

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Modelos de Dispersão Populacional do muriqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae)**

**Bruna Silva Santos**

**Vitória, ES  
Março, 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Modelos de Dispersão Populacional do miquiqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae)**

**Bruna Silva Santos**

**Orientador: Prof. Dr. Sérgio Lucena Mendes  
Co-orientador: Prof. Dr. Britaldo S. Soares Filho**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal**

**Vitória, ES  
Março, 2012**

**Modelos de Dispersão Populacional do miqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae)**

**Bruna Silva Santos**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal**

---

Prof. Dr. Sérgio Lucena Mendes, Orientador – UFES

---

Prof. Dr. Adriano Pereira Paglia - UFMG

---

Prof. Dr. Francisco Candido Cardoso Barreto - UFES

## Agradecimentos

Depois de muito trabalho, noites sem dormir, conversas, reuniões, viagens, aulas, horas e horas no computador, enfim tudo que envolve a elaboração de uma dissertação, conseguimos! Conseguimos, porque não seria possível realizar esse trabalho sem tantas pessoas envolvidas! Por isso agradeço imensamente a:

Meu orientador, Sérgio Lucena, grande conservacionista, crítico e com ideias brilhantes. Obrigada por tudo que me ensinou, pelas conversas e esclarecimentos, por confiar no meu trabalho, me dar um grande problema para tentar resolver e trazer uma nova tecnologia para os trabalhos de conservação do miqui.

Ao meu co-orientador Britaldo Soares-Filho, por, mesmo sem nos conhecer e por estar muito ocupado, me receber, ensinar modelagem ambiental e me ajudar a entender autômato celular!

A todos os amigos do Laboratório de Biologia da Conservação de Vertebrados - UFES, muito obrigada meus fofos queridos por toda a ajuda profissional e pessoal! Em especial a Luana, Karol, Andressa, Cacs, Dani, Cintia, Flavia, Joana, Mari, Bertha, Arthur, Gabriel, Bruno, Amanda e Nathy, pelo companheirismo, conversas, cafés, happy hour, ideias, por me ouvirem sempre e me darem forças quando as coisas não andavam ou quando os modelos não rodavam! Muito obrigada pela amizade e companheirismo!

A Luana por me apresentar e ensinar muitas coisas sobre Ecologia de Paisagem, a Flavia por me ajudar no mapa da área de estudo e por serem grandes companheiras de laboratório e de viagens!

A Dani, Luana, Karol e Cacs pelas revisões, correções e ótimas ideias para minha dissertação. Obrigada por dedicarem o tempo corrido de vocês para me ajudarem!

A todos da minha turma de mestrado 2010, por todos os momentos juntos, discussões, aulas teóricas e de campo, e momentos de descontração.

A Carol, Letícia Lima, Letícia Hissa, Rafaela, Willian e todos do Centro de Sensoriamento Remoto – UFMG. Hermann, obrigada pelas grandes ideias e disponibilidade em ajudar a solucionar os vários problemas em simular dispersão animal. Em especial a Aline Oliveira, pela dedicação, carinho, por tudo que me ensinou e pela disponibilidade, mesmo também terminando sua dissertação sempre esteve presente e atenciosa.

Ao Rogério Ribeiro, por toda dedicação nos trabalhos de campo, por todos os dados coletados e disponibilizados, pelas conversas e por conhecer cada miqui!

Ao Francisco Barreto (Chicó) por ser da minha banca, pelas conversas, apoio para aprender modelagem e utilizar autômato celular e pela amizade.

Ao Adriano Paglia por fazer parte da minha banca e publicar artigos maravilhosos sobre conservação e fragmentação que foram muito uteis na execução desta dissertação.

Aos meus amigos irmãos Kamilla, Mayena, Renan e Rafael, por estarem sempre comigo e serem pessoas tão especiais.

Enfim, aos grandes responsáveis por minha formação pessoal e profissional, minha família! Aos meus pais por me educarem, me ensinarem a ser crítica, mas respeitar as diferenças, a defender minhas ideias, me darem todo amor e dedicação para que eu me tornasse uma mestre! Às minhas irmãs amigas Babi e Bia, pela força, ajuda, companheirismo, por também aprenderem várias coisas sobre biologia, pelos momentos de diversão e por todas as conversas de madrugada!

Aos mestres do PPGBAN por todos os ensinamentos profissionais e pessoais.

À CAPES pela bolsa concedida e ao CNPq e IPEMA – Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, pelo suporte ao Projeto Miqui.

Obrigada a todos por torcerem por mim, terem paciência e me ajudarem em tudo!

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Resumo.....</b>   | <b>06</b> |
| <b>1. Introdução.....</b>  | <b>08</b> |
| <b>2. Métodos.....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1. Área de estudo.....   | 11        |
| 2.2. Estudo da Paisagem.....   | 13        |
| 2.3. Definição da permeabilidade da matriz .....                     | 13        |
| 2.4. Modelagem .....   | 14        |
| 2.4.1. Modelos de crescimento populacional e demanda de área.....    | 14        |
| 2.4.2. Modelagem da dispersão populacional.....                      | 15        |
| <b>3. Resultados.....</b>  | <b>18</b> |
| 3.1. Composição dos Grupos de Estudo.....                            | 18        |
| 3.2. Matriz de Fricção da Paisagem.....                              | 19        |
| 3.3. Custo da Dispersão dos muriquis pela Paisagem.....              | 19        |
| 3.4. Crescimento populacional e demanda de área.....                 | 24        |
| 3.5. Caminhos de dispersão.....                                      | 25        |
| 3.6. Fragmentos de destino da dispersão.....                         | 28        |
| 3.7. Modelos de dispersão entre as cinco populações de muriquis..... | 36        |
| 3.8. Corredores Ecológicos.....                                      | 37        |
| <b>4. Discussão.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>5. Referências.....</b>   | <b>43</b> |

## Lista de Tabelas

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 1:</b> Grupos de miquis estudados, densidade e taxa de crescimento populacional.....                              | <b>19</b> |
| <b>Tabela 2:</b> Matriz de fricção da Paisagem.....   | <b>23</b> |
| <b>Tabela 3:</b> Incremento populacional e de área.....   | <b>24</b> |
| <b>Tabela 4:</b> Ano de Início da Dispersão, número de miquis e área ocupada.....   | <b>25</b> |
| <b>Tabela 5:</b> Área dos fragmentos prováveis a receberem miquis migrantes de acordo com a modelagem.....                  | <b>29</b> |
| <b>Tabela 6:</b> Extensão dos Corredores Ecológicos.....  | <b>38</b> |
| <b>Tabela 7:</b> Tipos de cobertura do solo sob os quais, segundo as simulações, os corredores ecológicos devem passar..... | <b>39</b> |

## Lista de Figuras

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1:</b> Área de Estudo – Santa Maria de Jetibá ES.....   | <b>12</b> |
| <b>Figura 2 :</b> Mapa de custo da dispersão dos miquis. As regiões do mapa em azul possuem menor custo para migração dos miquis e em vermelho custo máximo. Nos valores intermediários o aumento de custo da migração ocorre da cor azul claro para o rosa. Mapas de Custo dos grupos: a) São Sebastião de Belém, b) Rio das Pedras 1, c) Rio das Pedras 2, d) Córrego do Ouro 1, e) Córrego do Ouro 2.....  | <b>20</b> |
| <b>Figura 3:</b> Modelagem da dispersão dos miquis do grupo São Sebastião de Belém para fragmentos de mata próximos.....  | <b>26</b> |
| <b>Figura 4:</b> Modelagem da dispersão dos miquis do grupo Rio das Pedras 1 para fragmentos de mata próximos.....  | <b>26</b> |
| <b>Figura 5:</b> Modelagem da dispersão dos miquis do grupo Rio das Pedras 2 para fragmentos de mata próximos.....  | <b>27</b> |
| <b>Figura 6:</b> Modelagem da dispersão dos miquis do grupo Córrego do Ouro 1 para fragmentos de mata próximos.....   | <b>27</b> |
| <b>Figura 7:</b> Modelagem da dispersão dos miquis do grupo Córrego do Ouro 2 para fragmentos de mata próximos.....   | <b>28</b> |
| <b>Figura 8:</b> Mapa de Alocação do grupo São Sebastião de Belém. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos miquis (cores verde claro e escuro). O fragmento de mata que contém miquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos miquis para fragmentos de mata que não os contém e estão no entorno do fragmento de origem dos animais. Como o fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara..... | <b>29</b> |

- Figura 9:** Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo São Sebastião de Belém.....**30**
- Figura 10:** Mapa de Alocação do grupo Córrego do Ouro 1. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Córrego do Ouro 2. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.....**31**
- Figura 11:** Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 1.....**32**
- Figura 12:** Mapa de Alocação do grupo Córrego do Ouro 2. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Córrego do Ouro 1. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.....**32**
- Figura 13:** Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 2.....**33**
- Figura 14:** Mapa de Alocação do grupo Rio das Pedras 1. Quatro fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro, amarelo e laranja). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui as mesmas cores dos fragmentos em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para os demais. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Rio das Pedras 2. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.....**34**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 15:</b> Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 1.....  | <b>35</b> |
| <b>Figura 16:</b> Mapa de Alocação do grupo Rio das Pedras 2. Sete fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores amarelo, rosa, laranja, verde claro e escuro, marrom e roxo). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui todas as cores dos demais fragmentos em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para novos fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. Como o fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para os demais fragmentos..... | <b>35</b> |
| <b>Figura 17:</b> Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 2.....  | <b>36</b> |
| <b>Figura 18:</b> Modelagem da dispersão entre cinco fragmentos de mata que contém muriquis. Em baixo do fragmento de mata que contém o grupo São Sebastião de Belém há a cor vermelha, pois a simulação da dispersão se iniciou neste fragmento e dentro dele o custo de deslocamento é o mesmo.....   | <b>37</b> |
| <b>Figura 19:</b> Corredores Ecológicos interligando cinco fragmentos de mata que contém muriquis.....  | <b>38</b> |

## Resumo

O miqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates: Atelidae) é endêmico da Mata Atlântica brasileira e vive em grupos compostos por vários machos e fêmeas, no qual os machos são filopátricos e as fêmeas dispersam de seus grupos natais antes de se tornarem ativas sexualmente. A área de estudo, o município de Santa Maria de Jetibá (SMJ), sofreu substituição da vegetação original por tipos diferentes de uso e ocupação do solo causando a fragmentação e a perda de habitats. Esta pesquisa objetiva simular a dispersão de cinco grupos populacionais de miquis, estimar o número de indivíduos futuramente e a área ocupada por eles, identificar áreas chaves para possibilitar sua dispersão e propor formação de corredores ecológicos para viabilizar a formação de metapopulação. Os dados empregados neste estudo foram coletados nos anos 2002 a 2011, sendo que em 2011 havia um total de 75 miquis vivendo nos fragmentos estudados. Os cinco grupos estudados apresentaram crescimento populacional positivo, sendo que a taxa média de crescimento populacional dos cinco grupos foi de 4,97% ao ano e a média de densidade populacional igual a 0,11 ind./ha. Foram criados modelos de crescimento populacional, demanda de área e dispersão do miqui, considerando a necessidade de incremento de área para suportar a quantidade crescente de animais. Partindo do pressuposto de que os miquis necessitarão migrar para novos fragmentos de mata quando a capacidade de suporte do fragmento de origem for atingida. Foram gerados mapas determinando os melhores caminhos para a dispersão e qual fragmento tem maior probabilidade de recebê-los primeiro. Utilizando-se o mapa de caminho para dispersão dos miquis foi formulado o mapa de corredores ecológicos, que ligam manchas de matas média e avançada para conexão entre os cinco fragmentos de mata que contém miquis. Para interligá-los serão necessários 1.432 metros de corredores de mata com uma área total de 7,2 ha. A fragmentação e isolamento dos fragmentos de mata dificultam a migração de miquis e a dispersão de fêmeas na época reprodutiva, conseqüentemente acarretando menor crescimento da população. O crescimento populacional da espécie também é limitado pela disponibilidade de áreas adequadas para ocupação e dificuldade de transpor a matriz da paisagem. Saber quais fragmentos tem probabilidade maior de ocupação pelos miquis e quais podem ser conectados são importantes para formação de metapopulação, dispersão de fêmeas em idade reprodutiva e colonização de novos fragmentos. Assim, modelar a dispersão do miqui, seu crescimento populacional e de área, é importante uma vez

que consiste em uma nova ferramenta para embasar decisões sobre conservação da espécie e restauração de matas.

## 1. Introdução

Devido à riqueza biológica e elevado nível de ameaça, a Mata Atlântica é considerada um dos *hotspots* mundiais, ou seja, uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em todo o planeta (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2004). Porém, a substituição da vegetação original por tipos diferentes de uso e ocupação do solo causam a fragmentação e a perda de habitats, sendo consequências diretas do desmatamento (Teixeira, 2005). Desta forma, têm-se, geralmente, remanescentes de vegetação natural subdivididos em fragmentos de distribuição espacial variada, sob condições físicas e ambientais diversas, tipos de vegetação diferentes e que variam em tamanho, forma, tipos de entorno, graus de isolamento e conectividade (Saunders et al, 1991).

Além da perda de habitat, as florestas remanescentes continuam a ser degradadas através de exploração madeireira ilegal, coleta de plantas e produtos vegetais e invasão por espécies exóticas ( Tabarelli et al 2004 In Tabarelli et al 2005). Informações recentes mostram que a área original do Bioma está reduzida a 7 a 8% de sua cobertura histórica (Ribeiro, 2009).

A perda e a fragmentação de habitats estão entre os processos mais importantes relacionados à perda de espécies no mundo e que conduzem à crise de extinção atual (Laurance e Laurance, 1999). Tais processos podem reduzir o tamanho de populações e modificar a distribuição espacial de subpopulações restantes através do seu isolamento em fragmentos de habitats (Saunders *et al.*, 1991). Populações pequenas e isoladas, por sua vez, correm riscos de extinção maiores, pois são mais vulneráveis aos eventos estocásticos e determinísticos, como variação nos parâmetros demográficos, maior chance de perda da variabilidade genética, eventos catastróficos e uma série de outras questões genéticas, além da retirada de indivíduos através da caça ou outros tipos de pressões antrópicas (Rosenzweig 1995; Galetti et al., 2009; Bennett e Saunders, 2010).

Uma forma de entender e minimizar esses problemas é estudar a paisagem e as interações dela com populações animais. Uma ciência que se dedica ao estudo da paisagem é a Ecologia da Paisagem, cujo surgimento foi impulsionado por Carl Troll e por pesquisadores da Europa Oriental e da Alemanha. A geografia humana, a fitossociologia, a biogeografia e disciplinas relacionadas ao planejamento regional influenciaram fortemente esta abordagem conhecida como abordagem geográfica. O segundo surgimento de ecologia de paisagens ocorreu na década de 1980, influenciado por ecólogos e biogeógrafos americanos. Essa “nova” abordagem conhecida como abordagem ecológica enfatiza as unidades naturais da paisagem, a

aplicação de conceitos de ecologia da paisagem para a conservação da biodiversidade ecológica e o manejo de recursos naturais (Metzger, 2001).

A paisagem é definida de diferentes formas pelos pesquisadores. Para Forman e Godron (1986), a paisagem é uma *“área heterogênea composta por conjuntos interativos de ecossistemas”*. Eles entendem Ecologia da Paisagem como o estudo da estrutura, função e dinâmica destas áreas heterogêneas compostas por ecossistemas que interagem entre si. Metzger (2001) propõe uma visão integradora de paisagem e a define como *“um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”*.

Outro termo utilizado neste estudo é matriz, que corresponde a toda e qualquer composição, vegetal ou de outra natureza, que circunde os fragmentos florestais (ou manchas de habitat) e apresente fisionomia diferente deles. A matriz determina parcialmente a possibilidade de dispersão de indivíduos entre os fragmentos, e conseqüentemente, processos de colonização e recolonização (Olifiers e Cerqueira, 2006). A matriz da paisagem é seletiva e dificulta ou facilita a movimentação de indivíduos de diferentes espécies entre os fragmentos (Laurence, 1994). Cada espécie apresenta capacidade intrínseca de dispersão, e responde de formas diferentes à matriz (Laurence, 1994). Para algumas espécies animais, como por exemplo, o miquim, o pasto é uma matriz com fricção muito alta para o deslocamento, ou seja, é muito custoso ao animal atravessá-lo. Já para outros animais, como alguns insetos, o custo é reduzido.

Para facilitar a movimentação de animais entre os fragmentos de habitat é necessário conectividade. Esta é definida por Taylor et al. (1993) como *“o grau em que a paisagem facilita ou dificulta o movimento dos organismos entre manchas de recursos”*. A conectividade pode ser dividida em funcional e estrutural. A conectividade estrutural diz respeito à estrutura da paisagem, independente de atributos dos organismos. Já a conectividade funcional leva em conta as respostas comportamentais de um organismo ou de uma população aos vários elementos da paisagem (manchas de habitats e seus limites) (Rocha et al., 2006).

A conectividade dos fragmentos florestais refere-se ao grau de permeabilidade da paisagem (matriz), já o isolamento de fragmentos refere-se à distância existente entre eles (Taylor et al., 1993). Desta forma, o grau de isolamento, o tamanho dos fragmentos e a estrutura da matriz são fatores importantes para a persistência das espécies (Levins, 1969).

Objetivando-se manter e/ou restabelecer a conectividade em uma paisagem, pode-se criar corredores ecológicos, que normalmente são representados através de

estruturas lineares, ou seja, possuem elevada relação entre comprimento/largura (Lang e Blaschke, 2009), diferem das unidades vizinhas e normalmente ligam ao menos duas manchas (dois fragmentos de habitat), com isso aumentam o fluxo gênico, promovendo o restabelecimento de populações locais e elevam a diversidade de espécies em áreas isoladas (Tewksbury et al., 2002). Os corredores ecológicos tornam a paisagem mais permeável, favorecem a movimentação e recolonização, diminuindo desta forma, os riscos de extinções e aumentam a probabilidade de sobrevivência de metapopulações (Merriam, 1991).

Inicialmente proposto por Levis (1969), metapopulação, segundo ele, são conjuntos de populações locais discretas, sujeitas a extinção local e que persistiam regionalmente devido à recolonização (Pires et al., 2006). Já para Hanski e Simberloff (1997), “metapopulação é uma rede formada por populações espacialmente estruturadas em agrupamentos, cujos indivíduos se reproduzem localmente e onde a migração entre as populações pode influenciar a dinâmica local, incluindo a possibilidade de uma população se restabelecer após uma extinção”.

Para formação de metapopulação é necessário que os animais tenham capacidade de dispersar para novas áreas. O miquiqui-do-norte, objeto deste estudo, possui capacidade de dispersão, porém, esta é dificultada devido à fragmentação do ambiente. A área de estudo, o município de Santa Maria de Jetibá (SMJ), apresenta cerca de 30 a 40% de sua superfície coberta por florestas nativas em estágio médio e avançado de sucessão, porém, assim como toda a Mata Atlântica, se encontra também fragmentado (Mendes *et al.*, 2005a).

O miquiqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* é o maior primata neotropical e endêmico da Mata Atlântica brasileira, pertencem à família Atelidae podendo chegar a pesar 15 kg (Aguirre, 1971). Alimentam-se basicamente de frutos e folhas (Strier, 1991) e são conhecidos pela sua flexibilidade ecológica (Strier, 2000). Vivem em grupos compostos por vários machos e fêmeas, em um sistema social não hierárquico e de agressividade baixa, no qual os machos são filopátricos e as fêmeas dispersam de seus grupos natais antes de se tornarem ativas sexualmente (Strier, 1992; Strier, 2000).

O miquiqui-do-norte anteriormente distribuía-se pelos estados da Bahia (BA), Espírito Santo (ES) e Minas Gerais (MG), no entanto a perda e a fragmentação do seu habitat resultaram no confinamento da espécie em pequenas porções restantes de mata, que hoje correspondem a nove localidades em MG e três no ES (Mendes *et al.*, 2005a). É considerado uma das espécies de primatas mais ameaçadas de extinção do mundo (Mittermeier *et al.*, 2006), e de acordo com a lista da IUCN (2009) e da lista

brasileira de espécies ameaçadas, esta espécie é considerada “criticamente em perigo”.

Uma das localidades de ocorrência desta espécie no ES é um conjunto de propriedades agrícolas situadas no município de Santa Maria de Jetibá (SMJ) (Mendes *et al.*, 2005b), onde existem 13 grupos confirmados vivendo em fragmentos de mata de formatos e graus de isolamento variados (Silva, 2010). Estudos com muriquis em SMJ indicam que existem cinco grupos na região central do município que podem formar metapopulação, aumentando a probabilidade de sobrevivência da espécie (Coutinho, 2007). Entretanto, esses grupos encontram-se em fragmentos florestais distintos, embora próximos, requerendo intervenções, como translocações ou formação de corredores florestais, para aumentar a chance de formação de metapopulação.

Simulações de Viabilidade Populacional demonstraram probabilidade alta de extinção deste primata em fragmentos pequenos e isolados (Coutinho, 2007), confirmando que o tamanho e a conectividade dos fragmentos determinam a persistência da espécie em ambiente natural. Além disso, essas simulações indicam que as populações de muriquis em SMJ estão vulneráveis à extinção nos próximos 50 anos. A vulnerabilidade alta à extinção e o declínio das populações de muriquis em SMJ deve-se principalmente ao seu isolamento (Coutinho, 2007).

O entorno dos fragmentos florestais não permite fluxo satisfatório entre subpopulações. Desta forma, fêmeas de muriquis que dispersam de seus grupos natais a procura de outros grupos para reprodução encontram dificuldades para chegar a novos grupos, e algumas vezes por falta de oportunidade, tornam-se solitárias e não reproduzem.

Considerando que essa situação de isolamento das populações pode levar a espécie à extinção regional, esta pesquisa tem como objetivo simular a dispersão do muriqui-do-norte em uma paisagem fragmentada em Santa Maria de Jetibá, estimar o número de indivíduos futuramente e a área ocupada por eles, identificar áreas chaves para possibilitar sua dispersão e propor formação de corredores ecológicos para viabilizar a formação de metapopulação.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Área de Estudo**

Este estudo foi realizado em Santa Maria de Jetibá (SMJ), município localizado na região centro-serrana do Estado do Espírito Santo, com sede nas coordenadas 20° 02' S e 40° 45' W, altitudes variando entre 300 e 1.450 m e situado no domínio fitogeográfico de Mata Atlântica Sub-Montana a Montana (*sensu* Rizzini, 1979). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como tropical subquente superúmido com subseca.

Esta região montanhosa é caracterizada pelo grande número de pequenos fragmentos de mata, parcialmente conectadas entre si e envoltas por tipos e formas diferentes de uso do solo. Neste local está confirmada a presença de 13 grupos de muriquis, vivendo cada grupo em um fragmento de mata (Mendes et al., 2005).

A área de estudo deste trabalho corresponde a cinco fragmentos florestais estudados pelo Projeto Muriqui desde 2001, que apresentam ocorrência confirmada deste primata e contém aproximadamente 80% da população de muriquis do município. Os grupos estudados são denominados São Sebastião de Belém, Rio das Pedras 1, Rio das Pedras 2, Córrego do Ouro 1 e Córrego do Ouro 2 (Figura 1).

Os fragmentos ocupados variam de 77 a 368 ha, são formados por mosaicos de vegetação representados por mata primária perturbada por corte seletivo e matas secundárias em estágios sucessionais diferentes.

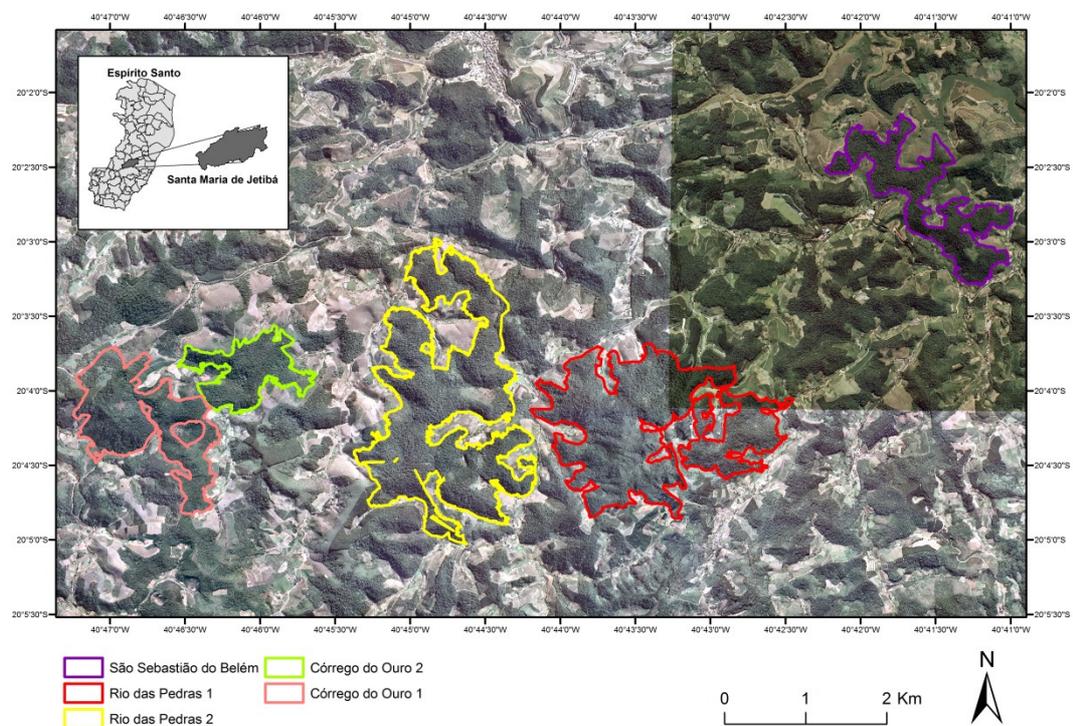


Figura 1: Área de Estudo – Santa Maria de Jetibá ES.

## 2.2. Estudo da Paisagem

Foi realizado o estudo do uso e cobertura do solo em todo o município de Santa Maria de Jetibá por Centoducatte (2011), utilizando para isto fotografias aéreas de 2007/08 (resolução espacial de 1 m) cedidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), e confeccionados mapas com as fitofisionomias ocorrentes na área, a partir de digitalização e interpretação das aerofotos utilizando-se o software ArcMap 9.3. A paisagem foi classificada em 11 classes, a saber, cafezal, campo sujo, corpos d'água, eucalipto, mata inicial, mata média, mata avançada, pasto, edificações (mancha urbana), afloramento rochoso e outros cultivos (área destinada ao cultivo de plantas para obtenção de alimento, principalmente horticultura).

Baseando-se nestas fotos e nos mapas fornecidos, realizou-se o estudo do uso e cobertura do solo na área nuclear onde se encontram os cinco grupos de muriquis em SMJ. Em cada fragmento de mata, foi definida a área de ocupação dos muriquis a partir de dados coletados com o coordenador e o técnico de campo do Projeto Muriqui. Posteriormente estes dados foram plotados no software ArcMap 9.3 e confeccionados mapas de ocupação dos fragmentos para cada grupo de muriquis estudado. O cálculo da área ocupada pelos grupos de muriquis em cada fragmento foi realizado na tabela de atributos do mesmo software. Além disso, também foi delimitada a área total de cada fragmento de mata estudado, considerando a mata média e a mata avançada dos fragmentos.

Todos os mapas foram transformados do formato *shape* para o formato *raster* no software ArcGis 9.3, uma vez que o programa utilizado para modelagem, DinamicaEGO 64 1.8.6, somente suporta conjunto de dados *raster* (Soares-Filho et al., 2009). Todos os mapas possuem o mesmo número de linhas e colunas, respectivamente 169 e 216, resolução espacial de 100 metros, sistema de coordenadas geográficas UTM, Datum WGS-84, zona 24 e formato Geotiff.

## 2.3. Definição da permeabilidade da matriz

Utilizando-se a classificação de uso e cobertura do solo de SMJ, foi possível definir o tipo de entorno de cada um dos cinco fragmentos estudados que contém populações de muriquis, ou seja, a matriz da paisagem.

A partir disto foi realizada entrevista com oito pesquisadores, com prática de campo e experiência em pesquisas com muriquis, para definição da permeabilidade da

matriz. O objetivo foi definir o custo para o animal transpor determinada unidade da paisagem (a matriz). Valendo-se dos dados da entrevista foi formulada a matriz de fricção.

A cada pesquisador foi enviado um mapa de uso e cobertura do solo da região de estudo e fotos aéreas com a localização de algumas populações de muriquis. Foi solicitado que cada entrevistado fornecesse um valor de 1 a 100 para cada classe de cobertura do solo, sendo 1 a menor fricção para a passagem do muriqui pela matriz e 100 a maior fricção, ou seja, o valor 1 representa custo pequeno a passagem por determinada matriz e 100 custo muito elevado ou impossível de ocorrer a passagem do animal.

A compilação de dados dos oito pesquisadores foi realizada calculando-se a mediana de cada classe de dados, desta forma evitam-se valores extremos e discrepantes nos dados (*outlayers*). O resultado final deste cálculo é a matriz de fricção que foi utilizada posteriormente na confecção dos modelos e indica o custo para o muriqui atravessar determinada matriz.

## **2.4. Modelagem**

### **2.4.1. Modelos de crescimento populacional e demanda de área**

A criação de modelos de dispersão do muriqui-do-norte foi realizada no software DinamicaEGO 64 1.8.6 (Soares-Filho, et al., 2009), que é um instrumento para investigação de trajetórias de paisagens e dinâmica de fenômenos espaciais (Soares-Filho et al. 2002, Soares-Filho 2006).

Foi criado um modelo para cada uma das cinco populações de muriquis vivendo nos cinco fragmentos de mata estudados. Os modelos preveem o incremento populacional e de área no decorrer dos anos. Como entrada para a modelagem, foi utilizado o número de indivíduos em cada fragmento, a área ocupada por eles, a taxa de crescimento populacional de cada grupo e a densidade populacional máxima esperada.

O número de muriquis em cada fragmento foi obtido a partir de consulta ao banco de dados do Projeto Muriqui que realiza censos populacionais periódicos, sendo considerado na pesquisa dados de 2002 a 2011; e a área ocupada por eles foi fornecida pelo coordenador do projeto e pelo técnico de campo.

A taxa de crescimento populacional foi calculada de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), utilizando-se como base para o cálculo a taxa média anual de crescimento geométrico, cuja fórmula é,

$$\sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 = r$$

onde  $P_0$  é a população inicial,  $P_t$  é a população no instante  $t$  e  $t$  é o período de tempo.

A densidade populacional foi calculada para cada um dos cinco grupos de muriquis, dividindo-se o número de indivíduos pela área ocupada por eles. O maior valor de densidade populacional encontrada dentre as cinco populações de muriquis estudadas em SMJ foi 0,15 indivíduos por hectare no grupo denominado Córrego do Ouro 1. Este valor foi empregado no modelo como densidade máxima de muriquis suportada pelos fragmentos de mata da região, ou seja, foi admitida capacidade de suporte do ambiente igual a 0,15 ind./ha.

Na construção do modelo, a densidade máxima de muriquis por hectares de mata foi utilizada como limiar para o início da dispersão pela paisagem. O DinamicaEGO possibilita a criação de cenários futuros com retroalimentação do modelo no decorrer do tempo. Assim, a cada ano a área e o número de muriquis eram atualizados e transferidos para o passo de cálculo do ano seguinte. Este incremento populacional e de área foi calculado de acordo com a taxa de crescimento populacional de cada grupo.

Como saída o modelo gera tabelas com o incremento populacional e de área no decorrer dos anos e tabela com a densidade populacional, que como regra para este modelo, permanece constante durante os anos.

Foram realizados testes para verificar o início da necessidade de incremento de área para cada grupo de muriquis e início da dispersão para novos fragmentos de mata. Desta forma foi adotado um período de tempo diferente para realização das simulações de crescimento populacional e de área para cada um dos cinco grupos. As simulações foram realizadas para cada grupo até que cada população ocupasse totalmente o fragmento de mata em que habitam e fosse necessário migrar para novos locais. Atingido este ponto a simulação era finalizada, não modelando a migração para anos seguintes.

#### **2.4.2. Modelagem da dispersão populacional**

Com o intuito de criar estratégias para a conservação do muriqui e descobrir por quais caminhos e quando se dá sua dispersão para outros fragmentos de mata, foram criados modelos ambientais no software DinamicaEGO 64 1.8.6 (Soares-Filho, et al., 2009) representando a dinâmica espaço-temporal por autômatos celulares (AC). Neles, o espaço é representado por um mosaico de células, de tamanho e formatos idênticos. Sobre cada célula do autômato celular são aplicadas regras de transição que determinam quando e porque o estado de uma célula se altera e podem ser qualitativos ou quantitativos (Câmara, 1996).

Batty e Xie (1997) afirmam que o autômato celular consiste em sistema dinâmico e discreto cujo comportamento é completamente determinado em termos de relações locais. O modelo AC representa o espaço na forma de malha, com linhas e colunas. Nesta malha, cada célula pode possuir somente um estado por vez, de uma série de estados que definem os atributos do sistema. Este estado pode mudar ao longo do tempo. A transformação de estado de uma célula é função da situação dos estados das células na vizinhança.

Com a utilização de autômatos celulares, foram feitas simulações de eventos futuros, sendo um instrumento de aquisição de conhecimento, a partir da integração de informações sobre sistemas dinâmicos. Primeiramente foi necessária a formulação de um modelo conceitual, onde foram definidos os elementos ou estados de uma paisagem e suas possíveis transições. Os componentes básicos de um modelo são sua configuração inicial (mapa da paisagem), função de mudança e configuração de saída (Soares-Filho et al., 2008).

O modelo criado demonstra a dispersão dos muriquis para novos fragmentos de mata com passagem por tipos diferentes de matrizes. Nesta etapa, utilizou-se a matriz de fricção, criada baseando-se na entrevista com especialistas da área. Foi calculado um mapa de custo da dispersão cruzando os dados do mapa de uso e cobertura do solo com a matriz de fricção que varia de 1 a 100. Cada fragmento de mata que contém um grupo de muriquis possui um mapa de custo diferente, sendo gerados cinco mapas de custo.

Desta forma, o custo da dispersão leva em consideração a fricção da paisagem (custo de deslocamento) e a distância entre cada célula da matriz. Assim, o cálculo do custo se origina no fragmento de mata modelado e percorre toda a extensão da paisagem, calculando o custo do muriqui sair do fragmento de mata e ir para qualquer parte da matriz - qualquer outra célula.

Em um segundo modelo foi simulado o caminho que os muriquis percorreriam quando a capacidade de suporte do ambiente em que vivem for atingida. Neste ponto, o grupo necessitaria de habitat maior, migrando para novos fragmentos de mata.

Foram escolhidos fragmentos de mata avançada e média no entorno dos fragmentos que contém muriquis. Não foi estipulado um tamanho mínimo para os fragmentos escolhidos, pois entende-se que mesmo fragmentos pequenos, quando conectados com outros maiores, tem sua área aumentada, e provavelmente podem suportar alguns animais. Além disso, fragmentos de mata pequenos podem funcionar como trampolins ecológicos (*stepping stones*) contribuindo para o aumento da conectividade da paisagem (Ribeiro et al., 2009).

Os fragmentos de matas não ocupados por muriquis mas separados dos fragmentos de ocorrência destes animais por rodovias pavimentadas foram desconsiderados para as simulações pois, rodovias pavimentadas representam uma barreira bastante custosa a ser transposta por eles.

Para obtenção do caminho menos custoso para a passagem dos muriquis do fragmento de origem para um novo, foi utilizado o mapa com o fragmento de mata com presença de muriquis, ou seja, a origem da dispersão, e foi cruzado o mapa de custo da dispersão com os fragmentos escolhidos.

Com este modelo, pode-se prever por quais caminhos os muriquis iriam passar para atingir cada um dos fragmentos de mata pré-determinados, mas não se sabia para qual fragmento, dentre todos do entorno, eles iriam dispersar.

Foi necessário criar um terceiro modelo para calcular um mapa de custo de alocação. Este mapa divide o fragmento de mata de origem dos muriquis em regiões, e demonstra para qual fragmento ou fragmentos de mata é mais provável ocorrer a dispersão primeiro. Cada fragmento de mata do entorno possui um código (um número) e uma cor. Assim, quando o fragmento de origem dos muriquis é dividido em regiões (quando é realizada a alocação), cada uma destas regiões fica de uma cor e ganha um código, que corresponde à cor e ao código do fragmento de mata que irá receber os muriquis.

O cálculo do mapa de custo de alocação tem como objetivo identificar a região de influência de um recurso de origem (fragmento de origem dos muriquis). Desta forma, é calculado qual fragmento de mata apresenta custo mais baixo para dispersão dentre todos os outros fragmentos e assim a dispersão ocorre para os fragmentos menos custosos. Os fragmentos de mata que já continham populações de muriquis foram incluídos nas simulações dos melhores caminhos para ocorrer a dispersão, mas foram excluídos quando o modelo indicava que a dispersão dos muriquis iria ocorrer de forma menos custosa para ele. Isso foi feito pois, com o passar dos anos haverá incremento populacional em todos os grupos, e necessidade de área de vida maior. Assim, optou-se por evidenciar novos habitats capazes de comportar estes animais.

Para explicitar qual fragmento de mata é menos custoso para a dispersão do muriqui, foi feito o quarto modelo, que consiste no corte do mapa de alocação, mostrando somente o fragmento de mata de origem dos muriquis, dividido em regiões de cores e códigos diferentes, sendo que cada cor e código representa o fragmento de mata de destino da dispersão. Assim, a região que apresentar mais células da mesma cor (mesmo código), indica para qual dos fragmentos de destino é menos custosa a dispersão, ou seja, para qual fragmento é mais provável ocorrer a dispersão primeiro.

O quinto e último modelo de dispersão é entre os cinco fragmentos de mata que contém muriquis, São Sebastião de Belém, Córrego do Ouro 1 e 2 e Rio das Pedras 1 e 2. Foi feito um mapa de custo para a dispersão entre estes fragmentos e um mapa para saber qual unidade da paisagem (região da matriz) é menos custosa para o deslocamento dos muriquis, o mapa de caminho da dispersão. Após esta etapa os resultados foram plotados no ArcGis 9.3, sendo criados contornos de linhas para demarcar o caminho de menor custo por onde, de acordo com a modelagem, os muriquis passarão. Desta forma, pode-se avaliar melhor onde criar corredores ecológicos para interligar populações separadas em fragmentos de mata distintos.

Na etapa final foram delimitados corredores ecológicos entre os fragmentos. Cada corredor foi criado manualmente, utilizando-se como base a simulação com os caminhos de menor custo para a dispersão. Foi feito um contorno de linhas somente nas classes diferentes de matas média e avançada, ou seja, onde já ocorre esta fitofisionomia não é necessário formação de corredores ecológicos, pois as matas já cumprem este papel. Assumiu-se como largura para o corredor o valor de 50 metros. Foram confeccionados buffers de 25 metros ao redor do caminho da dispersão, totalizando 50 metros de largura de corredor, e calculou-se a área e o comprimento de cada corredor ecológico na calculadora de atributos do software ArcGis 9.3.

### **3. Resultados**

#### **3.1. Composição dos Grupos de Estudo**

Os fragmentos de mata ocupados pelos muriquis variam de 56,5 a 215,7 ha, totalizando 671,2 ha de mata utilizados pelos cinco grupos. Os dados empregados neste estudo foram coletados nos anos 2002 a 2011, sendo que em 2011 havia um total de 75 muriquis vivendo nos fragmentos estudados. O grupo denominado Córrego do Ouro 1 possui maior número de indivíduos, 19, e o grupo Córrego do Ouro 2 o menor número, 8 indivíduos (Tabela 1).

A taxa de crescimento populacional para cada grupo variou de 1,56 a 8,28% ao ano, sendo que o grupo do fragmento São Sebastião de Belém possui a menor taxa de crescimento e o grupo de Rio das Pedras 1 a maior. A taxa total de crescimento populacional dos cinco grupos é igual a 4,97% ao ano. A densidade populacional tem seus valores extremos nos fragmentos denominados Rio das Pedras 2 e Córrego do Ouro 1, a densidade igual a 0,074 no primeiro grupo e 0,15 no segundo, gerando uma densidade populacional dos cinco grupos sociais igual a 0,11 indivíduos/ha (Tabela 1).

Tabela 1: Grupos de muriquis estudados, densidade e taxa de crescimento populacional.

| Grupo              | Número de Muriquis | Área do fragmento (ha) | Área de uso muriquis (ha) | Densidade | Taxa de Crescimento |
|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|-----------|---------------------|
| S. Sebastião Belém | 15                 | 129.37                 | 115.7                     | 0.13      | 1.57                |
| Córrego do Ouro 1  | 19                 | 151.95                 | 126.8                     | 0.15      | 5.88                |
| Córrego do Ouro 2  | 8                  | 77.21                  | 56.5                      | 0.14      | 1.65                |
| Rio das Pedras 1   | 17                 | 323.66                 | 156.5                     | 0.11      | 8.28                |
| Rio das Pedras 2   | 16                 | 367.56                 | 215.7                     | 0.07      | 7.47                |
| Total              | 75                 | 1049,75                | 671.2                     | 0.11      | 4.97                |

### 3.2. Matriz de Fricção da Paisagem

A matriz de fricção apresentou valor mínimo igual a 1 para as classes de ocupação do solo mata avançada e mata média. Já o valor máximo de fricção, 100, foi conferido à edificações seguido pelo valor 98 que são os corpos d'água (Tabela 2).

### 3.3. Custo da Dispersão dos muriquis pela Paisagem

O mapa de custo apresenta os locais com menor custo para a migração de muriquis. Desta forma, partindo do fragmento de origem de cada um dos grupos, as regiões da paisagem em azul são as que possuem menor custo para deslocamento dos muriquis e as vermelhas o maior custo para se chegar até lá. Segue abaixo mapa de custo para cada um dos grupos de muriquis: São Sebastião de Belém (Figura 3.a),

Rio das Pedras 1 (Figura 3.b), Rio das Pedras 2 (Figura 3.c), Córrego do Ouro 1 (Figura 3.d) e Córrego do Ouro 2 (Figura 3.e).

a)

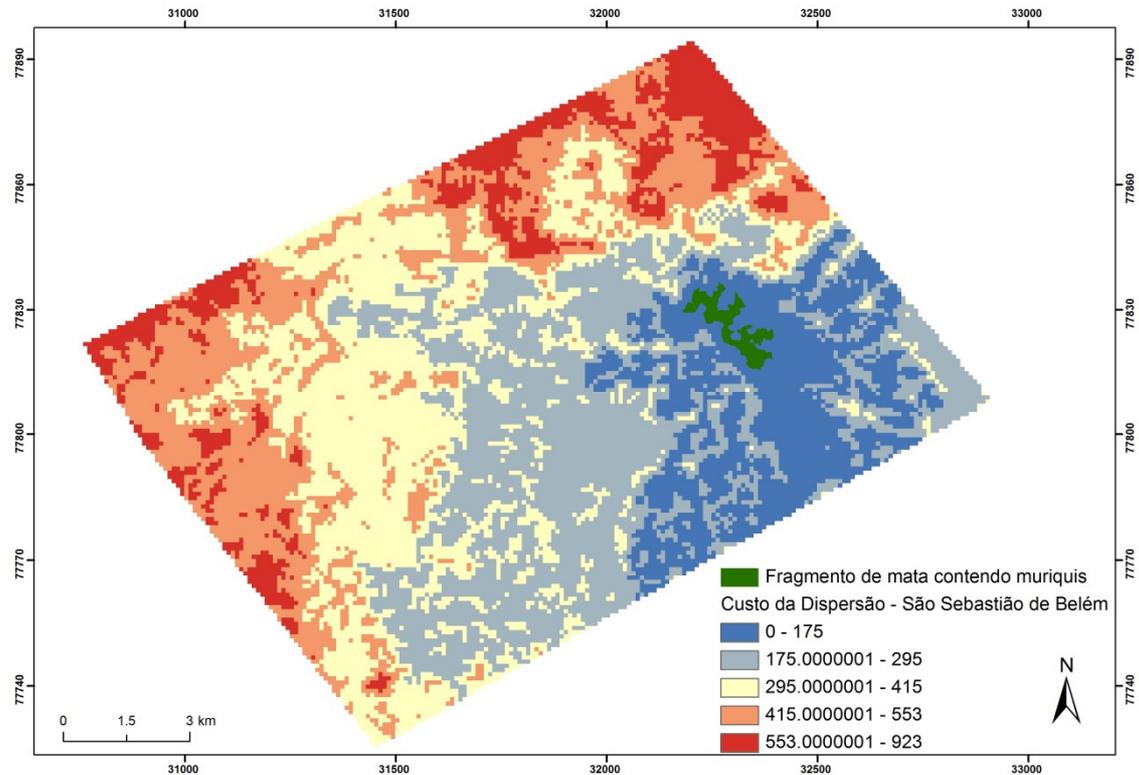
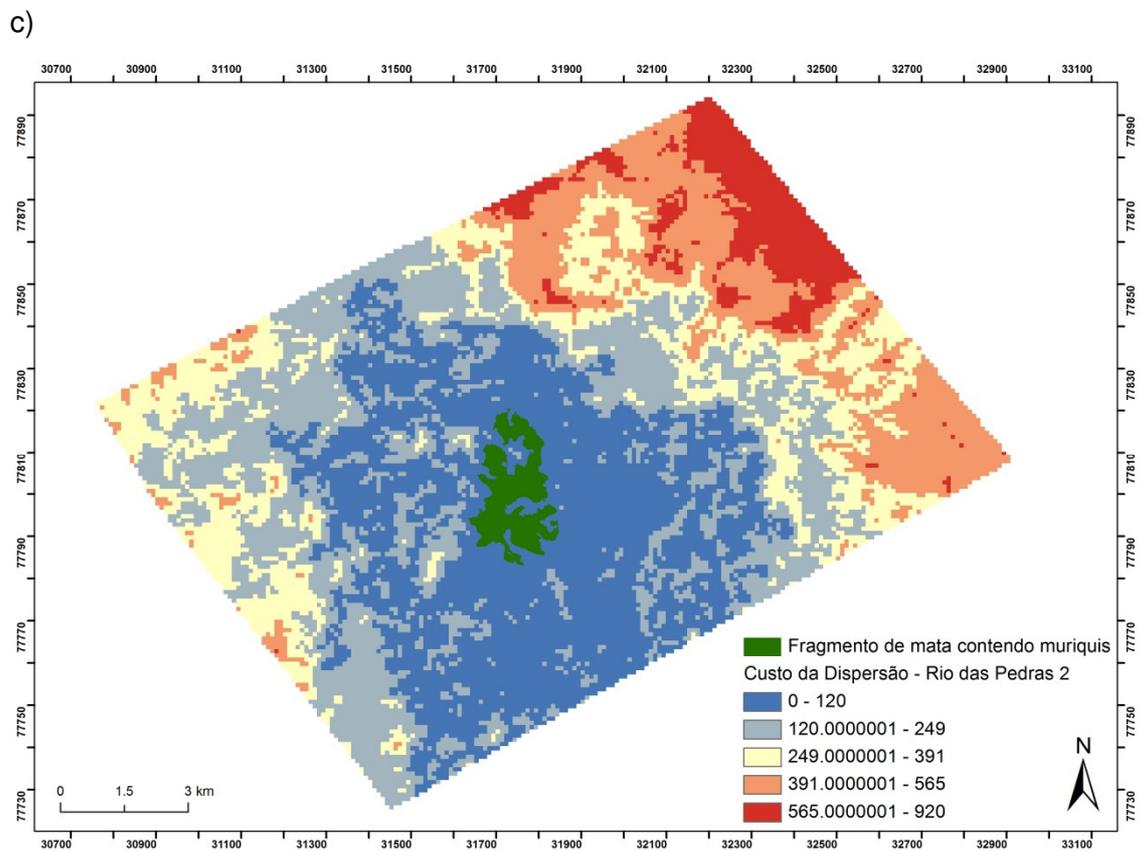
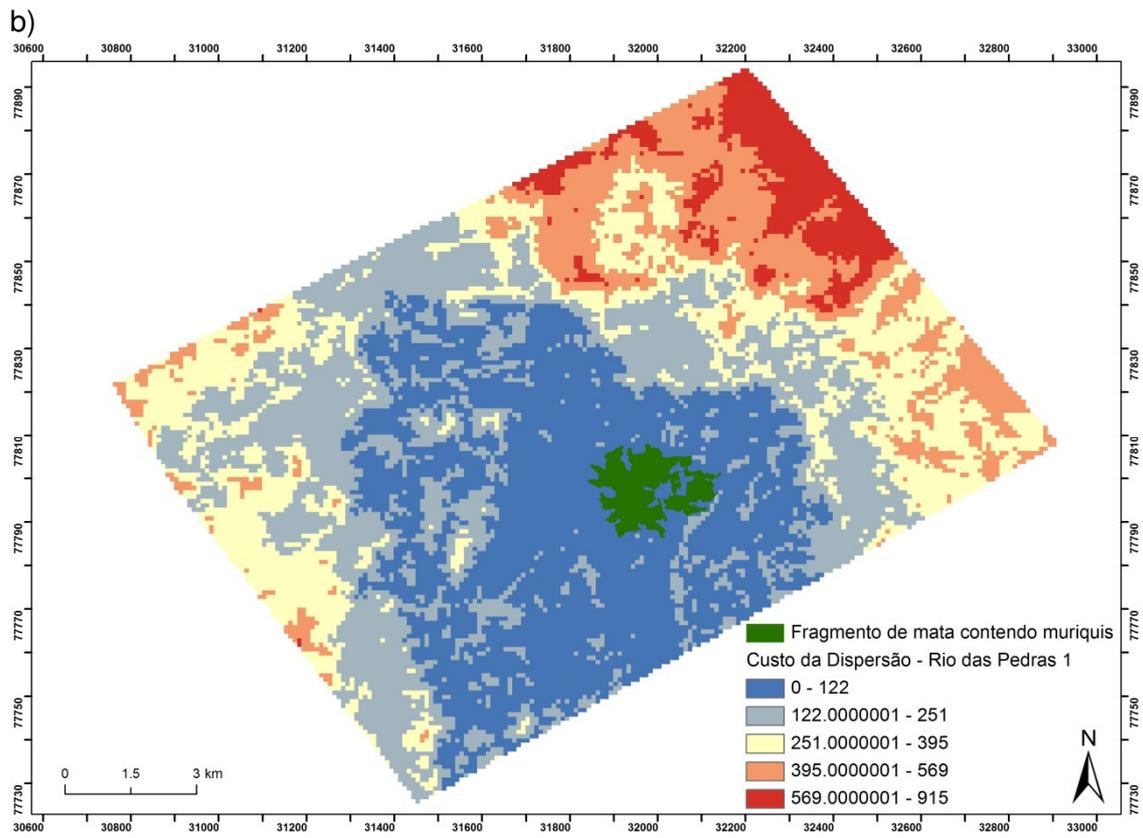
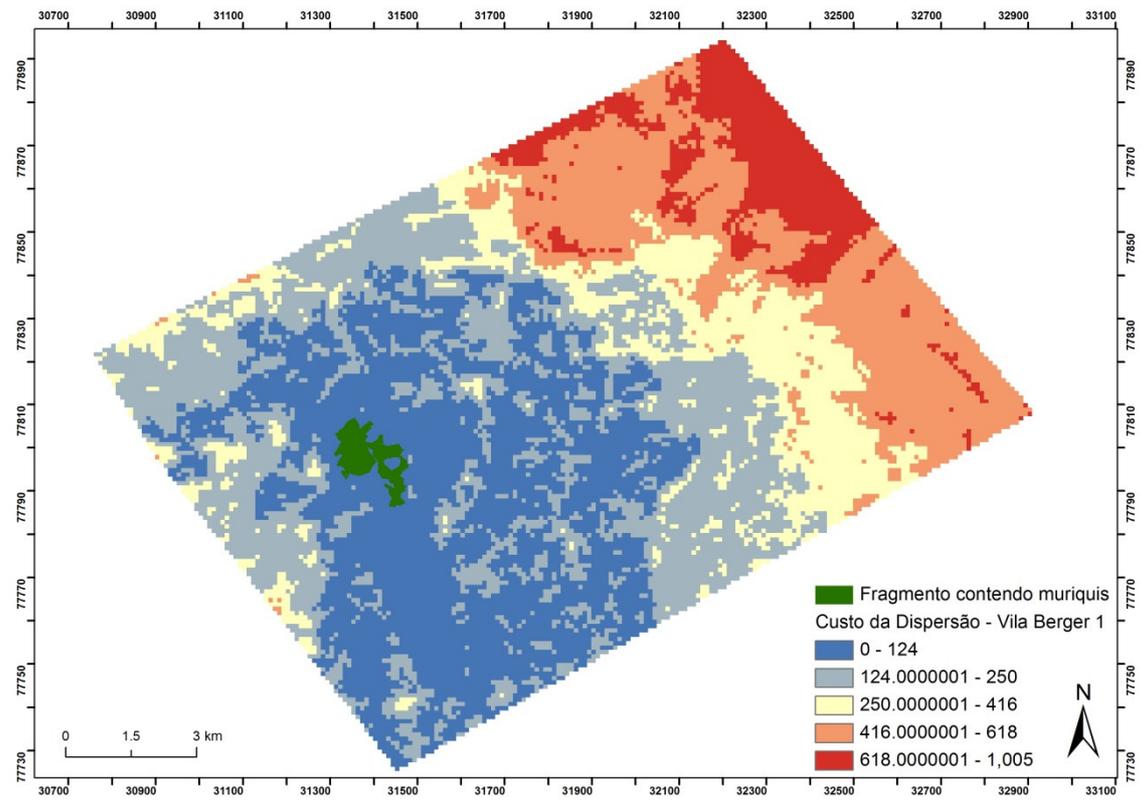


Figura 2: Mapa de custo da dispersão dos muriquis. As regiões do mapa em azul possuem menor custo para migração dos muriquis e em vermelho custo máximo. Nos valores intermediários o aumento de custo da migração ocorre da cor azul claro para o rosa. Mapas de Custo dos grupos: a) São Sebastião de Belém, b) Rio das Pedras 1, c) Rio das Pedras 2, d) Córrego do Ouro 1, e) Córrego do Ouro 2.



d)



e)

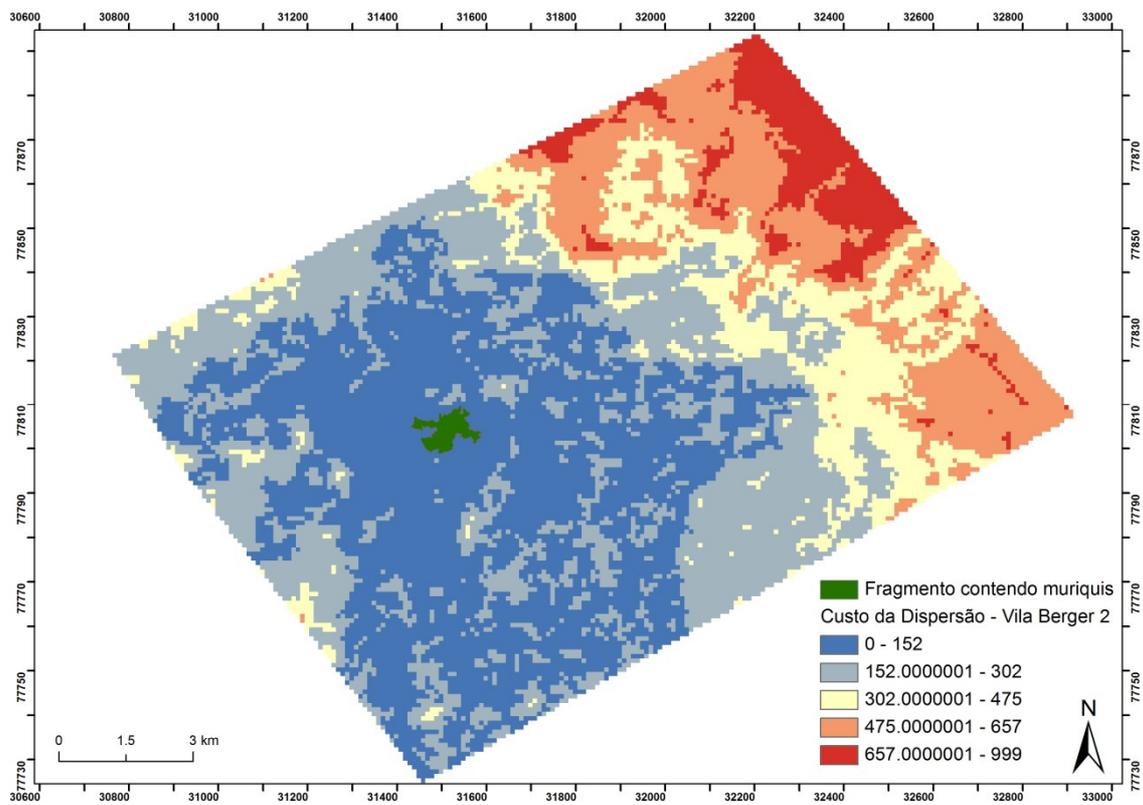


Tabela 2: Matriz de fricção da Paisagem.

| Cobertura do Solo (matriz) | Mediana da Fricção | Fricção da Paisagem |     |     |    |     |     |     |     |
|----------------------------|--------------------|---------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
|                            |                    | SLM                 | RR  | CP  | FM | LM  | LGD | KS  | FT  |
| 1. Cafezal                 | 50                 | 60                  | 40  | 20  | 50 | 90  | 70  | 50  | 15  |
| 2. Campo sujo              | 70                 | 70                  | 80  | 20  | 90 | 80  | 70  | -   | 15  |
| 4. Corpos d'água           | 98                 | 90                  | 100 | 95  | 80 | 100 | 100 | 100 | 50  |
| 5. Eucalipto               | 20                 | 40                  | 10  | 10  | 30 | 10  | 30  | 10  | 30  |
| 6. Mata Avançada           | 1                  | 1                   | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 7. Mata Inicial            | 10                 | 40                  | 10  | 5   | 20 | 10  | 5   | 10  | 5   |
| 8. Mata Média              | 1                  | 1                   | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 9. Outros cultivos         | 75                 | 80                  | 100 | 15  | 80 | 75  | 70  | -   | 15  |
| 10. Pasto                  | 85                 | 80                  | 100 | 30  | 90 | 90  | 70  | 90  | 15  |
| 12. Edificação             | 100                | 100                 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 90  | 100 |
| 13. Afloramento Rochoso    | 90                 | 80                  | 100 | 90  | 90 | 70  | 10  | 90  | 95  |

\*Pesquisadores que participaram da entrevista para formulação da Matriz de Fricção: SLM: Sérgio Lucena Mendes; RR: Rogério Ribeiro; CP:Carla Possamai; FM: Fabiano de Melo; LM: Leandro Moreira; LGD: Luiz Gustavo Dias; KS: Karen Strier e FT: Fernanda Tabacow.

### 3.4. Crescimento populacional e demanda de área

Os cinco grupos estudados apresentaram crescimento populacional positivo (Tabela 3). Abaixo são apresentadas as demandas de incremento de habitat, se forem mantidas as taxas de crescimento populacional encontradas.

O grupo São Sebastião de Belém possui atualmente 15 indivíduos e, de acordo com a modelagem, será necessário incremento de área a partir do ano 10 para suportar os muriquis no fragmento de mata e manter a densidade populacional máxima igual a 0,15 indivíduos/ha. Assim em 2021 serão 18 indivíduos ocupando uma área de 116,8 ha.

A população pertencente à Córrego do Ouro 1 e Córrego do Ouro 2 terão, de acordo com as simulações, necessidade de incremento de área respectivamente a partir do ano 1 e 4, e aumento de 1 indivíduo em cada população, ocupando áreas de 134,1 ha e 56,9 ha cada.

Os grupos Rio das Pedras 1 e Rio das Pedras 2, necessitarão aumentar a área de ocupação a partir dos anos 5 e 10, com incremento populacional de 8 e 17 muriquis cada, e ocuparão uma área de 168,8 ha e 219,3 ha respectivamente.

Tabela 3: Incremento populacional e de área.

| Grupo                  | Ano de Início do Incremento de Área | Número de muriquis | Área ocupada (ha) |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| São Sebastião de Belém | 10                                  | 18                 | 116,8             |
| Córrego do Ouro 1      | 1                                   | 20                 | 134,1             |
| Córrego do Ouro 2      | 4                                   | 9                  | 56,9              |
| Rio das Pedras 1       | 5                                   | 25                 | 168,8             |
| Rio das Pedras 2       | 10                                  | 33                 | 219,3             |

Os muriquis necessitarão dispersar para novos fragmentos de mata quando a capacidade de suporte do fragmento de mata de origem for atingida. Com as simulações sabe-se qual o ano provável para isto ocorrer para cada um dos cinco grupos. O início da dispersão para novos fragmentos deve ocorrer nos seguintes anos

para cada grupo: São Sebastião de Belém, ano 17; Rio das Pedras 1, ano 14; Rio das Pedras 2, ano 18; Córrego do Ouro 1, ano 4 e Córrego do Ouro 2, ano 23 (Tabela 4). A área ocupada por cada grupo nestes anos varia de 77,7 a 390,4 ha.

Tabela 4: Ano de Início da Dispersão, número de muriquis e área ocupada.

| Grupo                  | Ano de Início da Dispersão | Número de Muriquis | Área ocupada |
|------------------------|----------------------------|--------------------|--------------|
| São Sebastião de Belém | 17                         | 20                 | 130,2        |
| Rio das Pedras 1       | 14                         | 52                 | 346,1        |
| Rio das Pedras 2       | 18                         | 59                 | 390,4        |
| Córrego do Ouro 1      | 4                          | 24                 | 159,2        |
| Córrego do Ouro 2      | 23                         | 12                 | 77,7         |

### 3.5. Caminhos de dispersão

Com a modelagem foram determinados os melhores caminhos para os muriquis dispersarem para fragmentos de mata próximos a seus locais de origem baseando-se na fricção da paisagem e na distância entre as células.

Próximo ao grupo São Sebastião de Belém há nove fragmentos de mata (escolhidos para fazerem parte dos modelos) para onde os animais podem dispersar. Estas manchas de mata variam de 1 a 27 ha e está discriminado o caminho que os muriquis devem percorrer para chegar a cada uma destas manchas (Figura 4).

O grupo Córrego do Ouro 1 possui 13 fragmentos de mata em seu entorno (fragmentos escolhidos para a simulação) que podem receber muriquis (Figura 5), o Córrego do Ouro 2, 10 (Figura 6), Rio das Pedras 1, 11 (Figura 7) e Rio das Pedras 2, 16 fragmentos de mata (Figura 8). Seguem abaixo mapas resultantes das simulações com os caminhos que provavelmente serão percorridos pelos muriquis durante a migração para novas manchas de habitat.

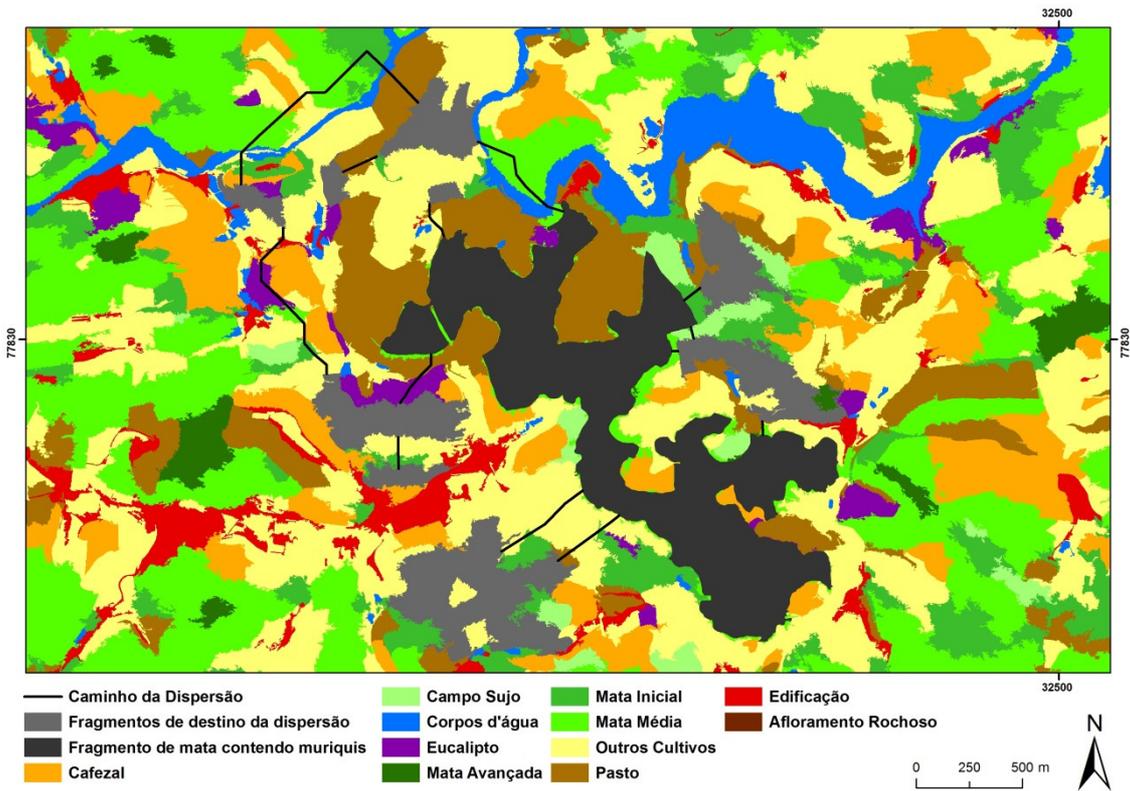


Figura 3: Modelagem da dispersão dos muriquis do grupo São Sebastião de Belém para fragmentos de mata próximos.

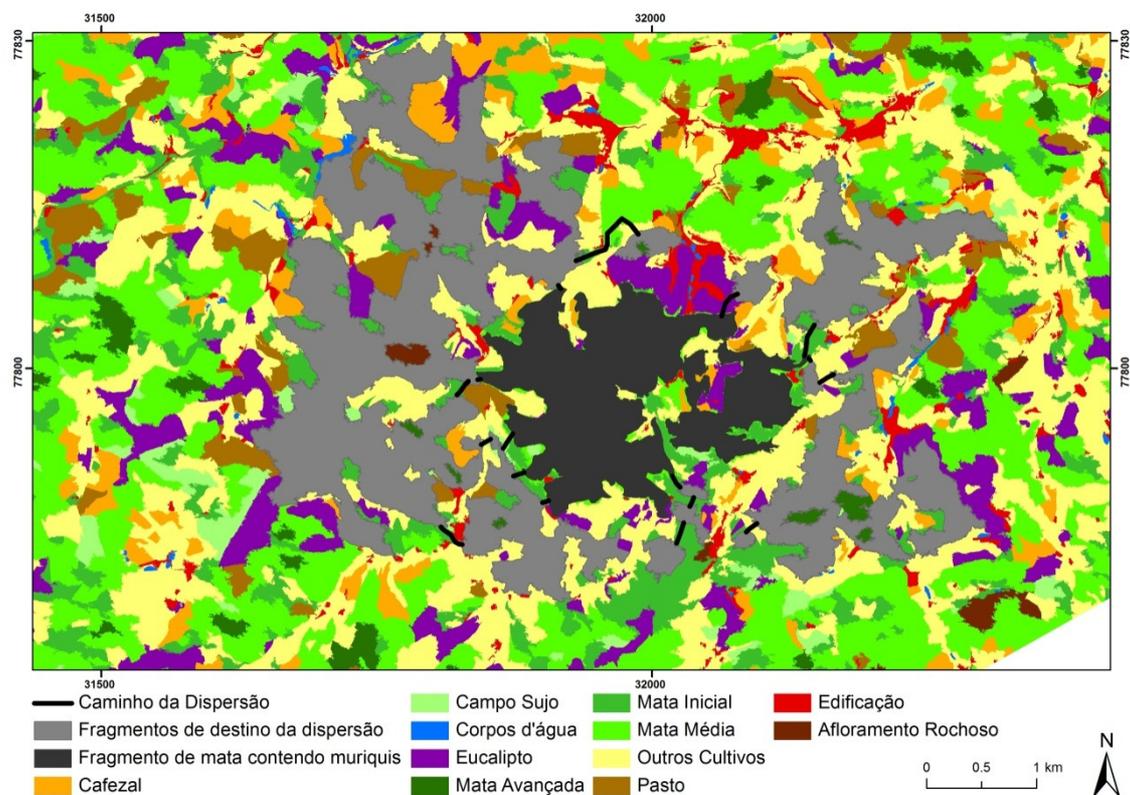


Figura 4: Modelagem da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 1 para fragmentos de mata próximos.

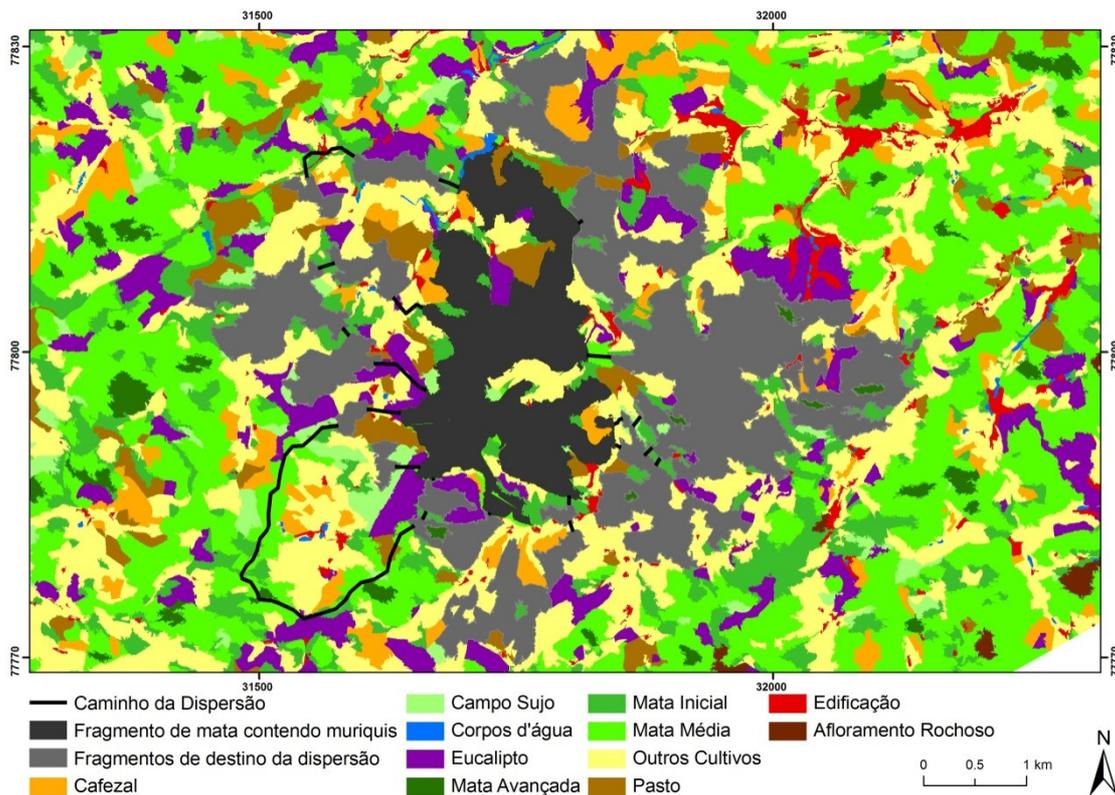


Figura 5: Modelagem da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 2 para fragmentos de mata próximos.

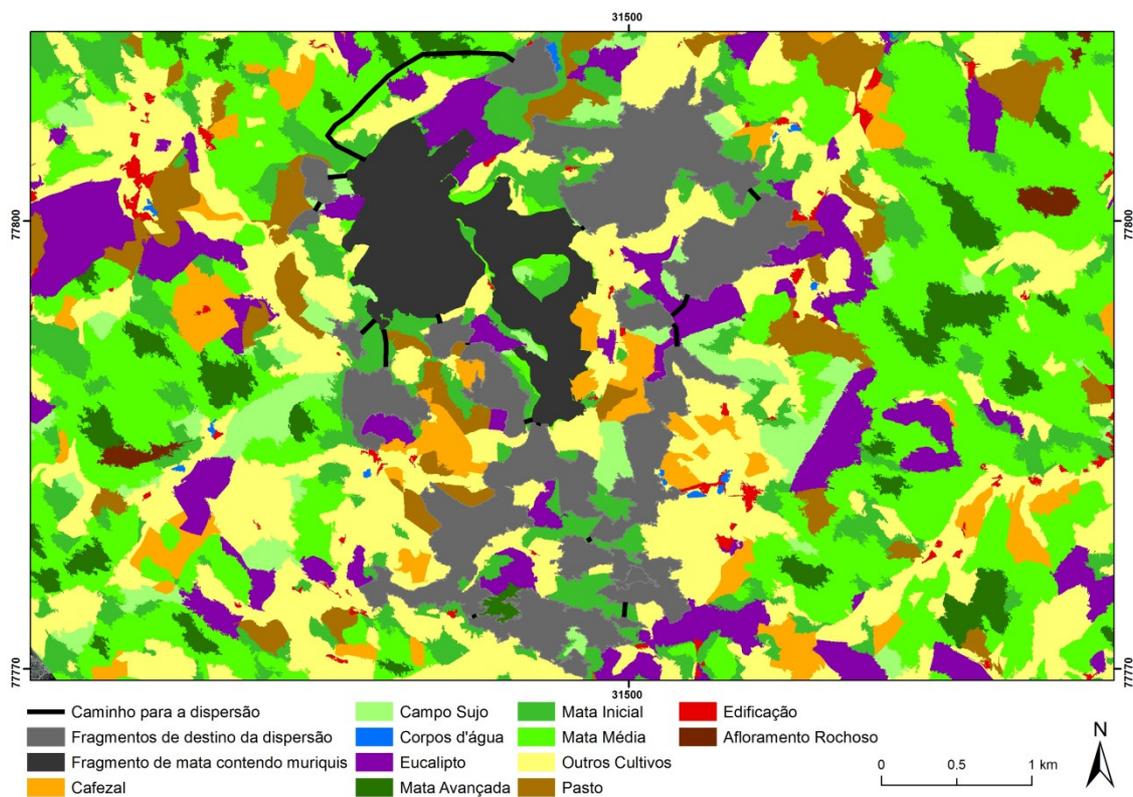


Figura 6: Modelagem da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 1 para fragmentos de mata próximos.

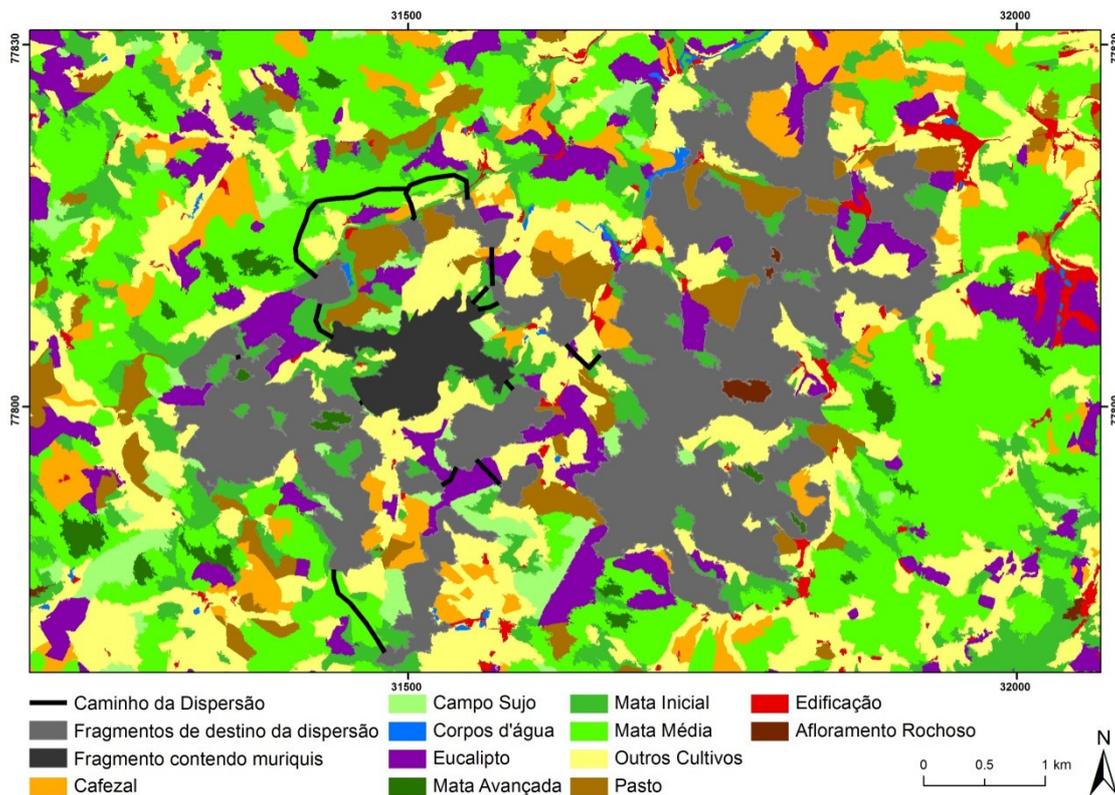


Figura 7: Modelagem da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 2 para fragmentos de mata próximos.

### 3.6. Fragmentos de destino da dispersão

Para cada grupo de muriquis há certo número de fragmentos de mata, pré-definidos, para os quais pode ocorrer a migração. Os mapas de alocação indicam para qual dos fragmentos ela ocorrerá primeiro em cada grupo.

O grupo São Sebastião de Belém possui nove fragmentos de mata em seu entorno para os quais a dispersão é possível. Entretanto, há dois fragmentos, dentre os nove, que de acordo com o mapa de alocação, possuem menor custo para serem ocupados (Figura 9). O fragmento ocupado primeiro pelos muriquis é o que possui a maior quantidade de células (pixels) de mesma cor e código, e neste caso é o fragmento de 12 hectares (Figura 10).

Os grupos Córrego do Ouro 1 (Figura 11) e Córrego do Ouro 2 (Figura 13) possuem dois fragmentos de mata com menor custo para dispersão, e o grupo Rio das Pedras 1 (Figura 15) e Rio das Pedras 2 (Figura 16), possuem 4 e 7 fragmentos de mata respectivamente, com custo menos elevado para migração.

Os fragmentos de mata para onde a dispersão é possível variam de 1,2 a 540 hectares. O grupo Córrego do Ouro 1 irá migrar para o fragmento de 79 ha (Figura 12),

o Córrego do Ouro 2 para o de 97 ha (Figura 14), Rio das Pedras 1 para o de 19 ha (Figura 15) e Rio das Pedras 2 para o de 33 ha (Figura 17).

Tabela 5: Área dos fragmentos prováveis a receberem muriquis migrantes de acordo com a modelagem.

| Grupo                  | Variação da Área dos fragmentos (ha) | Tamanho da Área para onde ocorrerá migração (ha) |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| São Sebastião de Belém | 1,2 - 31                             | 14   |
| Rio das Pedras 1       | 2,5 - 540                            | 79   |
| Rio das Pedras 2       | 5 - 317                              | 97   |
| Córrego do Ouro 1      | 2 - 85                               | 19   |
| Córrego do Ouro 2      | 4 - 540                              | 33   |

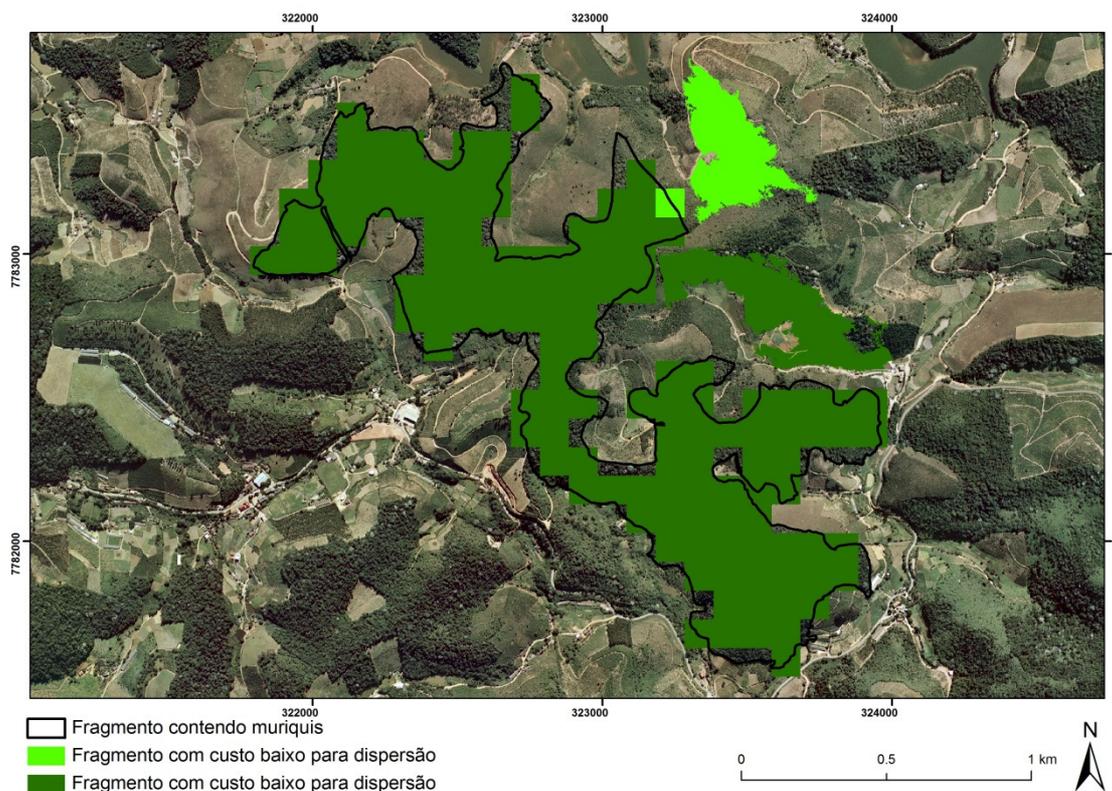


Figura 8: Mapa de Alocação do grupo São Sebastião de Belém. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro). O

fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para fragmentos de mata que não os contém e estão no entorno do fragmento de origem dos animais. Como o fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara.

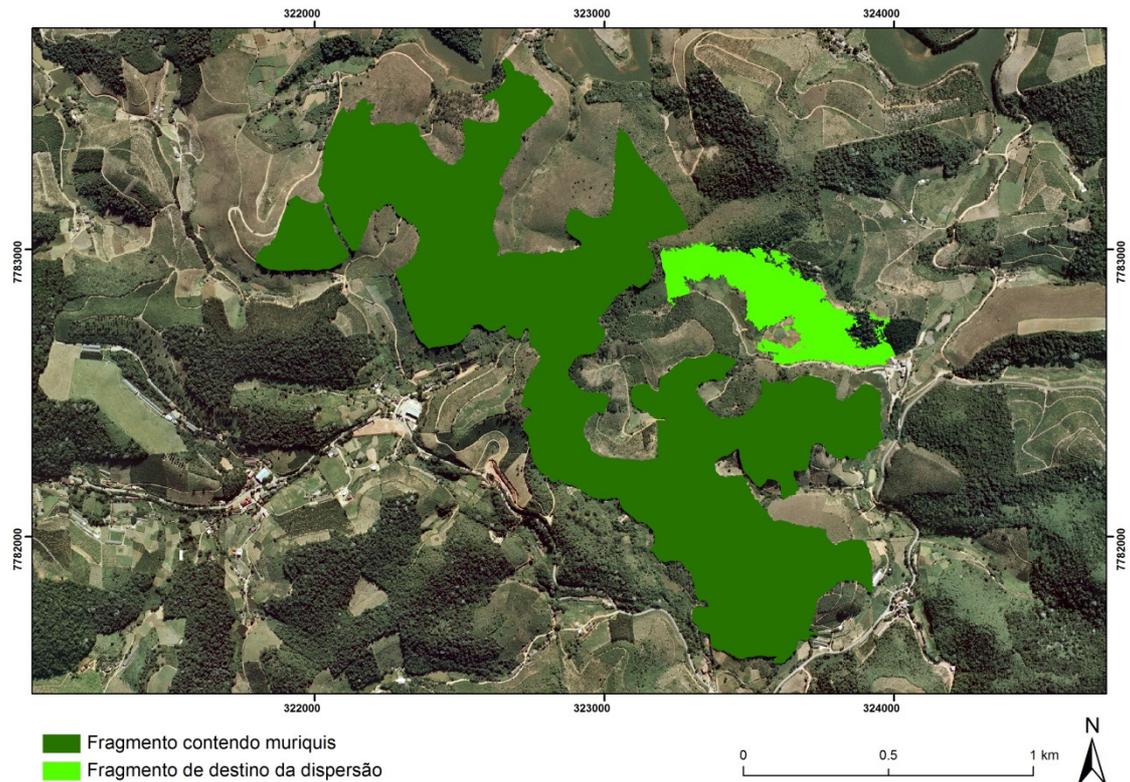


Figura 9: Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo São Sebastião de Belém.

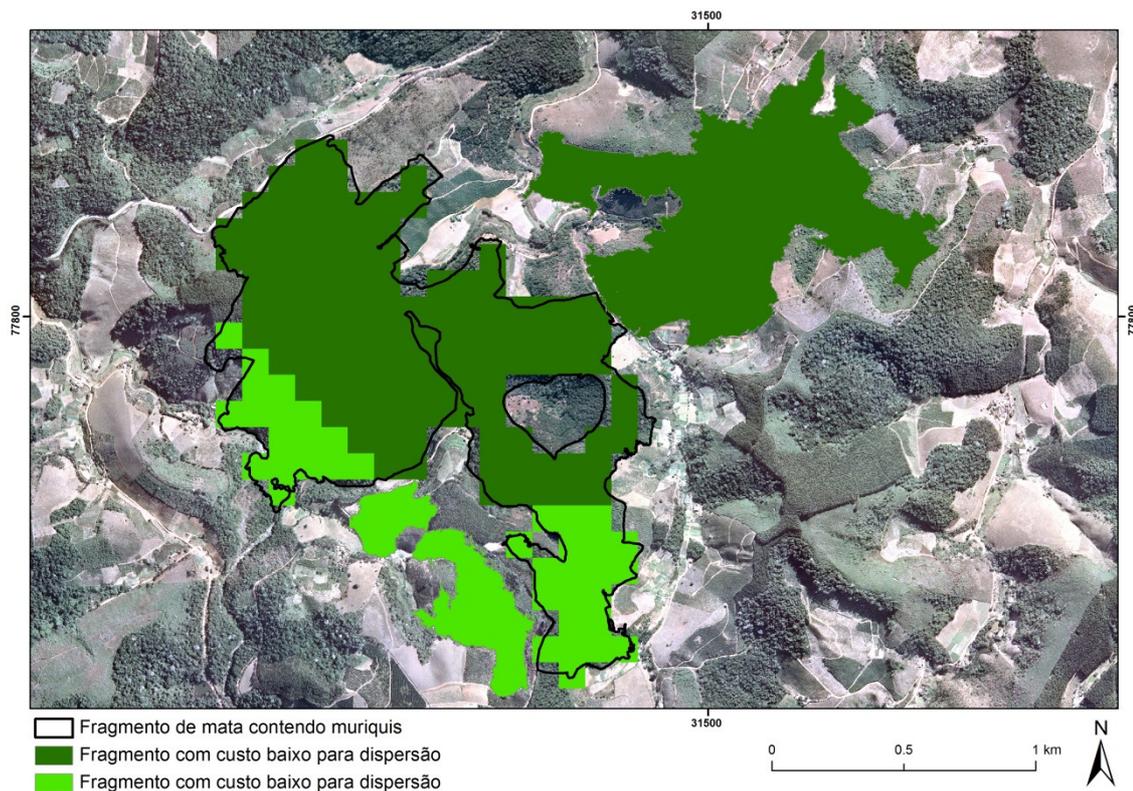


Figura 10: Mapa de Alocação do grupo Córrego do Ouro 1. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Córrego do Ouro 2. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.

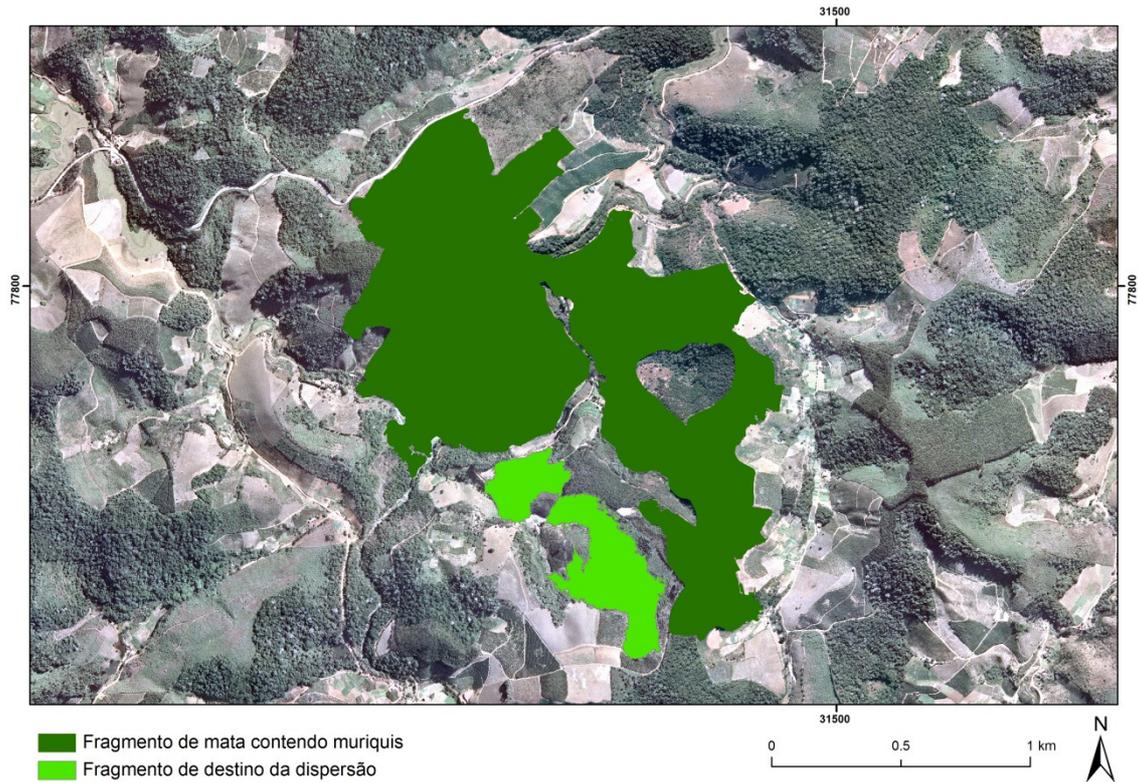


Figura 11: Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 1.

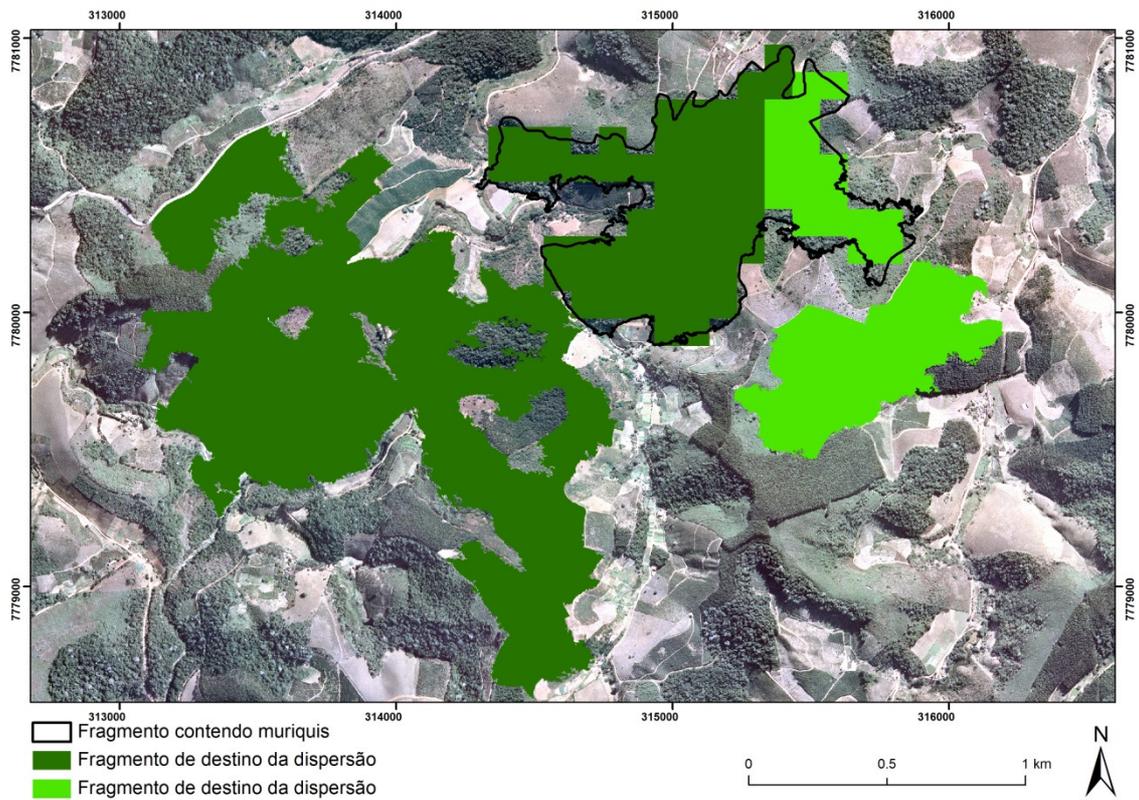


Figura 12: Mapa de Alocação do grupo Córrego do Ouro 2. Dois fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui cores verde escuro e claro em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para o fragmento de cor verde clara. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Córrego do Ouro 1. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.

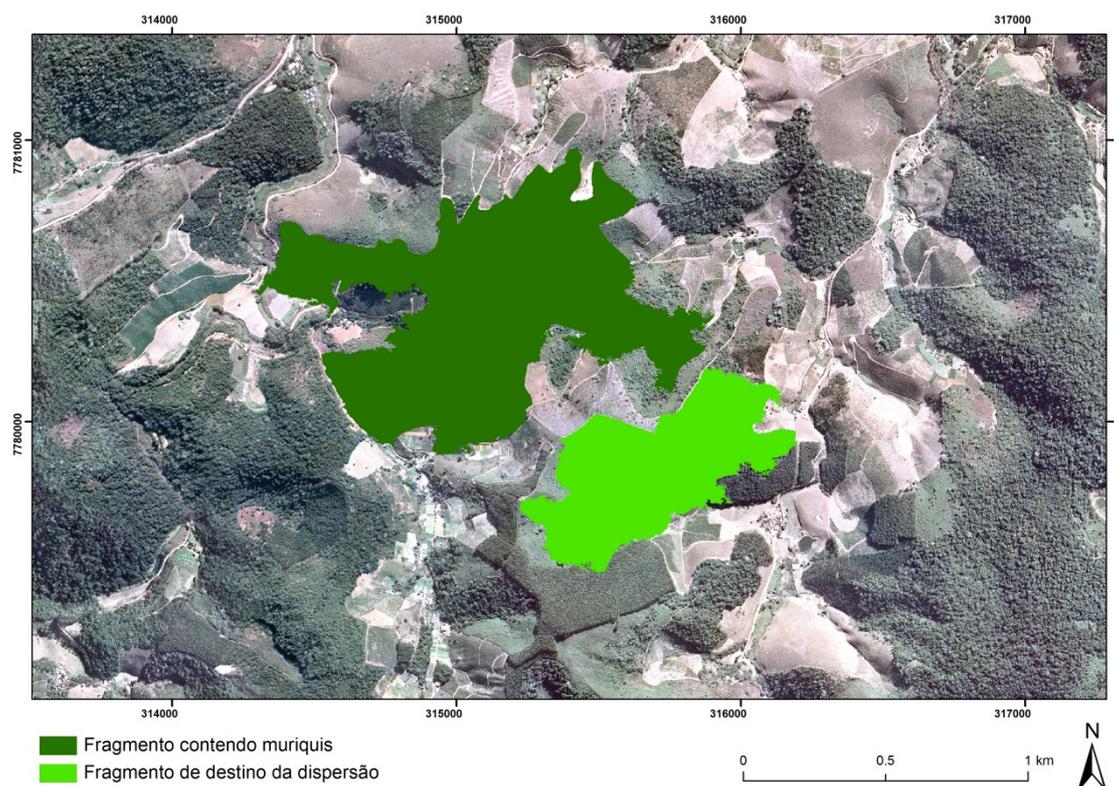


Figura 13: Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Córrego do Ouro 2.

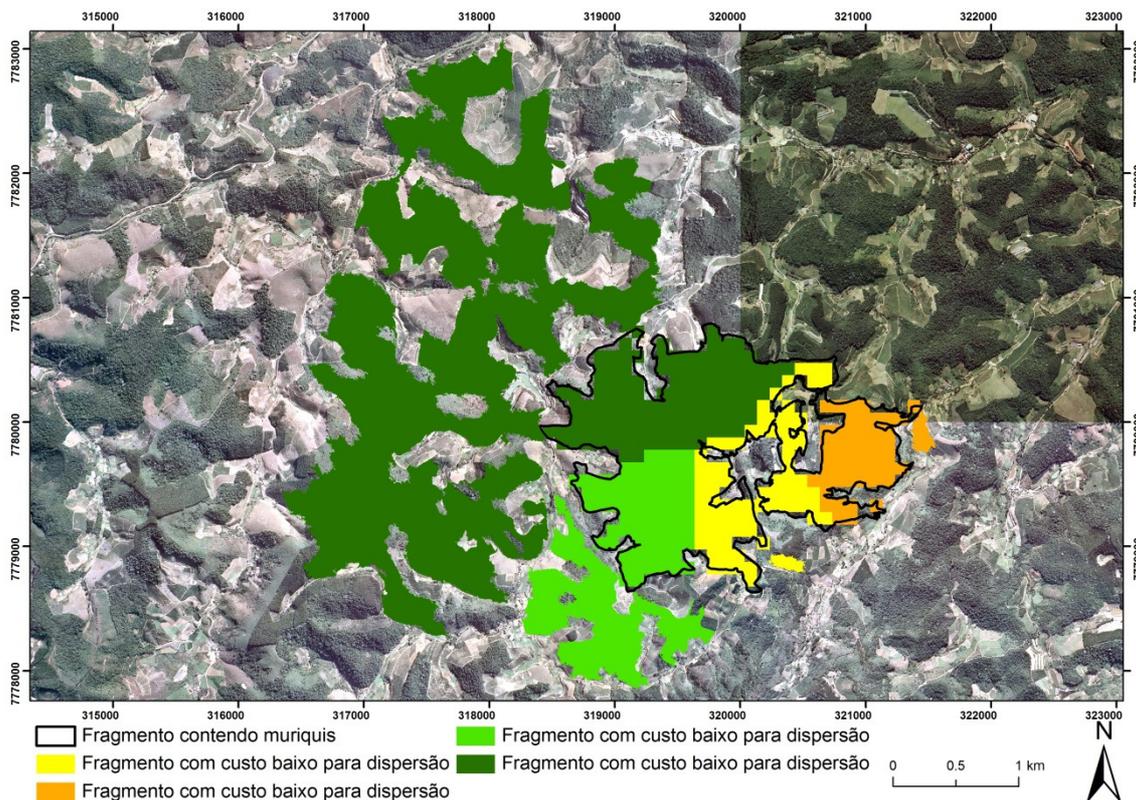


Figura 14: Mapa de Alocação do grupo Rio das Pedras 1. Quatro fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores verde claro e escuro, amarelo e laranja). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui as mesmas cores dos fragmentos em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para outros fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. O fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para os demais. Porém neste caso, o fragmento verde escuro contém o grupo de muriquis denominado Rio das Pedras 2. Assim, este fragmento não será considerado como provável para receber novos grupos de muriquis e a migração provavelmente ocorrerá para o fragmento verde claro.

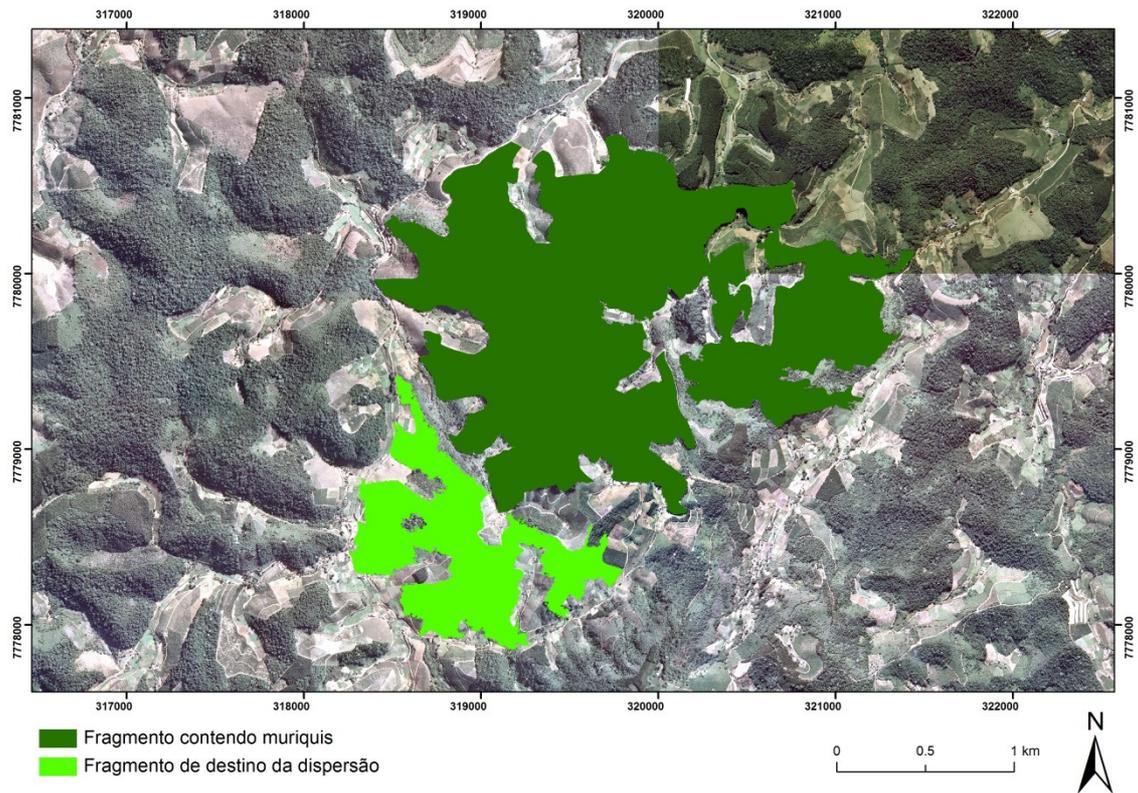


Figura 15: Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 1.

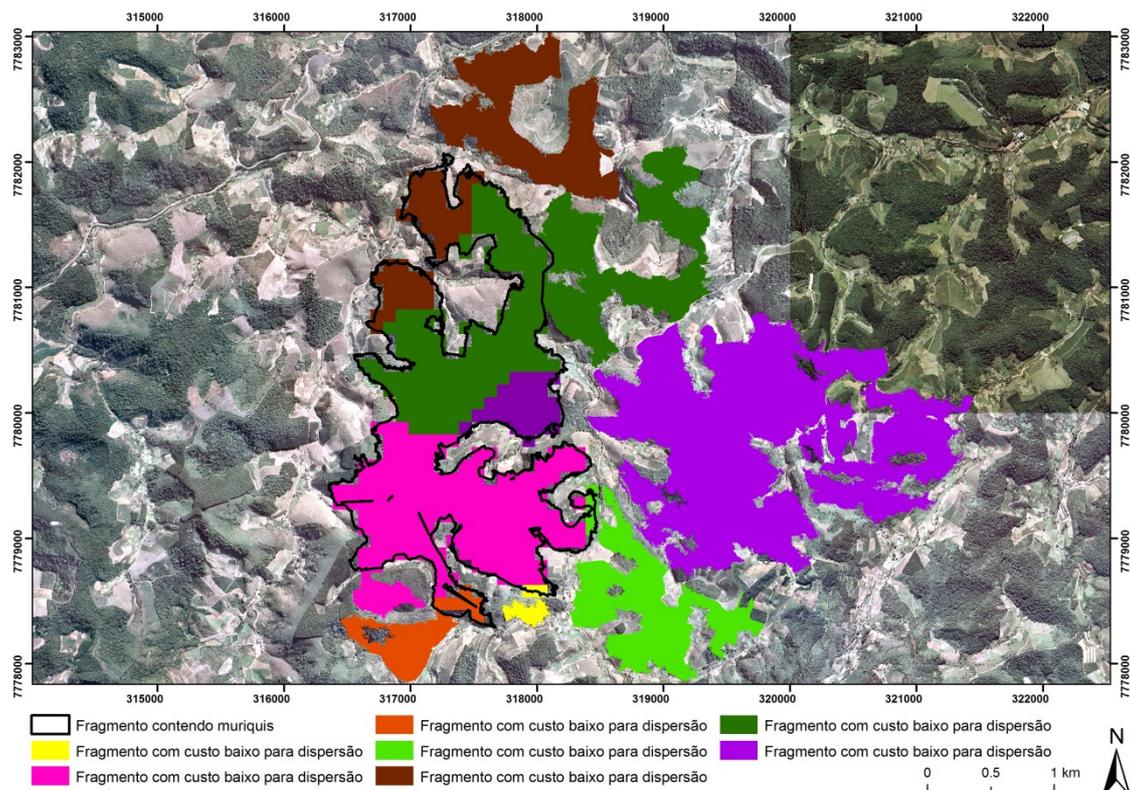


Figura 16: Mapa de Alocação do grupo Rio das Pedras 2. Sete fragmentos de mata com custo baixo para dispersão dos muriquis (cores amarelo, rosa, laranja, verde claro e escuro, marrom e roxo). O fragmento de mata que contém muriquis está representado por um contorno preto e possui todas as cores dos demais fragmentos em seu interior. Essas cores representam a probabilidade de dispersão dos muriquis para novos fragmentos de mata que estão no entorno do fragmento de origem dos animais. Como o fragmento de origem possui a maioria de suas células em verde escuro, isso significa que é mais provável a migração ocorrer para o fragmento do entorno de cor verde escura do que ocorrer para os demais fragmentos.

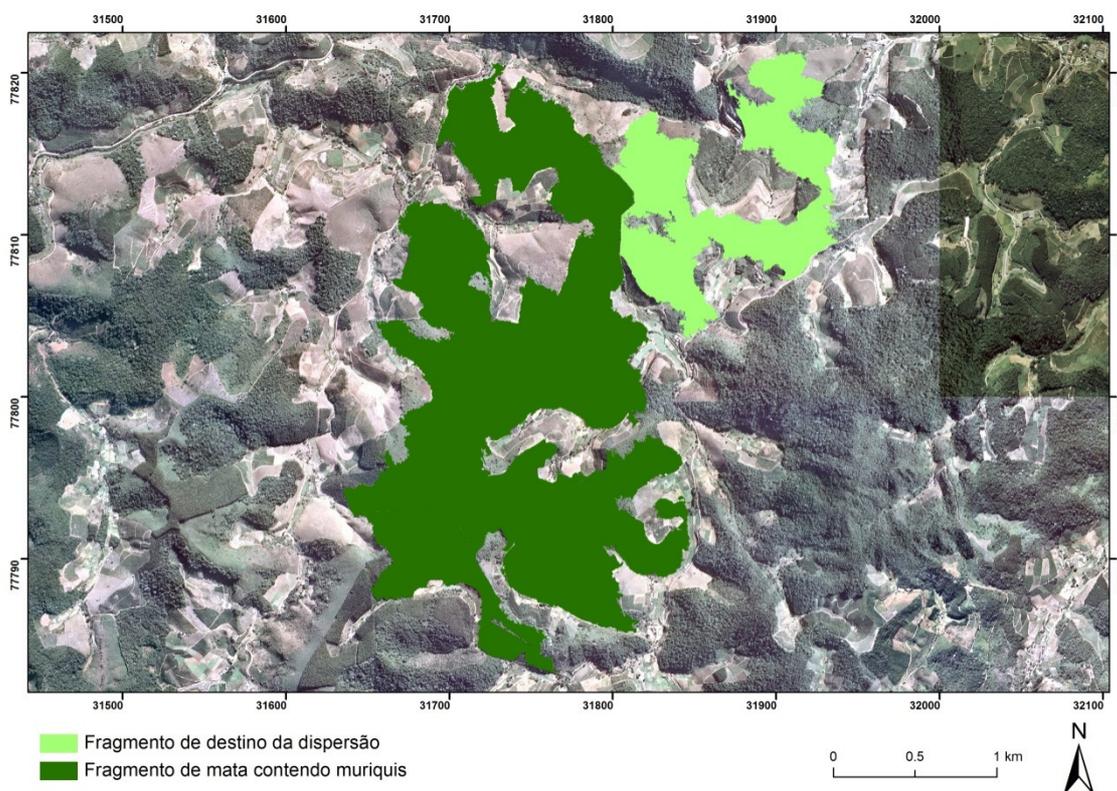


Figura 17: Mapa com fragmento de destino da dispersão dos muriquis do grupo Rio das Pedras 2.

### 3.7. Modelos de dispersão entre as cinco populações de muriquis

A simulação da dispersão entre os cinco fragmentos de mata que contém muriquis gerou mapa com os caminhos menos custosos para serem percorridos por eles, quando ocorrer a migração de seus fragmentos de origem em direção a novas manchas de habitat (Figura 19). De acordo com a modelagem as classes da paisagem

(matrizes) pelas quais estes primatas irão passar para atingir novos habitats são campo sujo, outros cultivos, eucalipto, mata inicial e mata média.

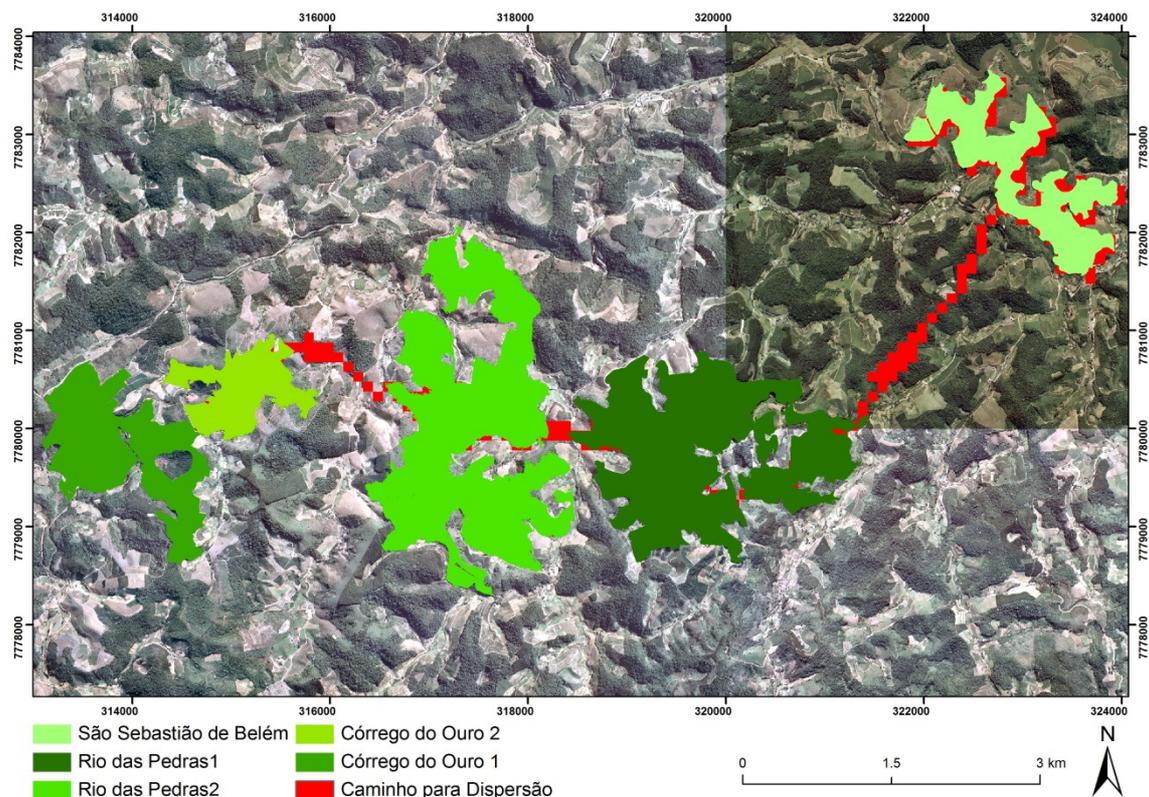


Figura 18: Modelagem da dispersão entre cinco fragmentos de mata que contém muriquis. Em baixo do fragmento de mata que contém o grupo São Sebastião de Belém há a cor vermelha, pois a simulação da dispersão se iniciou neste fragmento e dentro dele o custo de deslocamento é o mesmo.

### 3.8. Corredores Ecológicos

O mapa de caminho para dispersão dos muriquis originou o mapa de corredores ecológicos, que ligam manchas de matas média e avançada para conexão entre os cinco fragmentos de mata que contém muriquis (Figura 20). De acordo com as simulações, para interligar os cinco fragmentos de mata, serão necessários 1.432 metros de corredores de mata com uma área total de 7,2 ha (Tabela 5).

Este corredor deve passar pelas seguintes classes de cobertura do solo: mata inicial, outros cultivos, eucalipto e campo sujo, sendo predominantes as duas primeiras classes que representam 58% e 32% respectivamente, da área total dos corredores ecológicos (Tabela 6). Para conectar os fragmentos Rio das Pedras 1 e 2, será necessário que o corredor ecológico passe por uma estrada. Esta classe de cobertura

do solo não foi considerada nos mapas de uso e cobertura do solo, e por isso não foram utilizadas na modelagem.

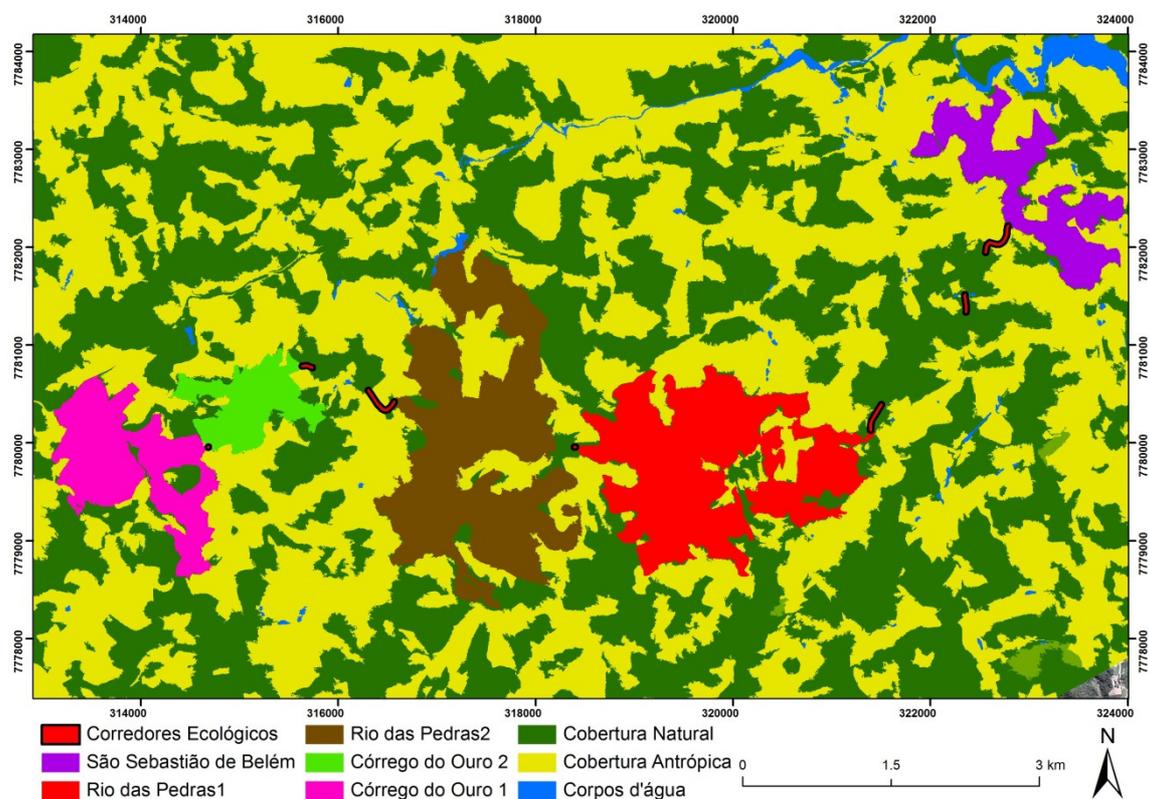


Figura 19: Corredores Ecológicos interligando cinco fragmentos de mata que contém muriquis.

Tabela 6: Extensão dos Corredores Ecológicos

| Fragmentos                            | Comprimento dos Corredores Ecológicos (m) | Área dos Corredores Ecológicos (ha) |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|
| São S. do Belém – Rio das Pedras 1    | 292                                       | 1,46                                |
|                                       | 178                                       | 0,9                                 |
|                                       | 437                                       | 2,19                                |
| Rio das Pedras 1 – Rio das Pedras 2   | 13  | 0,07                                |
| Rio das Pedras 2 – Córrego do Ouro 2  | 400                                       | 2,0                                 |
|                                       | 107                                       | 0,54                                |
| Córrego do Ouro 2 - Córrego do Ouro 1 | 5   | 0,03                                |
| <b>Total</b>                          | <b>1.432</b>                              | <b>7,2</b>                          |

Tabela 7: Tipos de cobertura do solo por onde, segundo as simulações, os corredores ecológicos devem passar.

| Classes de Cobertura do Solo | Cobertura no Corredor Ecológico (%) |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Mata Primária                | 58                                  |
| Outros Cultivos              | 32                                  |
| Eucalipto                    | 9                                   |
| Campo Sujo                   | 1                                   |

#### 4. Discussão

Este modelo de dispersão animal é o primeiro deste gênero desenvolvido no software de simulação ambiental DinamicaEGO. Sua execução foi baseada em autômatos celulares, um sistema dinâmico e discreto cujo comportamento é completamente determinado em termos de relações com suas vizinhanças (Batty e Xie, 1997). Modelos comumente desenvolvidos neste software envolvem mudança de cobertura do solo devido a desmatamento, mudanças climáticas ou urbanização, ignição e espalhamento de fogo, dentre outros (ver Almeida et al., 2003; Godoy e Soares-Filho, 2008; Nepstad, et. al., 2009; Trestin e Freitas, 2010; Bowman et al., 2011; Silvestrini, et al., 2011).

Pode ser utilizado para dispersão de várias espécies animais e embasar projetos de manejo e conservação. A metodologia desenvolvida demonstrou a dispersão do muriqui por tipos diferentes de matrizes que compõe o entorno dos fragmentos, sendo utilizada a matriz de fricção, que direciona a passagem do muriqui por caminhos menos custosos, em busca de colonizar novos fragmentos de mata ou chegar a fragmentos que já contenham populações de muriquis. A matriz de fricção para passagem dos muriquis é uma informação inédita e pode indicar quais tipos de uso e cobertura do solo são compatíveis com a dispersão de animais e a modelagem demonstra os melhores locais para construção de corredores ecológicos.

A partir da matriz de fricção foram feitos mapas de custo da dispersão dos muriquis. Nota-se que para o grupo São Sebastião de Belém, o custo é elevado à nordeste do fragmento de mata que os contém. Isso ocorre, pois um rio passa próximo ao fragmento aumentando assim a fricção (custo) para a migração dos animais. O custo para deslocamento também é maior à noroeste deste fragmento, pois nessa

região está localizado o centro da cidade de Santa Maria de Jetibá, onde há várias edificações limitando o fluxo de animais.

Próximo ao grupo Rio das Pedras 1, há algumas edificações o que também aumenta o custo da dispersão ficando essas regiões nas cores azul claro no mapa de custo. Os demais fragmentos que contêm os grupos de muriquis, inclusive o Rio das Pedras 1, possuem grande quantidade de mata em seu entorno, contribuindo para redução dos custos de dispersão. Pode-se observar que a região central e a oeste da paisagem estudada possuem custo para deslocamento menor. Observando a estrutura da paisagem nos mapas de uso e cobertura do solo e nas fotos aéreas, pode-se notar que esta região possui alta densidade de matas e poucas manchas urbanas, sendo uma região prioritária para a conservação.

Neste modelo de custo as estradas pavimentadas e não pavimentadas não foram consideradas como classes de paisagem e não entraram nos cálculos de fricção da paisagem. Somente foram consideradas quando ocorreu a escolha dos fragmentos de mata não ocupados pelos muriquis para os quais eles poderiam migrar, pois entende-se que rodovias pavimentadas são uma barreira para migração da maioria dos animais. Em estudos futuros é interessante a inclusão desta classe nas análises de custo para dispersão.

Todos os grupos estudados possuem crescimento populacional positivo. Mantida essa tendência, será necessário incremento do habitat para suportar esse crescimento. Porém o crescimento populacional da espécie é limitado pela disponibilidade de áreas adequadas para ocupação, dificuldade na dispersão devido à distância entre alguns fragmentos de mata e dificuldade de transpor a matriz da paisagem.

O grupo denominado São Sebastião de Belém possui a menor taxa de crescimento populacional. Isto ocorre, pois, provavelmente, a capacidade de suporte do ambiente está próxima de ser atingida. Este fato também pode ser explicado devido a seu afastamento dos demais fragmentos que contêm muriquis, dificultando desta forma, a dispersão de fêmeas na época reprodutiva e conseqüentemente acarretando menor crescimento da população. Além disso, fragmentos isolados possuem menor fluxo gênico e suas espécies estão mais suscetíveis à extinção devido a efeitos deletérios do endocruzamento e deriva gênica (Caughley, 1994).

Os grupos de muriquis denominados Córrego do Ouro 1, Rio das Pedras 1 e Rio das Pedras 2 apresentam elevada taxa de crescimento populacional, necessitando aumentar seu habitat em poucos anos. De acordo com as simulações, no ano 2015, o grupo Córrego do Ouro 1 já necessitará incrementar sua área de ocupação e migrar para novos fragmentos de mata.

Taxas altas de crescimento populacional podem ser encontradas em outros estudos com muriquis, como por exemplo, na RPPN Feliciano Miguel Abdala, em Caratinga (Tabacow et al., 2011). Estes dados são importantes para mensurar a área de vida necessária para estes animais, a capacidade de suporte do ambiente, prever o número de indivíduos no futuro, os fragmentos ocupados por eles e propor medidas para seu manejo.

Em Santa Maria de Jetibá existem 1.631 fragmentos florestais com áreas variando entre 1 a 953 ha, sendo que, aproximadamente 7,5% dos fragmentos são maiores que 50 ha e apenas 3,6% são maiores que 100 ha (Centoducatte, 2011). A grande quantidade de fragmentos de mata pequenos e reduzida quantidade de fragmentos com área superior a 100 ha dificulta a persistência de populações de muriquis, sendo que em SMJ a menor área ocupada por um grupo conhecido é de 77 ha, ou seja, os muriquis ocupam os poucos fragmentos de mata com área superior a 50 ha.

A densidade populacional máxima, 0,15 indivíduos por ha, encontrada nos grupos de muriquis estudados em SMJ é baixa quando comparada à grupos destes animais estudados em Caratinga, Minas Gerais, que chega a 0,3 indivíduos por ha (Strier, 2010; Possamai et al., 2007).

A dispersão de muriquis e a colonização de novos fragmentos é dificultada devido à fragmentação da paisagem, que possui diversos tipos de matrizes no entorno dos fragmentos e impõe dificuldade a sua transposição. A perda e a fragmentação de habitats podem reduzir o tamanho de populações e modificar a distribuição espacial de subpopulações restantes através do seu isolamento em fragmentos de habitats (Saunders *et al.*, 1991). Este provavelmente é o caso do grupo de muriquis São Sebastião de Belém, que se encontra isolado e possui taxa de crescimento populacional reduzida.

A distribuição das manchas de habitat na paisagem também determina a dispersão de indivíduos entre elas, assim, quanto maior o grau de isolamento do fragmento, menor a probabilidade de ocorrer dispersão de indivíduos para aquele fragmento (Olifiers e Cerqueira, 2006). A matriz da paisagem também interfere na migração dos animais. Ricketts (2001) em seus estudos com borboletas comprovou que a matriz pode contribuir para o isolamento de populações nos fragmentos. Castro e Fernandez (2004) afirmam que a tolerância a matriz foi o principal determinante da probabilidade de extinção de marsupiais e roedores em suas pesquisas realizadas na ReBio Poço das Antas no Rio de Janeiro.

Para facilitar a dispersão dos animais pela matriz é preciso criar conexões entre os fragmentos de mata. Pardini (2004) observou diminuição na perda de

espécies no sul da Bahia, devido à conectividade propiciada por ambiente de estrutura florestal, como matas secundárias e plantações sombreadas de cacau.

Em Santa Maria de Jetibá, local deste estudo, é preciso criar aproximadamente 1.500 metros de corredores ecológicos para interligar cinco fragmentos de mata que contém muriquis. A criação destes corredores é importante, pois irá conectar populações destes animais, possibilitando que fêmeas que emigram de seus grupos natais consigam atingir outras populações e se reproduzir, além de viabilizar a formação de metapopulação, em que a dispersão de indivíduos de uma população para a outra é possível. Porém, neste município todos os remanescentes florestais encontram-se em áreas privadas, sendo a conservação do muriqui e da mata mais complexa do que a criação e gestão de uma área protegida (Mendes et al. 2005b).

A simulação dos locais mais apropriados para formação de corredores ecológicos sugeriu que os lugares menos custosos para dispersão dos muriquis são pelas classes de cobertura do solo, mata inicial e outros cultivos, que representam respectivamente 58 e 32% do tipo de cobertura do solo por onde os corredores ecológicos devem passar. A fitofisionomia outros cultivos, representa, somente, aproximadamente 480 metros do corredor ecológico, sendo viável sua construção neste local. Desta forma, uma alternativa para a conservação do muriqui e formação de corredores é incentivar os proprietários das terras a deixarem as matas iniciais se regenerarem e implantarem pequenos corredores de mata entre suas plantações, possibilitando a passagem dos muriquis e contribuindo para formação de metapopulação.

O isolamento da maioria dos fragmentos florestais da Mata Atlântica e seu tamanho pequeno, dificultam a persistência, a longo prazo, de populações mínimas viáveis de primatas (Chiarello e Melo 2001; Chiarello, 2003). Desta forma, essas áreas se destinam à conservação e viabilização de formação de metapopulações, que deverão ser manejadas num futuro próximo para serem evitadas extinções locais de espécies (Kierulff e Rylands, 2003).

Seguindo os preceitos da Ecologia de Paisagem (Ribeiro, 2009), deve-se priorizar como estratégia de conservação dos muriquis e da Mata Atlântica, a manutenção dos maiores fragmentos de mata, com elevada conectividade estrutural (Martensen et al., 2008), seja por corredores florestais ou por trampolins ecológicos (Boscolo et al., 2008), ou o aumento de permeabilidade da matriz que circunda os fragmentos de interesse (Pardini et al., 2009). Além disso, a translocação de fêmeas em idade reprodutiva também é uma estratégia de conservação da espécie, que já foi realizada com sucesso na área de estudo do Projeto Muriqui em SMJ anteriormente (Santos et al, 2011).

Portanto, saber quais fragmentos tem probabilidade maior de ocupação pelos muriquis e quais podem ser conectados funcional ou estruturalmente são importantes para formação de metapopulação, dispersão de fêmeas em idade reprodutiva e colonização de novos fragmentos. Modelos que simulam eventos futuros objetivam chegar o mais próximo possível da realidade. Assim, modelar a dispersão do muriqui, seu crescimento populacional e de área, é importante uma vez que consiste em uma nova ferramenta para embasar decisões sobre conservação da espécie e restauração de matas.

## 5. Referências

- Aguirre, A.C., 1971. O mono *Brachyteles arachnoides* (E. Geoffroy). Situação Atual da Espécie no Brasil. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 53 pp.
- Almeida, C.M.de; Monteiro, A.M.V.; Câmara, G.; Soares-Filho, B.S.; Cerqueira, G.C.; Araujo, W.L.; Pantuzzo, A.E. 2003. Simulating urban land use change through CA-Based modeling and logistic regression. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Pp 1687 – 1694. Belo Horizonte, Br. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Batty, M.; Xie, Y. 1997. Possible urban automata. *Environment and Planning B*, v.24, n.2, p.175-192.
- Bennett, A.F.; Saunders, D.A. 2010. Habitat fragmentation and landscape change. pp 88–106 *Conservation Biology for All*. (Eds. N. Sodhi and P. Ehrlich). Oxford University Press.
- Bernardo. C.S.S & Galetti, M. 2004. Densidade de tamanho populacional de primatas em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21 (4): 827–832
- Boscolo, D.; Candia-Gallardo, C.; Awade, M.; Metzger, J.P. 2008. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for a bird species in the Atlantic Forest, Brazil. *Biotropica* 40, 273-276.
- Bowman, M.S.; Soares-Filho, B.S.; Merry, F.D.; Nepstad, D.C.; Rodrigues, H.; Almeida, O.T. 2012. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production. *Land Use Policy*. Vol, 29, issue 3, pp. 558-568.
- Câmara, A. S. 1996. Spatial Simulation Modelling. *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. M. Fisher. London, Taylor & Francis: 213-218.

- Castro, E.B.V.; Fernandez, F.A.S. 2004. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, v. 119, n. 1, p. 73-80,
- Caughley, G. 1994. Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology* 63: 215-244.
- CECAM, 2009. Centro Capixaba de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.incaper.es.gov.br/>, acesso em 27 de outubro de 2009.
- Centoducatte, L.D. 2010. Fragmentação da Mata Atlântica e Conservação do muriqui-do-norte, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae). Dissertação de Mestrado. Vitória: UFES. 66 pp.
- Coutinho, B.R., 2007. Análise de viabilidade populacional do muriqui, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae), em fragmentos de Mata Atlântica de Santa Maria de Jetibá – Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Vitória: UFES. 120 pp.
- Forman, R. T. T. & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York. Wiley & Sons (Eds.).
- Galetti, M.; Giacomino, H.C.; Bueno, R.S.; Bernardo, C.S.S.; Marques, R.M.; Bovendorp, R.S.; Steffler, C.E.; Rubim, P.; Gobbo, S.K, Donatti, C.I.; Begotti, R.A.; Meirrelles, F.; Nobre, R.A.; Chiarello, A.G.; Peres, C.S. 2009. Priority areas for the conservation of Atlantic forest large mammals. *Biological Conservation*. Vol142: 1229-1241.
- Godoy, M.M.G. e Soares Filho, B. S. 2004. Modelling intra-urban dynamics in the Savassi neighbourhood, Belo Horizonte city, Brazil. In Paegelow M. & Camacho Olmedo M. Y., Ed. *Modeling Environmental Dynamics*, Springer-Verlag.
- Hanski, I.; Simberloff, D. 1997. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. Pp 5-26. In: Hanski, I.A.; Gilpin, M.E.(Eds). *Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution*. Academic Press, San Diego.
- IBGE, 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em junho de 2011.
- IUCN, 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acesso em 27 de outubro de 2009.
- Lang, S. & Blaschke, T. 2009. Análise da Paisagem com SIG. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos. pp.424
- Laurance, W.F., 1994. Rainforest fragmentation and the structure of small mammal communities in tropical Queensland. *Biological Conservation* 69: 23-32.

- Laurance, S. G., Laurance, W. F. 1999. Tropical wildlife corridors: use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. *Biological Conservation* 91: 231-239.
- Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 15:237-240.
- Martensen, A. C.; Pimentel, R.G; Metzger, J.P. 2008. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in Atlantic Rain Forest: implications for conservation. *Biological Conservation* 141, 2184-2192.
- Mendes, S.L., Melo, F.R., Boubli, J.P., Dias, L.G., Strier, K.B., Pinto, L.P., Fagundes, V., Consenza, B., De Marco Júnior, P. 2005a. Directives for the conservation of the northern muriqui, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates, Atelidae). *Neotropical Primates* 13 (Suppl.), 7-18.
- Mendes, S. L., Santos, R. R., Carmo, L. P. 2005b. Conserving the northern muriqui in Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo. *Neotropical Primates* 13(Suppl.): 31-35.
- Merriam, G. 1991. Corridors and connectivity: Animal populations in heterogeneous environments. pp.133- 142. In Saunders, D.A., Hobbs, R.J. (eds.). *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beatty, Sons, N.S, Wales, Australia.
- Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*. 1: 1-9.
- Ministério do Meio Ambiente. 2008. Informe Nacional sobre áreas protegidas no Brasil. Brasília 2007. <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)> Acesso 12 de março 2009.
- Mittermeier, R.A.; Robles Gil, P.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C.G.; Lamoreux, J.; da Fonseca, G.A.B. 2004. *Hotspots Revisited*. Mexico: CEM
- Mittermeier, R. A., Valladares-Pádua, C., Rylands, A.B., Eudey, A.A., Butynski, T.M., Ghanzorn, J.U., Kormos, R., Aguiar, J.M. & Walker, S. 2006. Primates in Peril: the world's 25 most endangered primates, 2004-2006. *Primate Conservation* 20: 1-28.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nepstad, D., Soares-Filho, B.S., Merry, F., Lima, A., Moutikho, P., Carter, J., Bowman, M., Cattaneo, A., Rodrigues, H., Schwartzman, S., Mcgrath, D., Stickler, C., Lubowski, P., Piris-Cabezaz, P., Rivero, S., Alencar, A., Almeida, O., Stella, O. 2009. The End of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326 (5958) 1350-1351.
- Nunes, F.; Soares-Filho, B.S.; Giudice, R.; Rodrigues, H.O.; Bowman, M.S.; Silvestrini, R.; Mendonza, E. 2012. Economic benefits of forest conservation: assessing the potential rents from Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru, to channel REDD+ investments. *Environmental Conservation*, 39 (3).

- Olifiers, N., Cerqueira, R. 2006. Fragmentação de Habitat: Efeitos Históricos e Ecológicos. In: *Biologia da Conservação Essências*. Ed. Rima. São Carlos. 582p.
- Pardini, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in a Atlantic Forest landscape. *Biodiversity e Conservation* 13: 2567-86.
- Pardini, R.; Faria, D.; Accacio, G.M.; Laps, R.R., Mariano, E.; Paciencia, M.L.B.; Dixo, M.; Baumgarten, J. 2009. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation*, 142, 1178-1190.
- Pires, A.S.; Fernandez, F.A.S.; Barros, C.S. 2006. Vivendo em um Mundo em Pedacos: Efeito da Fragmentação Florestal sobre Comunidades e Populações Animais. In: *Biologia da Conservação Essências*. Ed. Rima. São Carlos. 582p.
- Possamai, C.B., Young, R.J., Mendes, S.L., Strier, K.B. 2007. Socio-Sexual Behavior of Female Northern Muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*). *American Journal of Primatology*, 69: 766-776.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F., Hirota, M. M. Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, 1141–1153, 2009.
- Ricketts, T.H. 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *The American Naturalist* 158: 87-99.
- Rizzini, C. T. 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil – Volume 2*. São Paulo: HUCITEC.
- Rocha, C.F.D., Bergallo, H.G., Sluys, M.V., Alves, M.A.S., Jenkins, C. 2006. Corredores Ecológicos e Conservação da Biodiversidade: Um Estudo de Caso na Mata Atlântica. In: *Biologia da Conservação Essências*. Ed. Rima. São Carlos. 582p.
- Rosenzweig, M.L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rylands, A. B.; Schneider, H.; Langguth, A.; Mittermeier, A. R.; Groves, C. P.; Rodríguez-Luna, E. 2000. An assessment of the diversity of New World Primates. *Neotropical Primates* 8: 61-93.
- Santos, R.R.; Santos, B.S.; Marques, K. L. S., Martinelli, F.S.; Mendes, S. L. 2011. Translocação de fêmea de *Brachyteles hypoxanthus* como estratégia de manejo da espécie. *Anais do XIV Congresso de Primatologia do Brasil*.
- Saunders, D. A. Hobbs, R. J., Margules, C. R. 1991. *Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review*. *Conservation Biology* 5: 18-32.

- Silva, M.P. 2010. Estratégias de forrageamento do muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) em um fragmento florestal em Santa Maria de Jetibá, ES. Dissertação de Mestrado. Vitória: UFES. 62 pp.
- Silvestrini, R.A.; Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.; Coe, M.; Rodrigues, H.O.; Assunção, R. 2011. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. *Ecological Applications*, 21(5), 2011, pp. 1573–1590
- Soares-Filho, B.S.; Pennachin, C.; Cerqueira, G. 2002a. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, v.154, p. 217-235.
- Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.; Curran, L.; Voll, E.; Cerqueira, G.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; McDonald, A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. 2006. Modeling Conservation in the Amazon basin. *Nature*, London, v.440, p.520-523.
- Soares-Filho, B.S.; Rodrigues, H.O., Costa, W.L. 2009. Modelagem de Dinâmica Ambiental com DinamicaEGO. Centro de Sensoriamento Remoto – Universidade Federal de Minas Gerais.
- Strier, K. B. 1991. Diet in one group of woolly spider monkeys, or muriquis (*Brachyteles arachnoides*). *American Journal of Primatology* 23: 113-126.
- Strier, K. B. 1992. Faces in the forest: the endangered muriqui monkey of Brazil. Oxford: Oxford University Press.
- Strier, K. B. 2000. Population viabilities and conservation implications for muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in Brazil's Atlantic forest. *Biotropica* 32(4b): 903-913.
- Strier, K.B. 2010. Long-Term Field Studies: Positive Impacts and Unintended Consequences. *American Journal of Primatology*, 71:1-7.
- Tabacow, F. P., Mendes, S. L., Strier K. B. 2011. Spread of a Terrestrial Tradition in an Arboreal Primate. *American Anthropologist*, Vol. 111, Issue 2, pp. 238–249.
- Tabarelli, M.; Pinto, L.P.; Silva, J.M.C.; Hirota, M.; Bedê, L. 2005. *Conservation Biology*. Vol 19, nº3: 695-700.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Heinen, K., Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571-572.
- Teixeira, A. M.G. 2005. Modelagem da dinâmica de uma paisagem do Planalto de Ibiúna (1962-2000) e inferências sobre a sua estrutura futura (2019). Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Ecologia.
- Tewksbury, J.J., Levey, D.L., Haddad, N.M., Sargent, S., Orrock, J.L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E.I., Townsend, P. 2002. Corridors

affect plants, animals and their interactions in fragmented landscape. Proc. Natl. Acad. Sci. 99: 12923-12926

Trentin, G.; Freitas, M.I.C. 2010. Modelagem da dinâmica espacial urbana: Modelo de autômato celular na simulação de cenários para o município de Americana-SP. Revista Brasileira de Cartografia. No. 62 Edição Especial no. 1.