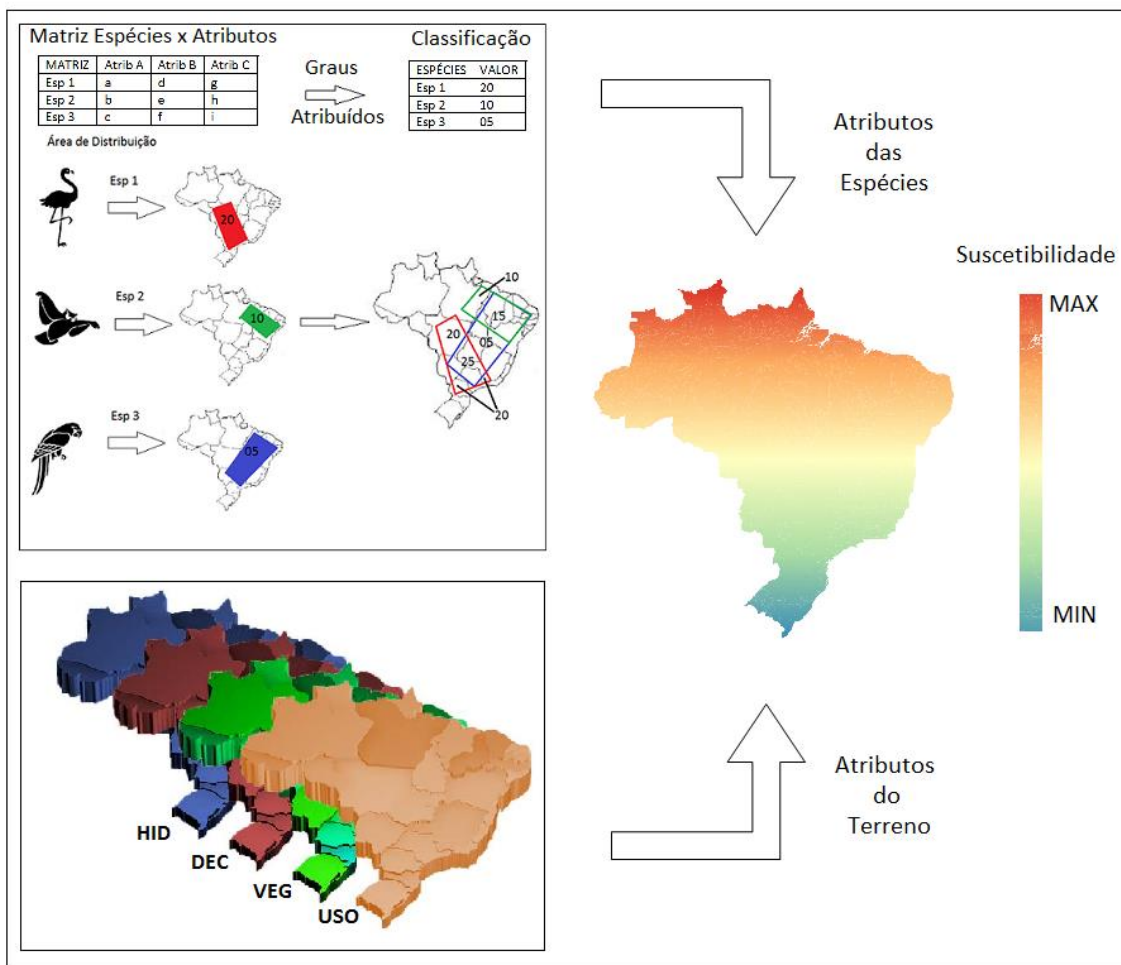


Fig. 1: Esquema geral da proposta do trabalho exemplificando a categorização e classificação dos atributos das espécies, com a subsequente atribuição de valores no mapa de acordo com a área de distribuição das espécies; representação dos atributos do terreno: HID – Hidrografia, DEC – Declividade, VEG – Vegetação e USO – Uso do Solo; e os atributos das espécies e atributos do terreno resultando no mapa de sensibilidade e o gradiente de suscetibilidade à ocorrência dos impactos (as imagens e os valores são meramente ilustrativos).

### 3. DISCUSSÃO

Neste trabalho propomos uma classificação de suscetibilidade das aves aos impactos promovidos pelas linhas de energia, utilizando 21 atributos descritos para nossa fauna, que foram classificados quanto ao seu efeito sobre a suscetibilidade das espécies. Com a transferência dos valores totais de cada espécie para sua respectiva área de distribuição, teremos um mapa de suscetibilidade da ocorrência dos impactos baseado na ocorrência das espécies. Somado a isso, propomos uma classificação e categorização dos atributos

do terreno, sendo eles hidrografia, vegetação, declividade e uso do solo, considerando os aspectos físicos que mais contribuem para a ocorrência destes impactos.

Esta proposta se insere no conjunto de pesquisas que buscam compreender, mitigar ou evitar o impacto que as linhas de energia promovem sobre as aves, contribuindo para o manejo dessas estruturas quanto ao seu impacto sobre a biodiversidade. Dentre estes, temos pesquisas para elaboração de modelos preditivos para dada espécie ou grupo de espécies (Janss, 2000; Rubolini et al., 2005; Shaw et al., 2010; Harness et al., 2013; Dwyer et al., 2014), análise da eficácia de medidas mitigadoras (Bevanger, 1994; Drewitt & Langston, 2008; Guil et al., 2011; Raab et al., 2011; APLIC, 2012), categorização de grupos de aves mais suscetíveis e fatores de risco (Bevanger, 1998; Janss, 2000; Garrido & Fernández-Cruz, 2003; Rollan et al., 2010) e utilização de modelagem em Sistema de Informação Geográfica – GIS (Heck, 2007; Rollan et al., 2010; Shaw et al., 2010).

Nossa proposta sugere inicialmente a classificação e categorização das espécies de aves que ocorrem na área de estudo proposta, no caso o Brasil, quanto à suscetibilidade para ocorrência dos impactos associados às linhas de energia, utilizando atributos tanto morfológicos quanto comportamentais, já descritos para essas espécies. Com o objetivo de apresentar uma classificação para a suscetibilidade de aves, Janss (2000) comparou a abundância de espécies e registros de mortalidade, com levantamentos em trechos de linhas de transmissão em duas regiões da Espanha, e baseou a explicação de sua classificação de acordo com morfologia da asa, comprimento, peso e comprimento da cauda, se atendo às espécies observadas em campo e maiores que *Streptopelia turtur*, estabelecida como limiar de tamanho. Considerando a classificação da suscetibilidade de aves, nossa proposta traz como avanço a utilização de um número maior de atributos, incluindo diversos atributos associados ao comportamento das aves, também

considerado caracterizador da suscetibilidade aos impactos, ampliando a quantidade de informações úteis para a classificação, e alcançando todas as espécies da área de estudo.

A seguir, nosso trabalho propõe que o valor total dos graus atribuídos ao conjunto de atributos de cada espécie, durante a categorização da suscetibilidade destas aos impactos promovidos pelas linhas de energia, seja conferido à área de distribuição destas espécies, gerando um mapa de sensibilidade da ocorrência destes impactos associada à ocorrência das espécies. Objetivando o mapeamento de áreas suscetíveis para priorizar ações de mitigação, Heck (2007) elaborou um modelo para previsão das áreas de maior risco de colisão associadas à malha de linhas de energia de uma empresa canadense, através da identificação de grupos de aves de alta suscetibilidade, no caso, aves aquáticas, e dados associados à habitats apropriados para essas aves, a exemplo de proximidade de corpos d'água, além de configurações de linhas de alto risco e áreas com tensões sócio-políticas, a exemplo de sítios importantes de observação de aves e parques de uso recreativo. Quanto ao mapeamento de áreas sensíveis, nossa proposta avançou ao considerar todas as espécies presentes na área de estudo sugerida para oferecer ferramentas para elaboração de um mapa de sensibilidade que considera ambos os impactos (colisão e eletrocussão), não depende de informações quanto a malha de linhas de energia existentes para sua confecção e pode ser aplicado tanto para o processo de decisão para alocação de novas linhas quanto posicionamento de medidas mitigadoras naquelas existentes.

Além da proposta de avaliação e categorização de atributos para classificação das aves quanto à suscetibilidade aos impactos e do mapa de sensibilidade da ocorrência destes impactos associado à ocorrência das espécies de aves, nosso estudo também propõe a classificação e categorização de atributos do terreno, que têm sido considerados como importantes na determinação da frequência de acidentes, sendo eles: uso do solo

(agricultura e área urbana), hidrografia, declividade e vegetação. Características associadas ao terreno já foram utilizadas por Heck (2007), conforme descrito acima, que considerou proximidade de corpos d'água, proximidade de áreas com declive, proximidade de centros urbanos e áreas conhecidas como de congregação de aves, entretanto como subitens para classificação de categorias maiores, como áreas de hábitat apropriado para as espécies alvo do estudo e áreas de tensão sócio-política; e em associação com dados de campo, Shaw *et al.* (2010) utilizaram os parâmetros proximidade de corpos d'água, linhas atravessam savanas naturais, atravessam direção predominante dos ventos e alturas mais baixas do que colinas distantes até 1500 m, gerando categorias de risco à medida que cada parâmetro era incluído no cenário, para refinar modelo proposto para melhor explicar os riscos de colisões oferecidos por linhas de transmissão na região de Overberg (África do Sul) para o grou azul (*Anthropoides paradiseus*), entretanto o modelo não foi capaz de atingir seu objetivo. Assim, nosso estudo traz como avanço na utilização de atributos do terreno um conjunto mais amplo e categorizado de acordo com sua influência na suscetibilidade de ocorrência dos impactos associados a essas estruturas, com replicabilidade em qualquer escala geográfica, aumentando o nível de sensibilidade do mapa de distribuição das espécies.

Nosso estudo oferece uma análise integrada, que envolve tanto características físicas e comportamentais das aves, como atributos relevantes do terreno, apresentando um forte subsídio para a tomada de decisão ao permitir o mapeamento da variação da suscetibilidade aos acidentes, podendo ter aplicações na etapa de alocação do empreendimento, bem como, na correção de empreendimento já instalado, através de medidas de mitigação. Dentre estas, diversos autores apontam que a marcação das linhas auxilia na minimização do impacto, reduzindo o risco de colisões (Drewitt & Langston, 2008; Shaw et al., 2010; Raab et al., 2011). Dentre estes, temos esferas

marcadoras aéreas ou bolas de aviação, dispersores de voos de aves, e dispositivos suspensos com formatos variados (APLIC, 2012). Quanto às eletrocussões, as ações normalmente envolvem o aumento da distância entre as estruturas energizadas e coberturas para isolamento elétrico (Janss, 2000; Dwyer et al., 2014).

Nesta proposta, um dos grandes avanços é a interpretação e classificação dos atributos descritos para todas as espécies da avifauna brasileira. Como mencionado anteriormente, diversos trabalhos têm utilizado dados consolidados referentes a atributos associados ao modo como essas espécies usam e competem pelos recursos (Batalha et al., 2010; Trindade-Filho et al., 2012; Hidasi-Neto et al., 2013). Outros atributos relacionados à morfologia e comportamento das aves são comumente utilizados como relacionados à suscetibilidade destes animais aos impactos promovidos pelas linhas de energia, como carga da asa (peso da ave/área da asa), relação de aspecto (envergadura<sup>2</sup>/área da asa), status migratório (residentes, curta ou longa distância) e associações de indivíduos durante o deslocamento (solitário ou em bando) (Bevanger, 1998; Janss, 2000). A análise aqui apresentada poderia ser mais precisa, caso houvesse dados referentes a essas características. Este banco de dados pode ser desenvolvido à medida que o tema receba a evidência necessária e as pesquisas na área sejam estimuladas.

Apresentamos neste trabalho ferramentas para a elaboração de um mapa de sensibilidade, levando em consideração atributos das espécies e atributos do terreno. Realizamos a categorização dos atributos de forma a relacioná-los à suscetibilidade que os mesmos conferem às espécies. Este trabalho além de propor uma ferramenta para o mapeamento dos conflitos entre as linhas de energia e as aves, chama atenção para um problema pouco abordado na literatura científica brasileira.

#### **4. CONCLUSÃO**

Considerando o planejamento para expansão da rede energética brasileira, tendo em vista não só a ampliação da malha de linhas de energia, como também um incremento de quase 30% na capacidade de geração de energia do país para os próximos anos (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>; acessado em 05/12/2014), e a grande diversidade de avifauna que o Brasil abriga, torna-se imprescindível o aprofundamento no tema e a busca de soluções para esses conflitos. Este trabalho é uma ferramenta que pode ser utilizada por diferentes atores para aliar desenvolvimento e conservação. O Brasil deve voltar sua preocupação para o desenvolvimento sustentável, alinhando sua política interna com os posicionamentos internacionais que adota e assegurando a liderança ambiental internacional que tem conquistado ao longo das últimas décadas (Loyola, 2014).

## **BIBLIOGRAFIA**

ANEEL (2008) Atlas de energia elétrica do Brasil. ANEEL, Brasília.

ANEEL (2014) Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

APLIC (2006) Suggested Practices for Avian Protection On Power Lines : The State of the Art in 2006. 1–227.

APLIC (2012) Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012. 1–184.

Arnold T.W. & Zink R.M. (2011) Collision mortality has no discernible effect on population trends of North American birds. *PLoS ONE*, **6**, 1–6.

Bagli S., Geneletti D., & Orsi F. (2011) Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, **31**, 234–239.

Baker D.L. & Guthery F.S. (1990) Effects of continuous grazing on habitat and density of ground-foraging birds in south Texas. *Journal of Range Management*, **43**, 2–5.

Batalha M.A., Cianciaruso M.V., & Motta-Junior J.C. (2010) Consequences of simulated loss of open cerrado areas to bird functional diversity. *Natureza & Conservação*, **8**, 34–40.

Bevanger K. (1994) Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis*, **136**, 412–425.

Bevanger K. (1998) Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, **86**, 67–76.

Bevanger K. & Brøseth H. (2004) Impact of power lines on bird mortality in a subalpine area. *Animal Biodiversity and Conservation*, **2**, 67–77.

BirdLife International and Nature Serve (2014) Bird species distribution maps of the world. BirdLife International, Cambridge, UK and Nature Serve, Arlington, USA

Blumstein D.T. (2006) Developing an evolutionary ecology of fear: how life history and natural history traits affect disturbance tolerance in birds. *Animal Behaviour*, **71**, 389–399.

Dickson J.G., Conner R.N., Fleet R.R., Kroll J.C., Austin S.F., & Jackson J.A. (1979) *The role of insectivorous birds in forest ecosystems*. Academic Press, New York.

Donk E. Van, Deckere E. De, Breteler J.G.P.K., & Meulemans J.T. (1994) Herbivory by waterfowl and fish on macrophytes in a biomanipulated lake: effects on long-term recovery. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, **25**, 2139–2143.

Drewitt A.L. & Langston R.H.W. (2008) Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1134**, 233–266.

Dwyer J.F., Harness R.E., & Donohue K. (2014) Predictive model of avian electrocution risk on overhead power lines. *Conservation Biology*, **28**, 159–168.

EMBRAPA (2002) Disponível em:

<http://www.cobveget.cnpem.embrapa.br/resulta/index.html>.

Fernández G. & Lank D.B. (2008) Foraging behaviour of non-breeding Western Sandpipers *Calidris mauri* as a function of sex, habitat and flocking. *Ibis*, **150**, 518–526.



Frost D. (2008) The use of “flight diverters” reduces mute swan *Cygnus olor* collision with power lines at Abberton Reservoir, Essex, England. *Conservation Evidence*, **5**, 83–91.

Garrido J. & Fernández-Cruz M. (2003) Effects of power lines on a White Stork *Ciconia ciconia* population in central Spain. *Ardeola*, **50**, 191–200.

Gauthreaux-Jr. S.A. & Belser C.G. (2003) Radar ornithology and biological conservation. *The Auk*, **120**, 266–277.

Guil F., Fernández-Olalla M., Moreno-Opo R., Mosqueda I., Gómez M.E., Aranda A., Arredondo A., Guzmán J., Oria J., González L.M., & Margalida A. (2011) Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize the application of mitigation measures. *PLoS ONE*, **6**, 1–9.

Harness R.E., Juvvadi P.R., & James F. Dwyer (2013) Avian Electrocutions in Western Rajasthan, India. *Journal of Raptor Research*, **47**, 352–364.

Heck N.N. (2007) *A landscape-scale model to predict the risk of bird collisions with electric power transmission lines in Alberta*. University of Calgary, Calgary.

Henderson I.G., Langston R.H.W., & Clark N. a. (1996) The response of common terns *Sterna hirundo* to power lines: An assessment of risk in relation to breeding commitment, age and wind speed. *Biological Conservation*, **77**, 185–192.

Hidasi-Neto J., Loyola R.D., & Cianciaruso M.V. (2013) Conservation actions based on red lists do not capture the functional and phylogenetic diversity of birds in Brazil. *PLoS ONE*, **8**, 1–7.

Holmes R.T. & Robinson S.K. (1988) Spatial patterns, foraging tactics and diets of ground-foraging birds in a northern hardwoods forest. *The Wilson Bulletin*, **100**, 377–394.

IUCN (2014) Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>.

Janss G. (2000) Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, **95**, 353–359.

Jenkins A.R., Smallie J.J., & Diamond M. (2010) Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, **20**, 263–278.

Lehman R.N., Kennedy P.L., & Savidge J. a. (2007) The state of the art in raptor electrocution research: A global review. *Biological Conservation*, **136**, 159–174.

Lehman R.N., Savidge J. a., Kennedy P.L., & Harness R.E. (2010) Raptor Electrocution Rates for a Utility in the Intermountain Western United States. *Journal of Wildlife Management*, **74**, 459–470.

Loss S.R., Will T., & Marra P.P. (2014) Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PLoS ONE*, **9**, 1–10.

Loyola R. (2014) Brazil cannot risk its environmental leadership. *Diversity and Distributions*, **20**, 1–3.

Mitchell S.F. & Perrow M.R. (1998) Interactions Between Grazing Birds and Macrophytes. *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes* pp. 175–196. Springer New York, New York.

Neto J.F.L. (2010) Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1481&sid=9>.

Perfecto I., Vandermeer J.H., Bautista G.L., Nuñez G.I., Greenberg R., Bichier P., & Langridge S. (2004) Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, **85**, 2677–2681.

Qgis (2014) Disponível em: <http://www.qgis.org/en/site/>.

Raab R., Schütz C., Spakovszky P., Julius E., & Schulze C.H. (2011) Underground cabling and marking of power lines: conservation measures rapidly reduced mortality of West-Pannonian Great Bustards *Otis tarda*. *Bird Conservation International*, **22**, 299–306.

Remsen Jr J.V. & Robinson S.K. (1990) A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. *Studies in Avian Biology*, **13**, 144–160.

Rioux S., Savard J., & Gerick A. (2013) Mortalities due to transmission line collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on applications to the Canadian electric network. *Avian Conservation and Ecology*, **8**, 1–7.

Robinson S.K. & Holmes R.T. (1982) Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet and habitat structure. *Ecology*, **63**, 1918–1931.

Rollan À., Real J., Bosch R., Tintó A., & Hernández-Matías A. (2010) Modelling the risk of collision with power lines in Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* and its conservation implications. *Bird Conservation International*, **20**, 279–294.

Rolland C., Danchin E., & de Fraipont M. (1998) The evolution of coloniality in birds in relation to food, habitat, predation, and life-history traits: a comparative analysis. *The American Naturalist*, **151**, 514–529.

Rubolini D., Gustin M., Bogliani G., & Garavaglia R. (2005) Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International*, **15**, 131–145.

SAVE Brasil (2014) Disponível em: <http://savebrasil.org.br/wp/>.

Savereno A., Savereno L., Boettcher R., & Haig S. (1996) Avian behavior and mortality at power lines in coastal South Carolina. *Wildlife Society Bulletin*, **24**, 636–648.

Schoener T.W. (1968) Sizes of Feeding Territories among Birds. *Ecology*, **49**, 123–141.

Secretaria de Energia Elétrica - MME (2014) Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro. Brasília - DF.

Shaw J.M., Jenkins A.R., Smallie J.J., & Ryan P.G. (2010) Modelling power-line collision risk for the Blue Crane *Anthropoides paradiseus* in South Africa. *Ibis*, **152**, 590–599.

Söderman T. (2006) Treatment of biodiversity issues in impact assessment of electricity power transmission lines: A Finnish case review. *Environmental Impact Assessment Review*, **26**, 319–338.

Sundar K.S.G. & Choudhury B.C. (2005) Mortality of sarus cranes (*Grus antigone*) due to electricity wires in Uttar Pradesh, India. *Environmental Conservation*, **32**, 260 – 269.

Trindade-Filho J., Sobral F.L., Cianciaruso M.V., & Loyola R.D. (2012) Using indicator groups to represent bird phylogenetic and functional diversity. *Biological Conservation*, **146**, 155–162.

Winning G. & Murray M. (2010) Flight behaviour and collision mortality of waterbirds flying across electricity transmission lines adjacent to the Shortland Wetlands, Newcastle, NSW. *Wetlands (Australia)*, **17**, 29–40.