

## Identificação de áreas prioritárias para o incremento da conectividade florestal por técnicas de geoprocessamento do Programa de Conservação do Bugio-ruivo, Joinville, SC

Adilson Luiz Nicoletti <sup>1</sup>  
Ana Júlia Dutra Nunes <sup>2</sup>  
Julio César de Souza Jr. <sup>3</sup>  
Zelinda Maria Braga Hirano <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional de Blumenau – FURB. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – PPGEF. Rua São Paulo, 3250, 89.030-000, Blumenau – SC, Brasil  
alnicoletti@al.furb.br

<sup>2</sup> Perini Business Park. Núcleo de Educação Ambiental - NEA. Rua Dona Francisca, 8300, 89.219-600 - Joinville - SC, Brasil. programabugio.nea@perinibusinesspark.com.br

<sup>3</sup> Universidade Regional de Blumenau – FURB. Departamento de Medicina Veterinária. Rua Antônio da Veiga, 140, 89.030-903, Blumenau – SC, Brasil.  
juliosouza@furb.br

<sup>4</sup> Universidade Regional de Blumenau – FURB. Departamento de Ciências Naturais. Rua Antônio da Veiga, 140, 89.030-903, Blumenau – SC, Brasil. zehirano@hotmail.com

### Abstract.

Forest fragmentation threatens the loss of biodiversity, making forest ecosystems vulnerable by compromising resilience. The Atlantic Forest biome is one of the most degraded areas, since its area covers many populous cities, close to the coast. Forest connectivity is a tool that guarantees the continuity of the forest by means of ecological corridors. In this context, the proposal of an ecological corridor by the Southern brown howler monkey Conservation Program in Joinville/SC, Brazil, aims to connect the conservation units (UCs) of the region through fluxes of the populations of *Alouatta clamitans* around the Perini's condominium location. The methodology used geoprocessing techniques and geographic information systems supported by the weighted linear combination technique. The main land covers found were: forest (33%), pastures and/or spare areas (29%), built-up areas – anthropized (24%) and agriculture (8%). An area of 7,587 ha was classified into five priority categories, from which the high and very high categories represent up to the 52.4% of the surface. These priority categories were not identified near the Morro do Iririú and Morro do Finder (surrounding urban areas). Accordingly, three main flux paths were highlighted, all of them within anthropized areas, pastures and/or spare areas, and forest. This study remarks the difficulty of implementing an ecological corridor through urban areas. Another relevant point raised was that the link between UCs cross roads of high and medium road traffic.

**Palavras-chave:** corredor ecológico, ecological corridor, combinação linear ponderada, weighted linear combination, *Alouatta clamitans*.

### 1. Introdução

A fragmentação florestal é considerada uma das principais ameaças na perda da biodiversidade, alterando as paisagens que, conseqüentemente, aumentam o isolamento dos fragmentos e diminuem seus tamanhos, ficando suscetíveis a fatores externos (Fahrig, 2003; Brasil, 2006). A fragmentação pode acarretar nos habitats, a diminuição do fluxo de animais, da polinização e dispersão de sementes, do isolamento das populações, da redução dos recursos disponíveis, intensificar o efeito de borda, perda do patrimônio genético, entre outros (Metzger, 1999).

O bioma Mata Atlântica vem sofrendo fortes pressões antrópicas desde a época da colonização (Dean, 1996), sendo a exploração do pau-brasil o marco inicial da degradação

florestal, mas que após este ciclo, outros ciclos econômicos continuaram causando a perda da cobertura florestal (Santos, 2002). Neste bioma, a maior parte dos remanescentes florestais encontra-se na forma de pequenos fragmentos, altamente perturbados, isolados e pouco protegidos, principalmente em regiões intensamente cultivadas (Viana; Pinheiro, 1998). Esta fragmentação contribui para que mais de 80% dos fragmentos florestais da Mata Atlântica apresentassem menos de 50 hectares (Ribeiro et al., 2009).

Por outro lado, a conectividade florestal é o oposto da fragmentação florestal e proporciona conexões entre os fragmentos e as unidades de conservação (UCs). A conectividade florestal possibilita o movimento dos indivíduos das populações, da dispersão das espécies, do fluxo gênico entre os habitats (Metzger, 1999; Herrmann, 2008). A conectividade pode ser ainda estrutural e funcional. Uma das formas de promover a conectividade estrutural é através de corredores ecológicos. Eles possibilitam ligações entre os fragmentos permitindo a conexão e manutenção da variabilidade genética das populações e aumento da biodiversidade (Metzger, 1999; Santos, 2002).

Em Santa Catarina, os primeiros Corredores Ecológicos (CE), foram criados em 2010, sendo CE Chapecó e CE Timbó, na região de Floresta Ombrófila Mista (Alarcon et al., 2013). Eles estão sob responsabilidade da Fundação do Meio Ambiente (FATMA), e para garantir a conservação dos remanescentes existentes e a recuperação de áreas estratégicas, o modelo de gestão concebido está pautado no desenvolvimento de um mecanismo de pagamento por serviços ambientais (PSA) baseado na captação de recursos no mercado (Alarcon et al., 2013).

Um das possibilidades de se planejar corredor ecológico é através das técnicas de geoprocessamento com dados territoriais apoiado em um sistema de informações geográficas (SIG). Esses mecanismos possibilitam uma análise espacial a partir de informações como a cobertura e uso do solo, hidrografia, geomorfologia apoiada com a Avaliação Multicritérios (AMC) e pelo método da Combinação Linear Ponderada (CLP) (Sartori et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi de identificar, com o uso de técnicas de geoprocessamento, áreas prioritárias para o incremento da conectividade florestal na bacia do rio do Braço. E que essas áreas possam subsidiar o desenvolvimento de uma proposta de um corredor ecológico no município de Joinville/SC interligando as UCs locais e as populações de bugio-ruivos presentes na região.

## 2. Metodologia de Trabalho

### Espécie foco e área de estudo

O bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) é um mamífero que foi categorizado como "vulnerável", segundo a Lista das Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção em Santa Catarina, proposto pela FATMA (Santa Catarina, 2010) e pela Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção através da portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014 publicada pelo Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2014). As principais ameaças aos mamíferos são a fragmentação, a perda de habitat e as doenças infecciosas (IUCN, 2016).

O condomínio Perini Business Park, localizado em Joinville/SC, possui um Programa de Conservação do Bugio-ruivo por cooperação técnico científico com a Universidade Regional de Blumenau (FURB). O objetivo do programa é de aumentar o conhecimento e a proteção das populações de bugio-ruivos na região norte catarinense por meio de ações de manejo, pesquisa, treinamento, educação para conservação e recuperação florestal. O programa é composto por cinco metas e vinte e uma ações, cuja previsão de implementação foi estabelecida em cinco anos.

A área do programa situa-se sob as coordenadas geográficas 26°14'41"S e 48°53'03"W, no distrito industrial de Joinville/SC. O clima predominante é do tipo mesotérmico úmido, sem estação seca e a temperatura média anual é de 22,66 °C, nos últimos dez anos. O condomínio situa-se no limite da área urbana e da área rural entre as Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Morro do Iriirú e Morro do Boa Vista, os Parques Municipais Morro do Finder e Caieira e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Ilha do Morro do Amaral (Figura 1).

### Cartografia base e metodologia

A cartografia utilizada nos procedimentos técnicos foi obtida na Prefeitura Municipal de Joinville, através do Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGEO). Os dados utilizados foram compostos por dezenove cartas topográficas de restituição aerofotogramétrica, sendo vetoriais e ortofotos.

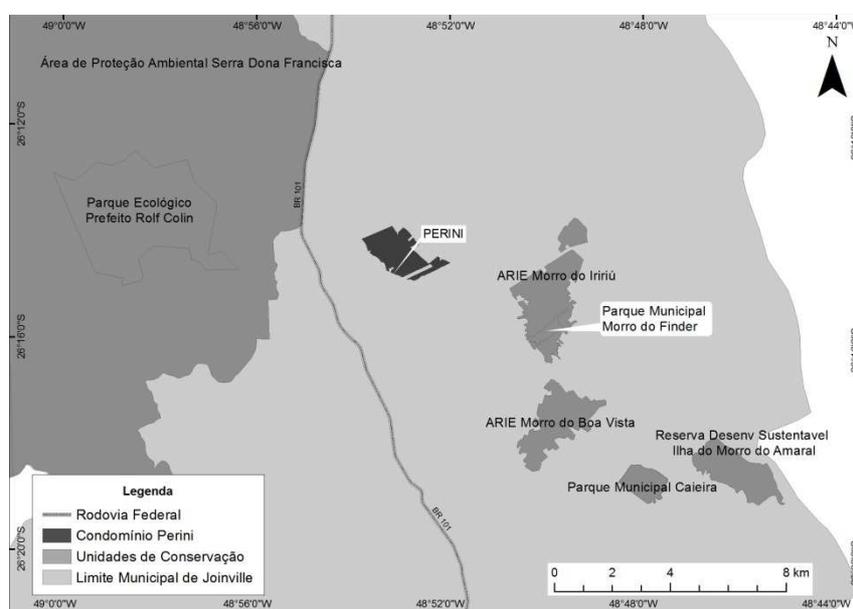


Figura 1. Localização geográfica das Unidades de Conservação próximas ao condomínio Perini Business Park, Joinville, Santa Catarina.

Os dados foram manipulados em ambiente SIG, no formato vetorial (*shapefile*) e matricial (*raster* - imagem). A classificação da cobertura e uso do solo foi obtida por interpretação visual das ortofotos. Foram identificadas nove classes de uso do solo, na qual são relevantes para o objetivo do estudo, sendo elas:

- Áreas construídas - antropizadas: casas, galpões, fábricas e outras áreas que há ocupação ou interferência humana, sejam por pessoa física ou jurídica;
- Agricultura: áreas atualmente usadas pela agricultura conforme as imagens, sendo em preparo, em plantio, em cultura estabelecida ou que há indícios de uso independente do tamanho do plantio;
- Lagos e lagoas: áreas utilizadas para a piscicultura ou lagoas recreativas;
- Pastagens e/ou áreas livres: áreas com predomínio de espécies de gramíneas usadas para a pecuária com a detecção ou não da presença de animais e áreas que mesmo não sendo caracterizadas como pastagens para a pecuária, mas que possuem cobertura por gramíneas;
- Reflorestamento: plantio de eucalipto e outras espécies destinadas a este uso;

- Rios principais: rios de expressiva largura sendo possível a delimitação de área (largura e comprimento), exclusivamente não tubulados;
- Rodovias: estradas caracterizadas como rodovias que de certa forma interferem na passagem da fauna;
- Solo exposto: solo desprovido de cobertura, detectado normalmente após a execução de terraplanagem e de mineração;
- Vegetação nativa: vegetação com características de estágios médio, avançado e/ou primário.

A delimitação da área de interesse, ou seja, a área que contempla as Unidades de Conservação; Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca, Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Morro do Iririú e Parque Municipal Morro do Finder, foi criada ao redor do condomínio Perini Business Park a partir de *buffers* variando entre 1.000 à 4.000 m.

A Avaliação Multicritérios integra técnicas de tomada de decisão e SIGs e vem sendo muito usado nos últimos anos, onde a CLP é um dos métodos mais empregado (Malczewski, 2004). Os atributos (critérios) utilizados na CLP foram definidos com base na proposta de corredores ecológicos e da espécie foco, o bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) (Tabela 1).

Tabela 1. Peso dos atributos (critérios) utilizados na CLP, definido pelos integrantes do Programa de Conservação do Bugio-ruivo no Condomínio Perini Business Park.

Atributo	Peso
Área Nuclear	0,3
Vegetação	0,2
Hidrografia	0,2
Urbanização	0,1
Declividade	0,1
Restrições	0,1
Total	1,0

Os mapas de atributos (critérios) utilizados na CLP foram criados separadamente, através de quadrículas (*grid*) de 25 x 25 m sobre a área de interesse. Para cada mapa foi calculado a distância do *grid* em relação ao atributo em questão. Os atributos selecionados para compor o mapa de prioridade final estão listados a seguir:

- Proximidade da área nuclear > 1 ha – fragmento florestal com área nuclear > 1 ha, criado a partir da borda de 50 m.
- Proximidade da cobertura florestal - todos os fragmentos florestais.
- Proximidade da rede de drenagem - rede de drenagem.
- Proximidade das áreas urbanizadas - áreas construídas – antropizadas.
- Declividade - gerada a partir das curvas de níveis, sendo utilizada a declividade média no interior de cada *grid* (25 x 25 m).
- Restrições – classes de uso do solo consideradas: agricultura, lagos e lagoas, rodovias e solo exposto (mineração, etc).

Em seguida, foi realizado o cálculo da distância de cada *grid* em relação ao atributo e posteriormente, realizado uma normatização através da ponderação das distâncias dos *grids* e cada atributo variando entre 0 e 255. Cada *grid* foi multiplicado pelo peso correspondente de cada atributo (Tabela 1) somando-se seis valores ao final do processo. Novamente, foi necessário realizar uma normatização, para adequar os valores variando entre 0 e 255.

O intervalo das classes foi determinado a partir do método de classificação de quebras naturais (otimização de Jenks) sendo: muito baixa prioridade, baixa prioridade, média

prioridade, alta prioridade e muito alta prioridade. A partir do mapa final de áreas prioritárias de conectividade florestal visando a implantação de corredor ecológico, foram realizadas algumas propostas baseadas na legislação vigente sobre áreas de preservação permanentes (APP) de rios (BRASIL, 2012) e na Resolução 09/1996 sobre corredores ecológicos (CONAMA, 1996) e no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000).

### 3. Resultados e Discussão

O *grid* criado para a confecção do mapa de áreas prioritárias possui 121.975 quadrículas de 25 x 25 m, abrangendo uma área equivalente à 7.587,14 ha. Essa área corresponde a 6,7% do território municipal e o mapeamento da cobertura e uso do solo demonstrou que a classe vegetação nativa (32,7%) foi maior, seguido de pastagens e/ou áreas livres (29%) (Figura 2).

A classe “áreas construídas – antropizadas” também obteve uma boa representação com 24,3% da cobertura e uso do solo da área delimitada para definir o corredor ecológico. A pouca área de cobertura florestal em relação às demais áreas sem cobertura florestal, caracteriza a área sendo mais urbanizada do que natural. Mesmo assim, a CLP conseguiu estabelecer áreas prioritárias para a implantação do corredor ecológico definida como: muito alta e alta, e que juntas resultam em 52,4% (Tabela 2).

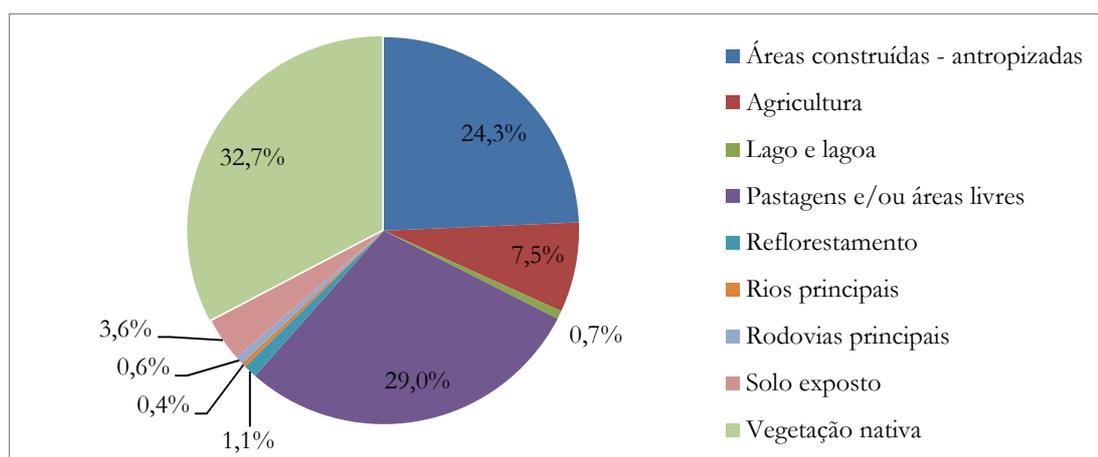


Figura 2. Cobertura e uso do solo nas áreas prioritárias do corredor ecológico, no território municipal (6,7%) de Joinville, SC.

Este percentual (52,4%) auxilia no trajeto da proposta do corredor ecológico, que interliga as UCs e as populações de bugio-ruivos presentes no condomínio Perini. Apesar de, nas proximidades das UCs Morro do Iririú e Morro do Finder, não há uma continuidade das prioridades "alta" e "muito alta", o que dificulta a ligação do corredor (Figura 3). Isto pode estar atribuído, devido a presença de manchas urbanas maiores (caracterizadas por residências) e pelas restrições.

#### Proposta Corredor Ecológico

Diante do resultado alcançado, através da combinação dos atributos e indicado pelo mapeamento de áreas prioritárias para a criação de corredor ecológico, foram traçadas algumas propostas de corredores.

As propostas possuem diferenças pontuais, como por exemplo no cruzamento da rodovia Dona Francisca, havendo duas sugestões, sendo uma sob as coordenadas geográficas 26°13'09,70"S e 48°54'15,73"W (xx1) e a outra 26°13'19,23"S e 48°54'18,51"W (xx2). E três

diferentes percursos, sendo a primeira (x1x) iniciando pela UC APA Serra Dona Francisca passando pelo condomínio, seguindo pelo rio Mississipe e posteriormente pelo rio do Braço até a ligação da ARIE Morro do Iriú. A segunda (x2x), da mesma forma, inicia-se na APA, e depois da junção com o rio do Braço ( $\pm 1.000$  m), cruza a Avenida Santos Dumont, seguindo pelo ribeirão existente na região, até a ligação da ARIE e do Parque Municipal Morro do Finder. A terceira (x3x), também inicia na APA e segue até os fundos do condomínio por onde segue passando pelo interior de áreas rurais até o encontro do rio Cubatão, que acompanha até a ligação com a ARIE. Em todos os três percursos ocorrem a variante do cruzamento com a rodovia Dona Francisca e as sugestões de larguras dos corredores ecológicos, conforme as orientações da legislação.

Tabela 2. Área das prioridades conforme a categoria, para a conectividade florestal através da proposta de corredor ecológico, Joinville, SC.

Prioridade	Área (ha)	%
Muito baixa	512,97	6,76
Baixa	1.294,63	17,06
Média	1.801,99	23,75
Alta	2.267,01	29,88
Muito alta	1.710,54	22,55
<b>Total geral</b>	<b>7.587,14</b>	<b>100</b>

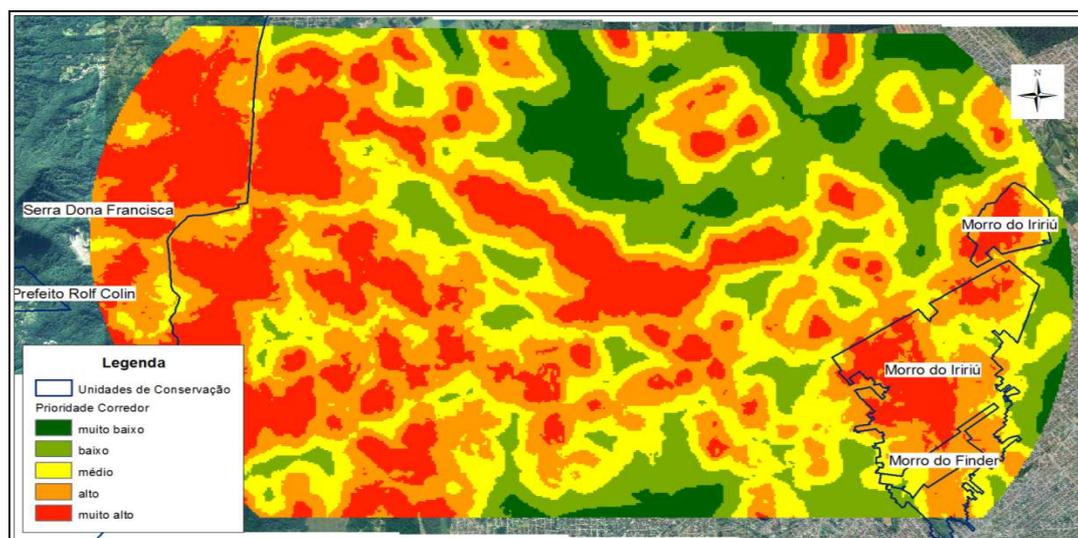


Figura 3. Áreas prioritárias de acordo com a Combinação Linear Ponderada e Análise Multicritérios para a criação de corredor ecológico em Joinville, SC.

As larguras foram delimitadas por três situações, sendo a primeira (A) foi de 30 m de APP para cada lado do rio e de 100 m onde não há rio. A segunda (B) foi de 50 m para cada lado do rio e 100 m onde não há rio, e a terceira (C) foi de 100 m para cada lado do rio e 100 m onde não há rio. O comprimento dos corredores propostos variaram entre 9,8 e 12,5 km.

Os corredores propostos foram cruzados com o mapeamento de uso e cobertura do solo, desta forma, eles indicaram em área (Tabela 3) o quanto cada corredor abrange para cada uso do solo. Isto permite, verificar quais propostas contemplam um determinado uso, por exemplo "áreas construídas - antropizadas".

#### 4. Conclusões

A região possui um percentual de cobertura vegetal admissível, mas com muitos fragmentos e tamanhos variáveis. Esses fragmentos muitas vezes, estão próximos, mas separados por uma via ou rodovia, o que dificulta a função de continuidade da vegetação.

A região possui características pertinentes, como a urbanização próxima as UCs, particularmente na ARIE e no Parque Municipal. Isto demonstra os desafios na implantação do corredor ecológico, principalmente na ligação sobre a rodovia federal BR 101 e a APA Serra Dona Francisca, que é a principal ligação a ser feita.

Tabela 3. Cobertura e uso do solo em cada proposta de corredor ecológico em hectares (ha).

Uso e cobertura do solo	A11 - 30 m	A12 - 30 m	A21 - 30 m	A22 - 30 m	A31 - 30 m	A32 - 30 m
Áreas construídas - antrop.	2,579	3,417	2,019	2,857	0,703	1,542
Agricultura	1,126	1,126	1,126	1,126	1,827	1,827
Lago e lagoa					0,441	0,441
Pastagens e/ou áreas livres	22,768	23,053	19,609	19,894	22,902	23,187
Reflorestamento					0,511	0,511
Rios principais	5,044	5,044	2,934	2,934	5,614	5,614
Rodovias principais	0,447	0,367	0,503	0,424	0,207	0,128
Solo exposto	0,108	0,029	0,095	0,016	0,080	
Vegetação nativa	46,295	42,588	41,791	38,083	61,061	57,355
<b>Total geral</b>	<b>78,368</b>	<b>75,624</b>	<b>68,078</b>	<b>65,334</b>	<b>93,347</b>	<b>90,605</b>

Uso e cobertura do solo	B11 - 50 m	B12 - 50 m	B21 - 50 m	B22 - 50 m	B31 - 50 m	B32 - 50 m
Áreas construídas - antrop.	7,922	9,529	5,333	6,940	2,027	3,635
Agricultura	3,045	3,045	3,045	3,045	4,349	4,349
Lago e lagoa					0,944	0,944
Pastagens e/ou áreas livres	35,734	36,289	31,361	31,916	36,015	36,570
Reflorestamento					0,511	0,511
Rios principais	5,103	5,103	3,000	3,000	5,809	5,809
Rodovias principais	0,815	0,704	0,911	0,800	0,293	0,182
Solo exposto	0,808	0,619	0,588	0,399	0,236	0,047
Vegetação nativa	65,159	61,410	57,199	53,450	76,493	72,749
<b>Total geral</b>	<b>118,586</b>	<b>116,699</b>	<b>101,437</b>	<b>99,550</b>	<b>126,677</b>	<b>124,797</b>

Uso e cobertura do solo	C11 - 100 m	C12 - 100 m	C21 - 100 m	C22 - 100 m	C31 - 100 m	C32 - 100 m
Áreas construídas - antrop.	27,308	30,746	17,936	21,374	7,560	11,114
Agricultura	8,778	8,778	8,778	8,778	13,358	13,358
Lago e lagoa	0,162	0,162	0,162	0,162	2,576	2,576
Pastagens e/ou áreas livres	65,794	67,261	57,278	58,745	65,767	67,254
Reflorestamento					0,511	0,511
Rios principais	5,254	5,254	3,154	3,154	6,157	6,157
Rodovias principais	1,376	1,245	1,578	1,446	0,443	0,311
Solo exposto	5,090	4,680	3,218	2,809	1,347	0,937
Vegetação nativa	101,509	97,470	93,038	88,999	108,521	109,062
<b>Total geral</b>	<b>215,271</b>	<b>215,596</b>	<b>185,142</b>	<b>185,467</b>	<b>206,240</b>	<b>211,280</b>

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Condomínio Perini Business Park pela realização do Programa de Conservação do Bugio-ruivo.

## Referências Bibliográficas

Alarcon, G. G.; Da-Ré, M. A.; Fukahori, S. T. I. Análise de instrumentos de mercado na gestão do corredor ecológico Chapecó, Santa Catarina, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 117-138. 2013.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC. Diário Oficial da União de 19 de julho de 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **O corredor central da Mata Atlântica : uma nova escala de conservação da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Conservação Internacional e Fundação SOS Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Conservação Internacional, 46 p. 2006.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Código Florestal Brasileiro. 2012

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Portaria n° 444, de 17 de dezembro de 2014**. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (espécies terrestres e mamíferos aquáticos).

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Resolução CONAMA 09/96**, de 24 de outubro de 1996. Diário Oficial da União de 7 de novembro de 1996.

Dean, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 484 p. 1996.

Fahrig, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, n. 34, p. 487-515. 2003.

Herrmann, G. **Manejo de paisagem em grande escala: estudo de caso no Corredor Ecológico da Mantiqueira, MG**. 246 f. Tese (Doutorado em em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2016-2. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 14 nov 2016.

Malczewski, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, v. 62, p. 3–65. 2004.

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

Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F.; Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153. 2009.

SANTA CATARINA. **Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção em Santa Catarina**: Relatório Técnico Final. Florianópolis, 58 p. 2010.

SANTOS, J. S. A. M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. 176 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Nacionais, São José dos Campos, 2002.

Sartori, A. A. C.; Silva, R. F. B.; Zimback, C. R. L. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1079-1090. 2012.

Seoane, C. E. S.; Diaz, V. S.; Santos, T. L. ; Froufe, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 207-216. 2010.

Viana, V. M.; Pinheiro, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42. 1998.