

Iara Christina de Campos

AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE
RECURSOS HÍDRICOS SÃO CAPAZES DE MANTER A
CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA
PAISAGEM? UM ESTUDO DE CASO NO ENTORNO
DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE

XVI Curso de Especialização em Geoprocessamento
2017



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

IARA CHRISTINA DE CAMPOS

**AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE RECURSOS HÍDRICOS
SÃO CAPAZES DE MANTER A CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL
DA PAISAGEM? UM ESTUDO DE CASO NO ENTORNO DO PARQUE
ESTADUAL DO RIO DOCE**

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento.
Curso de especialização em Geoprocessamento.
Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências.
Universidade Federal de Minas Gerais

Orientadora: Profa. Dra. Sónia Maria Carvalho Ribeiro

BELO HORIZONTE

2017

C198a Campos, Iara Christina de.
2017 As áreas de preservação permanentes de recursos hídricos são capazes de manter a conectividade estrutural e funcional da paisagem? Um estudo de caso no entorno do Parque Estadual do Rio Doce [manuscrito] / Iara Christina de Campos. – 2017.
viii, 34 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Sônia Maria Carvalho Ribeiro.
Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2017.


Bibliografia: f. 29-34.

1. Geoprocessamento. 2. Áreas protegidas – Parques nacionais. 3. Recursos hídricos – Desenvolvimento – Parques nacionais. 4. Sistemas de informação geográfica. I. Carvalho-Ribeiro, Sônia Maria. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 528(815.1)

Aluna Iara Christina de Campos

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 04 de dezembro de 2017, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Profa. Dra. Sônia Maria Carvalho Ribeiro



Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do Programa de Pós Graduação pela oportunidade de aprendizado e convivência.

À professora Sónia Carvalho Ribeiro pela atenção, paciência e orientação no desenvolvimento deste estudo.

Aos “Chefes” Luciana Kamino e Flávio Carmo, pelo incentivo para o meu ingresso e conclusão do curso.

Aos colegas do Instituto Prístino e do MPMG, em especial à Isabela Micherif e Mateus Mauro que acompanharam de perto todo o processo e me deram muito apoio em momentos fundamentais.

Aos colegas de curso, muito obrigada pelo companheirismo, enorme aprendizado, troca de experiências e também pelo bom humor, que tornou esta trajetória muito mais leve e proveitosa! Espero que nossa parceria perdure...

Agradeço especialmente à minha família, aos meus pais Maria e Francisco, e ao meu companheiro Bruno pelo fundamental apoio, não somente neste curso, mas em todas as minhas escolhas de vida. Não seria possível caminhar sem o amparo, o amor, o incentivo e a compreensão de vocês!

Muito obrigada a todos.

RESUMO

A demanda antrópica por recursos vem ocasionando um crescente e cumulativo impacto sobre os ambientes naturais. Dentre os impactos provocados, a fragmentação de hábitat consiste em uma das principais causas de extinção de espécies no mundo. No Brasil, existem hoje ferramentas legais criadas no intuito de delimitar, preservar e recuperar áreas naturais, como as Unidades de Conservação (UC), as Áreas de Proteção Permanentes (APP) e as Reservas Legais (RL). Além da importância da manutenção das áreas protegidas para o fornecimento de bens diretos para a sociedade como áreas de recarga de recursos hídricos, é necessário também manter a funcionalidade ecossistêmica das mesmas para assegurar a biodiversidade, o que requer um planejamento da paisagem garantindo sua conectividade, e assim permitindo a perpetuação das populações de espécies em seus habitats naturais. Neste trabalho foi realizado o diagnóstico do papel das APPs hídricas na conectividade estrutural e funcional entre os remanescentes florestais no entorno do PE do Rio Doce, um dos mais representativos remanescentes de Mata Atlântica em Minas Gerais. Para isso foram utilizadas técnicas e ferramentas de ecologia da paisagem aliadas aos Sistemas de Informações Geográficas para quantificar o papel das APPs na paisagem em dois cenários: situação atual (BAU - *Business As Usual*) e num cenário onde as APP são preservadas na sua integridade (*manejo sustentável*). Os resultados mostram que enquanto no BAU a cobertura florestal representa 55% da área total do PERD e seu entorno, no cenário de manejo sustentável esse percentual sobe para a 59%, o que equivalente a um acréscimo de 4% em áreas vegetadas quando considerada a preservação integral das APPs e RLs. Quando consideramos as alterações sofridas apenas no entorno do PE Rio Doce, este percentual sobe para 9%. Os resultados deste trabalho mostram também que em um cenário de manejo sustentável as APPs asseguram a conectividade estrutural, mas para reestabelecer a conectividade funcional corredores ecológicos são necessários. A partir deste diagnóstico foi feito um prognóstico que indicou regiões fundamentais para a recuperação ambiental, bem como áreas potenciais para a preservação e criação de corredores ecológicos, dando subsídios para os esforços de conservação na região e propondo ações diretas que podem ser incluídas no plano de manejo do PERD que brevemente será revisado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo Geral.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. METODOLOGIA.....	5
3.1. Delimitação da Área de Estudo.....	5
3.2. Classificação da cobertura da terra.....	7
3.3. Delimitação das áreas de Reserva Legal.....	9
3.4. Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes de recursos hídricos.....	10
3.5. Métricas empregadas para a análise de conectividade da paisagem.....	12
3.6. Tratamento dos dados.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1. Estado de conservação das APPs hídricas e Reservas Legais.....	14
4.2. O papel das APPs enquanto corredores ecológicos no entorno do PE Rio Doce.....	17
4.3. Supressão de áreas de importância para a conectividade da paisagem....	20
4.4 Áreas-chave para recuperação ambiental, preservação e criação de corredores ecológicos.....	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

LISTA DE FIGURAS

- 1- Área de estudo adotada (polígono vermelho) delimitada no entorno do PE Rio Doce (polígono verde) de acordo com a proposta do projeto de pesquisa: “Dinâmicas sócio ecológicas no entorno do Parque Estadual do Rio Doce: cenários e governança para futuros sócio biodiversos” - PELD Rio Doce (ICB/UFGM) **6**
- 2- Trecho da imagem Sentinel-2 composta em cores verdadeiras com representação, em vermelho, dos polígonos inferiores a 0,5 hectares classificados como cobertura florestal e posteriormente reclassificados como áreas antropizadas. Os polígonos verdes representam áreas superiores a 0,5 hectares classificadas automaticamente como cobertura florestal..... **8**
- 3- Trecho da imagem Sentinel-2 composta em cores verdadeiras com representação, em azul, de polígonos com áreas entre 1,0 e 1,5 hectares, classificados automaticamente como cobertura florestal. Observa-se que estas manchas correspondem à extensão linear de uma APP (polígono laranja) e, portanto, mantiveram-se acima do ponto de corte estabelecido (0,5 hectares – ver Figura 02) para áreas de fragmentos florestais considerados não funcionais. Os polígonos verdes representam áreas superiores a 1,5 hectares classificadas automaticamente como cobertura florestal..... **9**
- 4- Representação das áreas de RL (polígonos amarelos) das propriedades rurais cadastradas no CAR dos municípios do entorno do PE Rio Doce. O polígono vermelho delimita a área de estudo no entorno do PE Rio Doce e o polígono verde, a área do Parque..... **10**
- 5- Áreas de Preservação Permanentes delimitadas de acordo com o “Novo Código Florestal” - Lei nº 12.651/2012. O polígono vermelho delimita a área de estudo no entorno do PE Rio Doce e o polígono verde, a área do Parque..... **12**
- 6- Comparativo da cobertura da terra no PE Rio Doce e Entorno. O BAU corresponde ao mapeamento dos remanescentes florestais e fragmentos de APPs hídricas e RLs realizado a partir do NDVI de imagem Sentinel2, com 10 cm de resolução espacial. O “cenário de manejo sustentável” considera os remanescentes florestais e a integridade da vegetação nas APPs e RLs, conforme determinado pelo Código Florestal..... **15**
- 7- Mapeamento das intervenções antrópicas em APPs e RLs no Parque Estadual do Rio Doce e entorno, realizado a partir do NDVI de imagem Sentinel2, com 10 cm de resolução espacial..... **16**
- 8- Representação dos valores de Distância Euclidiana dos fragmentos em relação ao seu vizinho mais próximo, na região do Parque Estadual do Rio Doce e entorno..... **21**
- 9- Fragmentos florestais no Parque Estadual do Rio Doce e entorno, representados em função do tamanho de suas áreas-núcleo..... **22**
- 10- Áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos no entorno do Parque Estadual do Rio Doce..... **25**

LISTA DE TABELAS

- 1- Limites estabelecidos para as APPs de recursos hídricos em ambientes naturais, de acordo com o “Novo Código Florestal” - Lei nº 12.651/2012..... **11**
- 2- Comparativo percentual entre as classes de cobertura da terra no BAU e sob uma perspectiva de manejo sustentável no PE Rio Doce e entorno..... **14**
- 3- Métricas da paisagem empregadas na análise comparativa de conectividade entre o BAU e o cenário de manejo sustentável no PE Rio Doce e entorno..... **18**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA(s) – Área(s) de Proteção Ambiental

APE – Área de Proteção Especial

APP(s) – Área(s) de Preservação Permanente(s)

BAU – *Business As Usual*

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês: Normalized Difference Vegetation Index).

PE – Parque Estadual

PELD – Parque Estadual do Rio Doce

PRA – Programa de Regularização Ambiental

RL(s) – Reserva(s) Legal(is)

RPPN(s) – Reserva(s) Particular(es) do Patrimônio Natural

SICAR – Sistema de Cadastro Ambiental Rural

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC(s) – Unidade(s) de Conservação

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação de habitat figura entre as principais causas de extinção de espécies no mundo (Hanski, 2005). As consequências imediatas da fragmentação envolvem a redução da área de vida e o isolamento de populações, culminando na redução do fluxo gênico e consequente extinção de espécies (Primack & Rodrigues, 2001). Ainda na década de 70, centros de pesquisa nacionais e internacionais suscitaram o debate sobre os efeitos da fragmentação no bioma Amazônico, que culminou na criação do “Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais”. Um dos principais objetivos deste projeto, ainda em vigor nos dias de hoje, é elucidar a aplicação da teoria de biogeografia de ilhas no planejamento de Unidades de Conservação (UCs) (PDBFF, 2017). A Mata Atlântica é também um bioma Brasileiro que sofre os impactos progressivos da fragmentação. Desde a década de 80 a Fundação SOS Mata Atlântica vem desenvolvendo estudos e estratégias de ação na área de políticas públicas, com o intuito de evitar a progressão dos desmatamentos e garantir a preservação e funcionalidade ecológica dos remanescentes (SOS Mata Atlântica, 2017; Palmeira, 2011).

Neste cenário de crescente pressão antrópica sobre os recursos naturais, torna-se primordial o conhecimento dos processos ecológicos e da dinâmica da paisagem para a delimitação de áreas protegidas eficazes na preservação de ambientes naturais com características especiais (MMA, 2016). No Brasil, a criação e gestão de UCs encontra amparo legal na Lei nº 9.985/2000, a chamada “Lei do SNUC” (Brasil, 2000).

Ainda no que concerne à preservação dos recursos naturais e regulamentação do uso da terra, o Brasil segue as diretrizes estabelecidas pelo Novo Código Florestal (Brasil, 2012). De acordo com esta Lei, determinam-se como Áreas de Preservação Permanente (APPs) as faixas marginais de rios, lagos e demais corpos d’água, sendo também prevista a recuperação da vegetação nativa nestas áreas que se encontrem degradadas. Além da sua função na manutenção da integridade estrutural dos corpos d’água, as APPs exercem importante papel como refúgios de fauna e corredores ecológicos, interligando outros remanescentes naturais (Simi et al., 2007; Carneiro et al., 2013). O Código Florestal vigente regulamenta também a criação das Reservas Legais (RLs), que consistem em áreas com cobertura de vegetação nativa de preservação

obrigatória em todas as propriedades ou posses rurais. As áreas de RL são delimitadas de acordo com um percentual mínimo de 20% da área da propriedade, podendo ser superior de acordo com sua localização (EMBRAPA, 2017). Tais Reservas tem a função de compatibilizar o uso econômico dos recursos com a manutenção dos processos ecológicos e preservação da biodiversidade nas propriedades rurais. A declaração e regularização das áreas de RL se dá através do registro obrigatório do imóvel no Cadastro Ambiental Rural (IEF¹, 2017).

Tão importante quanto o respaldo legal na delimitação de áreas naturais protegidas é a manutenção da sua funcionalidade ecossistêmica, permitindo a perpetuação de populações viáveis de espécies da flora e da fauna. Para que isso aconteça é fundamental um planejamento e gestão da paisagem que propicie a conectividade entre os fragmentos de áreas naturais (Primack & Rodrigues, 2001). Em uma matriz degradada e antropizada que dificulta o trânsito de indivíduos entre as populações, a presença de corredores ecológicos e *stepping stones* (manchas de vegetação que servem como trampolim ligando a matriz da paisagem aos corredores) deve ser planejada a fim minimizar o isolamento geográfico, permitindo o fluxo gênico e a recolonização de fragmentos (Brown & Lomolino, 2006; Ramalho & Batista, 2005). Neste contexto, o emprego das geotecnologias vem se mostrando cada vez mais presente no planejamento e compreensão da dinâmica da paisagem (Lang & Blaschke, 2009; Paese et al., 2012). Aliada aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a ecologia de paisagens trabalha com métodos e ferramentas que permitem quantificar e qualificar os atributos espaciais de uma paisagem, trazendo a compreensão da importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos em estudo e elucidando o papel do homem como agente modificador do espaço (METZGER, 2001). Com embasamento na teoria da biogeografia de ilhas, diversas métricas de paisagem têm sido utilizadas em estudos ecológicos, fornecendo indicadores espaciais relacionados às condições dos fragmentos. Através das métricas de composição da paisagem é possível mensurar o número e identificar a variedade de elementos presentes na paisagem. Já as métricas de configuração possuem componente espacial explícita, ou seja, elucidam o arranjo espacial das variáveis, considerando sua organização e disposição no espaço. As ferramentas em Ecologia de Paisagem permitem, ainda, estudar o isolamento e

conectividade de áreas naturais em ambientes fragmentados através da dinâmica de manchas, corredores e matriz (Volotão, 1998). Nestes estudos a conectividade é abordada como um parâmetro estrutural (dependente apenas de métricas da paisagem, como distância entre manchas e tamanho dos fragmentos) ou como um parâmetro funcional (dependente também de características de dispersão das espécies estudadas que habitam os fragmentos) (Ribeiro et al., 2007; Kindlmann & Burel, 2008).

No intuito de proporcionar uma efetiva conectividade entre áreas naturais remanescentes, atualmente encontra-se em vigor no estado de Minas Gerais o “Projeto Corredor Ecológico”, sob a gestão do Instituto Estadual de Florestas. Este projeto tem como objetivos a implementação, reconhecimento legal e gestão de corredores ecológicos no estado em diversas escalas de abrangência e funcionalidade (macro, meso e micro-corredores) (Melo et. al, 2017). As decisões acerca do traçado dos corredores são apoiadas em dados de declividade, hidrografia e uso e ocupação da terra. São orientadas para a interconexão entre fragmentos florestais e áreas de APPs, RLs e UCs, considerando-se ainda as limitações de uso da paisagem pelos grupos da fauna a serem contemplados e as características geográficas e fitofisionômicas de cada região (Martins et.al, 1998; Melo et.al, 2017). Devido a esta multiplicidade de fatores, a implementação de corredores requer estratégias específicas em cada caso. No entanto, a Resolução nº 009/1996 do Conselho Nacional de Meio Ambiente estabelece algumas diretrizes gerais no que concerne à criação de corredores. É estabelecido, entre outros aspectos, o uso de matas ciliares e faixas de cobertura vegetal remanescentes, bem como a recomposição florística de áreas com estas características que se encontrem degradadas (CONAMA, 1996).

Em Minas Gerais, o Parque Estadual do Rio Doce (PE Rio Doce) abriga um dos mais representativos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil e engloba parte do complexo sistema lacustre da bacia do Rio Doce. Com uma área total de 35.970 hectares, trata-se de um ambiente de extrema relevância para a biodiversidade e abriga expressiva diversidade de peixes, aves e mamíferos, além de espécies ameaçadas de extinção como o macuco, o macaco mono-carvoeiro e a onça-pintada (IEF, 2014). Muitas destas espécies requerem grandes áreas para a manutenção de populações viáveis e a

presença destes indivíduos fora dos limites do Parque culmina em conflitos com a população humana (IEF, 2016).

A paisagem no entorno do PE Rio Doce é composta por um intrincado mosaico de remanescentes de vegetação natural, lagos, cursos d'água e áreas antropizadas, que apresentam uma tendência crescente de expansão urbana e das atividades agrosilvopastoris (Oliveira et. al, 2017). Esta degradação crescente em seu entorno torna os ecossistemas do Parque cada vez mais isolados e potencializa a ocorrência de contatos antagônicos entre a população humana e a fauna nativa. Neste contexto, torna-se fundamental um manejo multidisciplinar a nível de paisagem dos remanescentes naturais no entorno do PE Rio Doce, visando a construção de um cenário de uso sustentável que contemple a preservação ambiental, o potencial turístico e recreativo da região, bem como a ocupação do terra e uso econômico dos recursos naturais (Carvalho-Ribeiro & O'Riordan, 2010; Pinto-Correia & Carvalho-Ribeiro, 2012). Para atingir este cenário é necessário, entre outras iniciativas, elucidar as relações de conectividade entre fragmentos a fim de direcionar esforços para a recuperação de remanescentes, para a manutenção de áreas de interesse para a conservação e para a gestão dos corredores naturais. Nesse sentido a ecologia da paisagem fornece técnicas e ferramentas que permitem realizar este diagnóstico e a partir daí propor soluções (prognóstico) e apontar caminhos para resolver problemas do mundo real.

Diante do exposto, o presente estudo propõe a realização de um diagnóstico do papel das APPs hídricas na conectividade estrutural e funcional entre os remanescentes florestais naturais e áreas de RL presentes no entorno do PE do Rio Doce. Espera-se que a partir deste diagnóstico se possa realizar um prognóstico, contribuindo na indicação de áreas-chave para recuperação ambiental, preservação e criação de corredores ecológicos, otimizando e orientando os esforços de conservação na região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Mapear e quantificar, através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, a conectividade estrutural e funcional entre as APPs de recursos hídricos e os remanescentes florestais naturais no entorno do PE Rio Doce.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Caracterizar o atual estado de conservação das APPs hídricas e Reservas Legais na área de estudo;
- b) Avaliar o papel das APPs enquanto corredores ecológicos no entorno do PE Rio Doce;
- c) Identificar áreas de importância para a conectividade da paisagem que porventura tenham sido suprimidas;
- d) Propor áreas-chave para recuperação ambiental, preservação e criação de corredores ecológicos no entorno do PE Rio Doce.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho tem enfoque em conceitos e abordagens da disciplina de ecologia da paisagem. A seguir são descritas as etapas metodológicas desenvolvidas do presente estudo:

3.1. Delimitação da Área de Estudo

Para a delimitação da área de estudo foram adotados os limites propostos no projeto de pesquisa *“Dinâmicas sócio ecológicas no entorno do Parque Estadual do Rio Doce: cenários e governança para futuros sócio biodiversos”* em desenvolvimento no âmbito do PELD Rio Doce (ICB/UFMG), que abrangem a área compreendida pelo PE Rio Doce e um raio de 10 km em seu entorno (Figura 01).

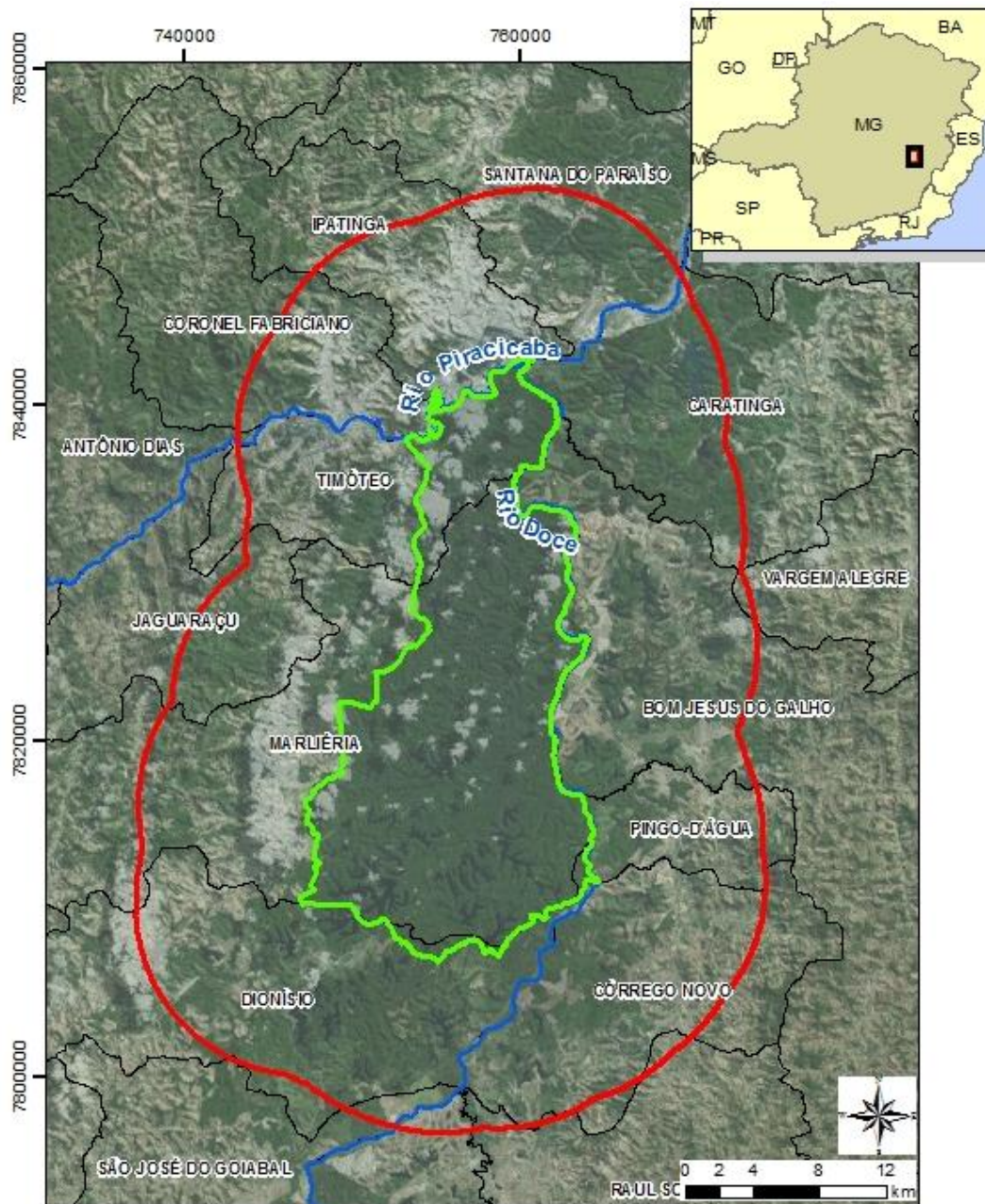


Figura 01: área de estudo adotada (polígono vermelho) delimitada no entorno do PE Rio Doce (polígono verde) de acordo com a proposta do projeto de pesquisa: *“Dinâmicas sócio ecológicas no entorno do Parque Estadual do Rio Doce: cenários e governança para futuros sócio biodiversos”* - PELD Rio Doce (ICB/UFMG).

Para a representação espacial das Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais presentes na área de estudo foram consultadas as bases de dados disponibilizadas pelo Instituto Chico Mendes (ICMBio, 2017) e pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF², 2017).

3.2. Classificação da cobertura da terra

O mapeamento dos remanescentes florestais naturais na área de estudo foi realizado através da interpretação de imagem ortorretificada do satélite Sentinel-2¹, datada de 17 de agosto de 2017, com resolução espacial de 10m, ou seja, no presente estudo não foram mapeados fragmentos menores que 100 m². Dentre as fontes de imagens de sensoriamento remoto gratuitas e de livre acesso ao público, a plataforma *ESA-Sentinel Online* é aquela que hoje disponibiliza as imagens mais recentes e com maior resolução espacial. O software de escolha para o tratamento da imagem foi o ENVI versão 5.1.

A partir das bandas espectrais nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo foi aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a fim de evidenciar as manchas de vegetação em relação ao solo e aos outros alvos da superfície, como corpos d'água e edificações (Santiago et al., 2009). A partir da imagem resultante da aplicação do NDVI os elementos identificados na paisagem foram agrupados em três classes temáticas:

- a) Cobertura florestal;
- b) Áreas antropizadas (onde o uso e cobertura da terra se destinam a atividades agrosilvopastoris, edificações e estradas);
- c) Ambiente aquático (composto por lagos e sua respectiva área de inundação, além dos cursos d'água identificáveis dentro dos limites da resolução espacial da imagem).

Após a classificação temática, procedeu-se a aplicação de um filtro a fim de uniformizar e eliminar ruídos decorrentes de pixels isolados. Foi utilizado um filtro majoritário, onde o pixel central é alterado de acordo com a classificação dos oito pixels vizinhos (SPINOLA, 2010; SPINOLA et. al, 2011).

As poligonais resultantes foram então validadas a partir da interpretação visual da imagem Sentinel-2A composta em cores verdadeiras. Para a validação das áreas

¹ Para informações operacionais sobre o satélite Sentinel-2 e download das imagens, consultar: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

vegetadas foi utilizado também o mapeamento das glebas de silvicultura cedido pela empresa Cenibra.

Manchas inferiores a 0,5 hectares classificadas automaticamente como cobertura florestal foram reclassificadas como áreas antropizadas, a fim de eliminar pequenas áreas vegetadas correspondentes, por exemplo, a ilhas de arborização urbana que não podem ser consideradas fragmentos funcionais de remanescentes florestais para a aplicação das métricas da paisagem (Figura 02).



Figura 02: trecho da imagem Sentinel-2 composta em cores verdadeiras com representação, em vermelho, dos polígonos inferiores a 0,5 hectares classificados como cobertura florestal e posteriormente reclassificados como áreas antropizadas. Os polígonos verdes representam áreas superiores a 0,5 hectares classificadas automaticamente como cobertura florestal.

O valor de 0,5 ha foi estabelecido a partir de vários testes realizados com áreas de diferentes tamanhos (0,3, 0,5, 1,0 e 1,5 ha). Constatou-se que com a exclusão de áreas superiores a 0,5 ha existe perda de informação onde a vegetação se distribui de maneira linear, porém não é classificada automaticamente como um fragmento contínuo, conforme ilustrado em área de APP na Figura 03.

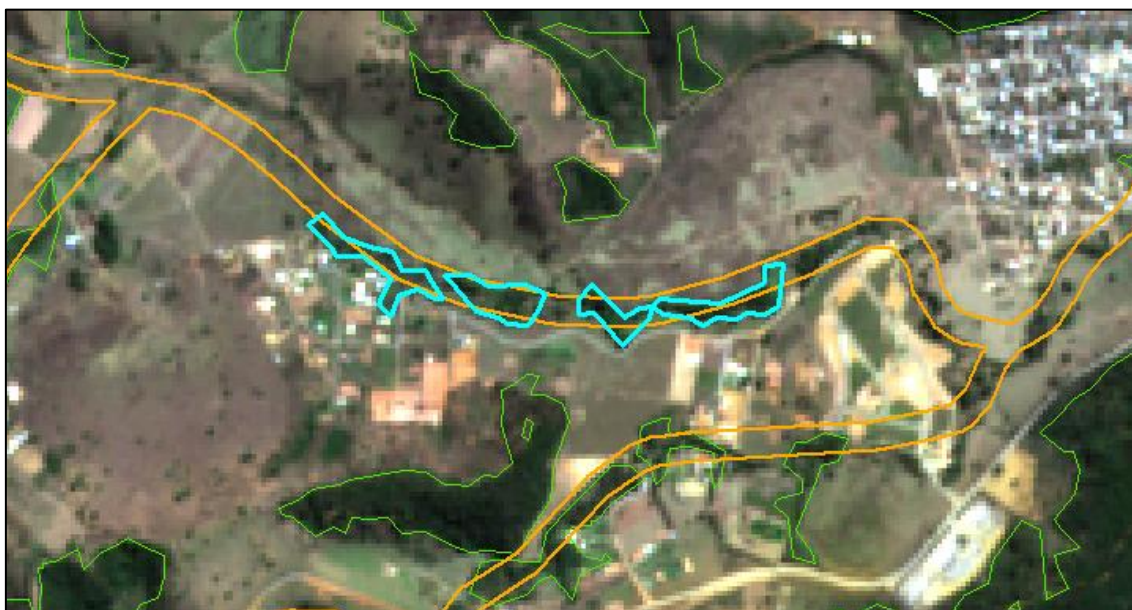


Figura 03: trecho da imagem Sentinel-2 composta em cores verdadeiras com representação, em azul, de polígonos com áreas entre 1,0 e 1,5 hectares, classificados automaticamente como cobertura florestal. Observa-se que estas manchas correspondem à extensão linear de uma APP (polígono laranja) e, portanto, mantiveram-se acima do ponto de corte estabelecido (0,5 hectares – ver Figura 02) para áreas de fragmentos florestais considerados não funcionais. Os polígonos verdes representam áreas superiores a 1,5 hectares classificadas automaticamente como cobertura florestal.

Os limites marginais dos lagos e do Rio Doce foram confrontados com o mapeamento de espelhos d'água do Brasil realizado em escala 1:50.000 pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2008)

3.3. Delimitação das áreas de Reserva Legal

Em consulta à base de dados do Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR², foram obtidos os limites vetorizados das áreas de RL das propriedades rurais cadastradas para os municípios da área de estudo (Figura 04).

² Informações disponíveis em: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em novembro de 2016.

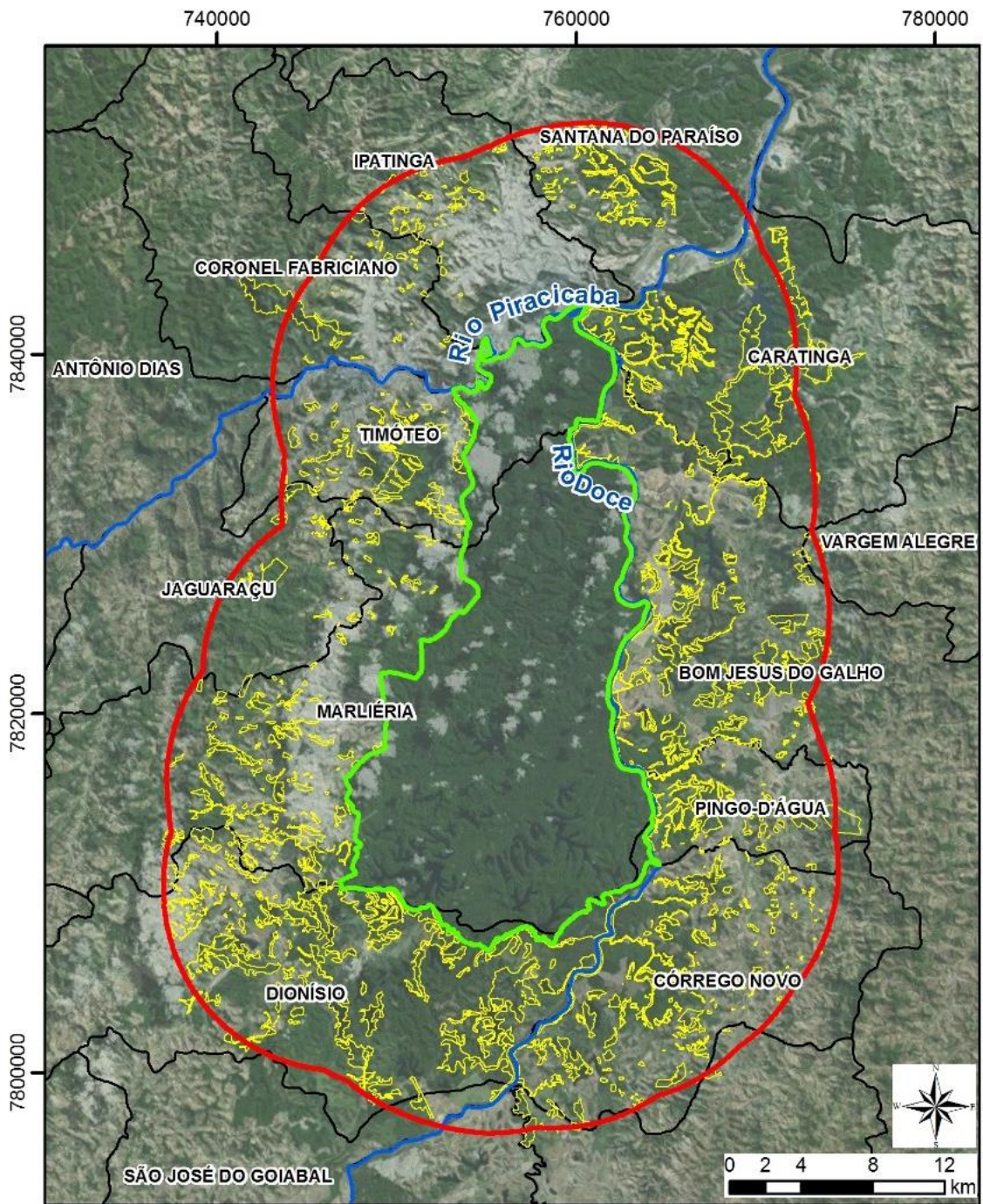


Figura 04: representação das áreas de RL (polígonos amarelos) das propriedades rurais cadastradas no CAR dos municípios do entorno do PE Rio Doce. O polígono vermelho delimita a área de estudo no entorno do PE Rio Doce e o polígono verde, a área do Parque.

3.4. Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes de recursos hídricos

Para a identificação dos cursos d'água foi utilizada a malha hidrográfica vetorizada em escala 1:50.000 elaborada pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM, 2006) (Figura 05).

A delimitação das APPs foi realizada traçando-se uma faixa marginal nos corpos d'água de acordo com as definições da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), levando em conta parâmetros como a largura dos cursos d'água e o volume dos lagos (Tabela 01, Figura 05). O software de escolha para o processamento dos dados foi o ArcGIS versão 10.1.

Tabela 01: limites estabelecidos para as APPs de recursos hídricos em ambientes naturais, de acordo com o “Novo Código Florestal” - Lei nº 12.651/2012.

	Dimensões	Largura da APP
Cursos d'água	até 10 metros de largura	30 metros
	de 10 a 50 metros de largura	50 metros
	de 50 a 200 metros de largura	100 metros
	de 200 a 600 metros de largura	200 metros
	superior a 600 metros de largura	500 metros
Lagos e lagoas naturais	de quaisquer dimensões, localizados em zonas urbanas	30 metros
	até 20 hectares de superfície, localizado em zona rural	50 metros
	acima de 20 hectares de superfície, localizado em zona rural	100 metros

Observa-se na Tabela 01 que a legislação difere os lagos naturais com base em sua localização: se presentes em zona rural ou urbana. Na ausência de planos diretores e zoneamentos para os municípios da área de estudo, a categorização entre “zona urbana” e “zona rural” foi inferida a partir da área de abrangência das propriedades rurais declaradas no CAR ao longo dos municípios.

Para efeito de delimitação das APPs de nascentes, considerou-se como nascente o ponto terminal de cada curso d'água representado na base do IGAM (2006), traçando em seu entorno uma área com raio de 50m (BRASIL, 2012).

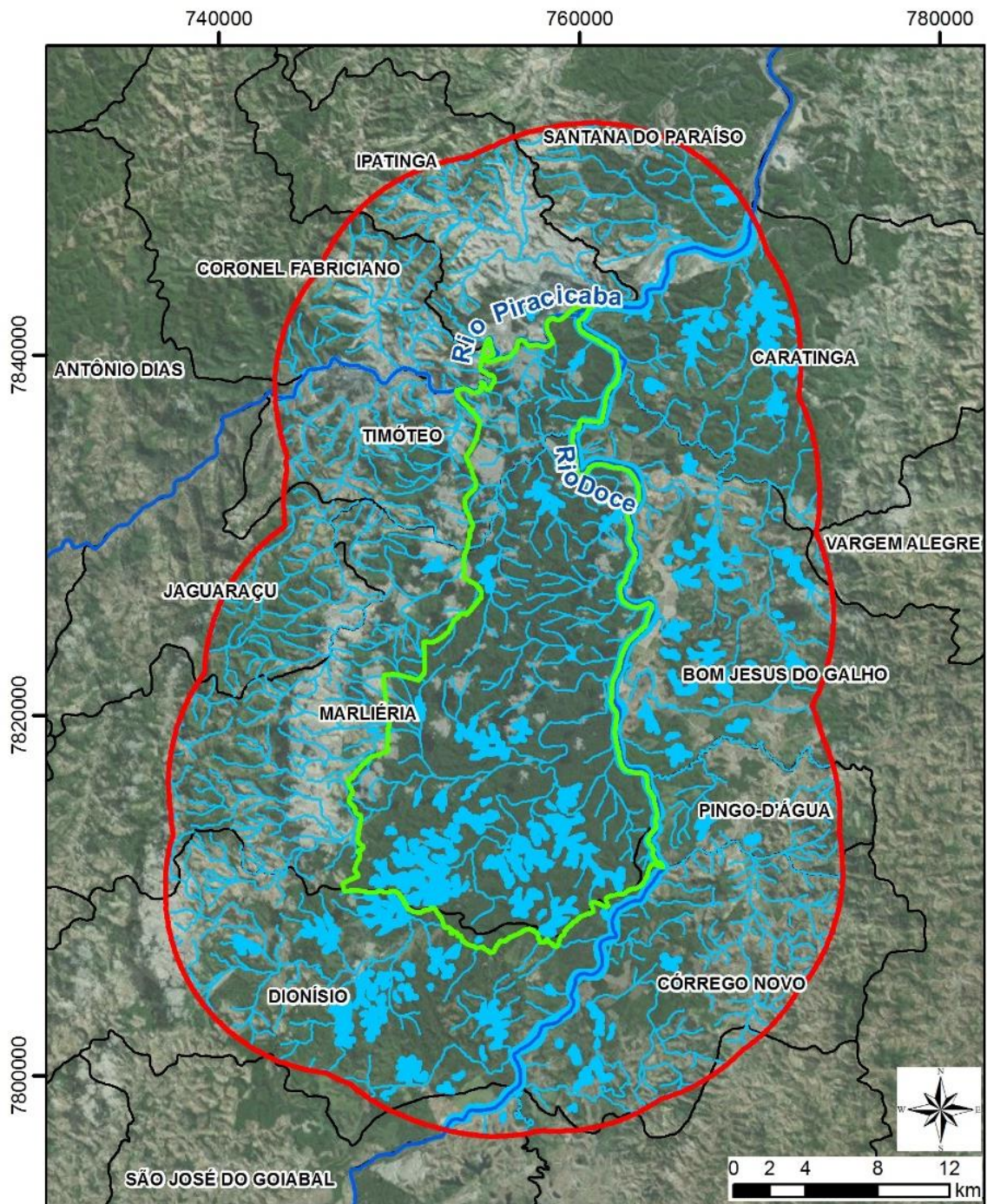


Figura 05: áreas de Preservação Permanentes delimitadas de acordo com o “Novo Código Florestal” - Lei nº 12.651/2012. O polígono vermelho delimita a área de estudo no entorno do PE Rio Doce e o polígono verde, a área do Parque.

3.5. Métricas empregadas para a análise de conectividade da paisagem

Baseando-se na revisão de Botequilha Leitão & Ahern (2002), foram empregadas métricas representativas para a compreensão da conectividade entre manchas sob uma

perspectiva de planejamento e manejo da paisagem, quais sejam: a) número de manchas e densidade de manchas (NP e PD) e b) tamanho médio das manchas (AREA_MN) e seu respectivo desvio padrão (AREA_SD), que permitem inferências sobre a fragmentação da paisagem; c) forma das manchas através da razão perímetro-área (PARA_MN), d) Total de bordas (TE), e) Densidade de bordas (ED) e f) Área-núcleo (CORE) que permitem analisar o efeito de borda nos fragmentos florestais e g) Distância Euclidiana média e seu respectivo desvio-padrão (ENN_MN), que permitem inferências acerca da conectividade entre os fragmentos florestais.

Para as métricas de paisagem relacionadas a parâmetros de borda, foi considerada uma distância de 35 metros a partir da margem dos fragmentos, conforme a generalização apresentada na revisão de Rodrigues (1998).

O software de escolha para realização das análises foi o FRAGSTATS versão 4.2.

3.6. Tratamento dos dados

Uma vez delimitadas as APPs hídricas, as áreas de RL, e identificados os remanescentes de vegetação na área de estudo as métricas de paisagem foram aplicadas em dois cenários:

- a) O cenário real (doravante referido como BAU - *Business As Usual*³), considerando-se os fragmentos remanescentes das APPs hídricas e RLs e sua relação de conectividade com a cobertura florestal. Para a construção deste cenário foi utilizado o mapeamento de cobertura da terra resultante da interpretação do NDVI em imagem Sentinel-2, conforme descrito no item 3.2 do presente estudo.
- b) Um cenário de manejo sustentável, considerando-se a integridade da vegetação nativa das APPs hídricas e RLs em toda a área e estudo e estabelecendo sua potencial relação de conectividade com os demais remanescentes florestais. Para este cenário, utilizou-se o mesmo mapeamento do item a), acima,

³ O termo *Business as Usual* (BAU) é empregado para descrever uma atividade ou fenômeno que transcorre de maneira normal, mesmo em circunstâncias que deveriam ser tratadas de maneira extraordinária ou que apresentam potencial para impacto negativo (Disponível em: <http://www.businessdictionary.com/definition/business-as-usual.html>. Acesso em novembro de 2017).

somando-se a ele as áreas de RL e APP, conforme estabelecidas nos itens 3.3 e 3.4. Considerou-se, neste cenário, que todas as áreas de RL e APP mapeadas apresentavam cobertura florestal preservada.

A partir dos resultados obtidos para os dois cenários foram apontadas as áreas de intervenções em APPs e RLs e procedeu-se com a identificação das áreas suprimidas importantes para a conectividade da paisagem e com o prognóstico das regiões de interesse para a recuperação ambiental e para a conservação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estado de conservação das APPs hídricas e Reservas Legais

Enquanto no BAU a cobertura florestal representa 55% da área total do PERD e seu entorno, no cenário de manejo sustentável esse percentual sobe para a 59%, o que equivalente a um acréscimo de 4% em áreas vegetadas quando considerada a preservação integral das APPs e RLs (Tabela 02 e Figura 06). Quando consideramos as alterações sofridas apenas no entorno do PE Rio Doce, este percentual sobe para 9%. A degradação da cobertura vegetal em áreas protegidas é mais expressiva na zona urbana do município de Ipatinga, a norte do PE Rio Doce, e na zona rural dos municípios de Córrego Novo e Pingo D'água, a sudeste do Parque (Figura 07).

Tabela 02: comparativo percentual entre as classes de cobertura da terra no BAU e sob uma perspectiva de manejo sustentável no PE Rio Doce e entorno.

Classes de cobertura da terra	BAU		Cenário de manejo sustentável	
	área (ha)	percentual	área (ha)	percentual
Massas de água	9.131	6%	9.131	6%
Áreas antropizadas	65.769	40%	59.348	36%
Cobertura Florestal	90.548	55%	96.969	59%

Foram observadas grandes extensões de áreas antropizadas também na APP da margem direita do Rio Doce e ao longo do Rio Piracicaba. De acordo com a metodologia empregada, aproximadamente 21% das APPs e RLs se encontram em inconformidade com a área mínima exigida nos Artigos 4º e 12º do Código Florestal

COBERTURA DA TERRA NO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE E ENTORNO

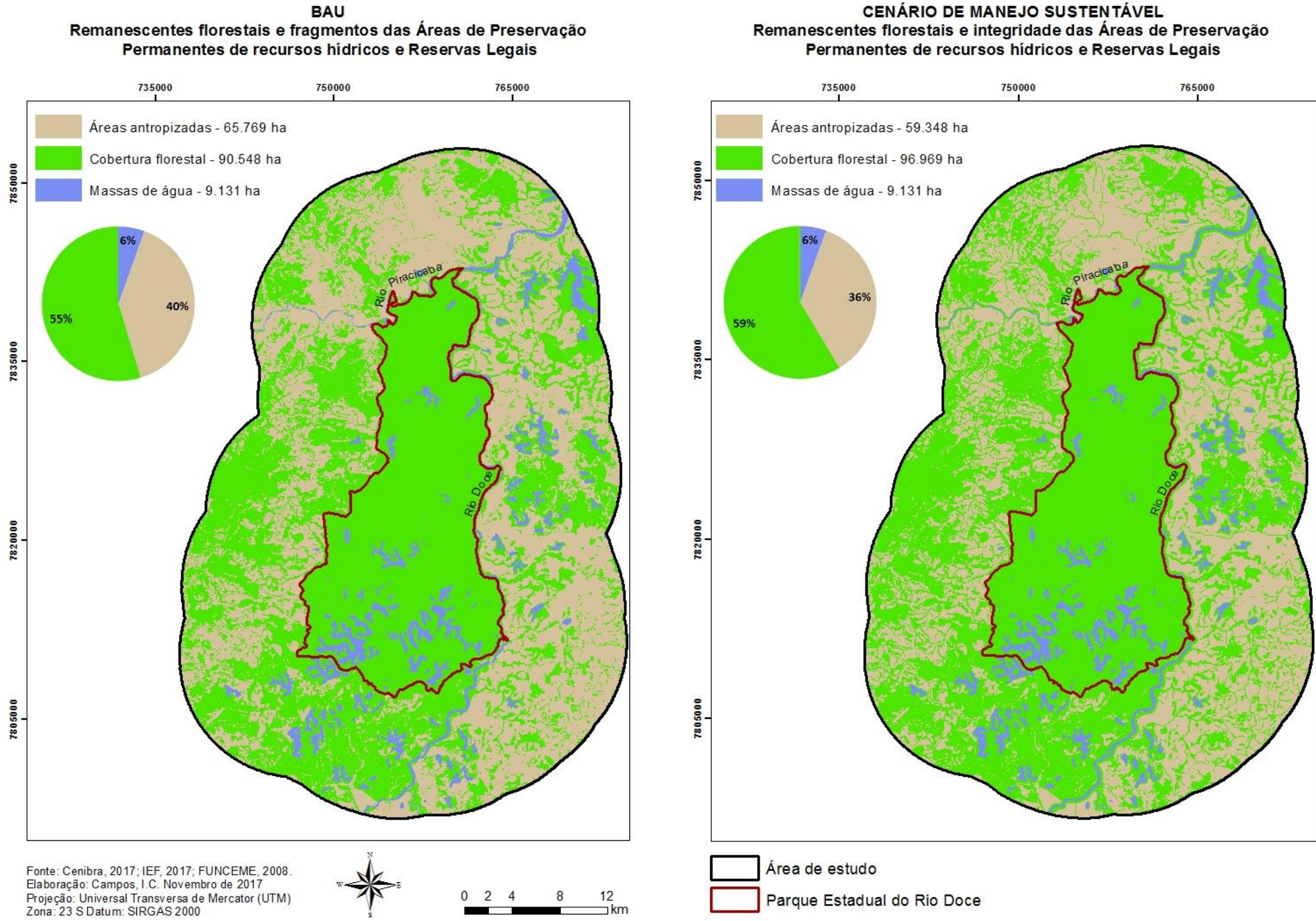
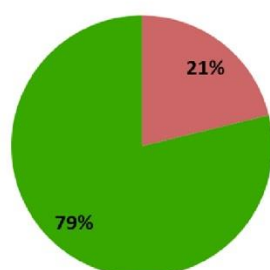
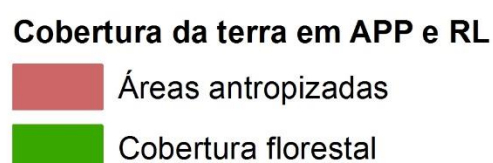
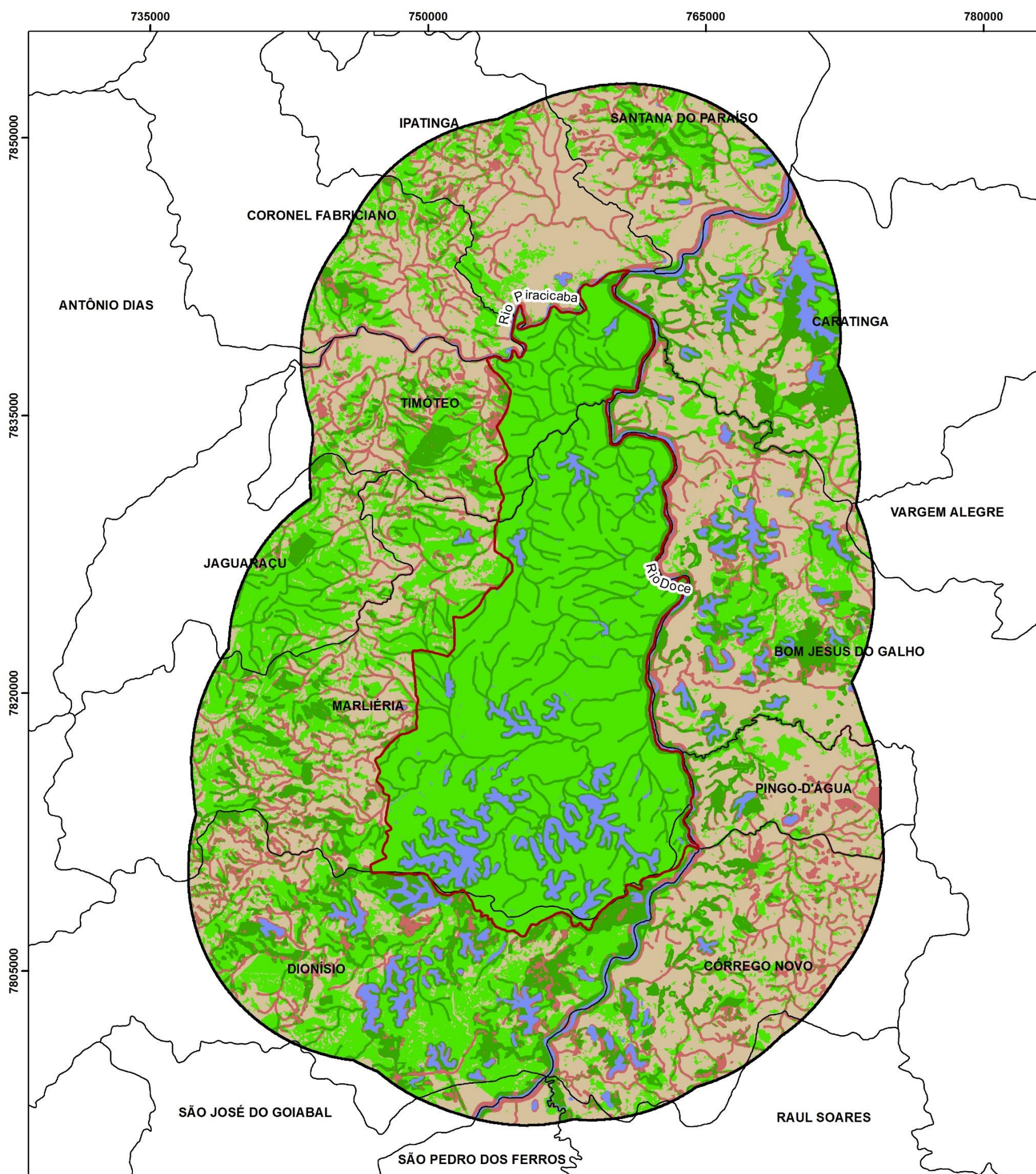


Figura 06: comparativo da cobertura da terra no PE Rio Doce e Entorno. O BAU corresponde ao mapeamento dos remanescentes florestais e fragmentos de APPs hídricas e RLs realizado a partir do NDVI de imagem Sentinel2, com 10 cm de resolução espacial. O “cenário de manejo sustentável” considera os remanescentes florestais e a integridade da vegetação nas APPs e RLs, conforme determinado pelo Código Florestal.

COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES (APP) E RESERVAS LEGAIS (RL) NO ENTORNO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE



Fonte: CAR, 2017; Cenibra, 2017; IEF, 2017; IBGE, 2014; FUNCEME, 2008.
 Elaboração: Campos, I.C. Novembro de 2017
 Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Zona: 23 S Datum: SIRGAS 2000



Figura 07: mapeamento das intervenções antrópicas em APPs e RLs no Parque Estadual do Rio Doce e entorno, realizado a partir do NDVI de imagem Sentinel2, com 10 cm de resolução espacial.

Brasileiro (Figura 07). Caso não possuam anuência do Órgão Ambiental para a realização das intervenções, a recomposição da vegetação nativa é obrigação dos proprietários das áreas afetadas mediante as regras do Programa de Regularização Ambiental (PRA). Intervenções realizadas anteriormente a 22 de julho de 2008, no entanto, enquadram-se como áreas de “uso consolidado” e não são passíveis de recuperação (Brasil, 2012).

Torna-se necessário, portanto, identificar as propriedades rurais e avaliar, caso a caso, a regularidade das áreas alteradas. Esta verificação é de competência dos órgãos Estaduais de meio ambiente e encontra-se no escopo do CAR, conforme previsto em Lei (Brasil, 2016). Atualmente o processo de verificação e validação do CAR acontece de forma lenta, pois as análises são limitadas pela capacidade operacional e ausência de metas concretas por parte dos órgãos competentes. No entanto, a celeridade neste processo é fundamental para que e se cumpram as exigências do Código Florestal, coibindo novas contravenções ambientais e culminando na efetiva proteção e recuperação das áreas naturais (WWF, 2017).

4.2. O papel das APPs enquanto corredores ecológicos no entorno do PE Rio Doce

A partir das métricas empregadas na análise, constatou-se um incremento em área total das manchas (superior a 6.000 ha), acompanhado da diminuição do número de manchas (NP). A densidade de manchas (PD), ou seja, o número de fragmentos a cada 100 hectares, caiu de 1,01 no BAU para 0,61 no cenário de manejo sustentável. Este é um indicativo da redução da fragmentação florestal e aumento da conectividade estrutural da paisagem, decorrentes da interconexão promovida pelas APPs em um cenário de manejo sustentável (Tabela 03). A área média (AREA_MN) aumentou no cenário de manejo, porém o alto desvio padrão (AREA_SD) nos dois cenários aponta uma grande variação no tamanho dos fragmentos, provocada pela extensa mancha florestal contínua compreendida pelo PE Rio Doce. Outra métrica que nos permite inferir o aumento da conectividade estrutural neste cenário é a redução da Distância Euclidiana média entre os fragmentos (ENN_MN). Esta métrica é dada pela distância borda-a-borda entre um fragmento e seu vizinho mais próximo. A redução nas distâncias indica, portanto, que os fragmentos tornaram-se mais agregados. O desvio-padrão desta métrica também diminuiu, o que indica uma menor discrepância destes valores em

relação à média. Este é um cenário positivo para a conservação, pois reduz o tempo de trânsito dos indivíduos capazes de atravessar a matriz⁴ e, portanto, reduz também as chances de interações antagônicas com o meio antrópico. Cabe ressaltar que a percepção e permeabilidade da matriz é diferente para indivíduos de diferentes espécies, portanto este aumento em conectividade estrutural não possui as mesmas implicações para a conservação de todas elas. Além disso, em uma matriz heterogênea, espera-se que determinadas regiões ofereçam menos resistência à migração de indivíduos (plantios e pastagens, por exemplo) do que outras (áreas urbanas, por exemplo) (Primack & Rodrigues, 2001).

Tabela 03: métricas da paisagem empregadas na análise comparativa de conectividade entre o BAU e o cenário de manejo sustentável no PE Rio Doce e entorno.

MÉTRICAS DA PAISAGEM	BAU	CENÁRIO DE MANEJO SUSTENTÁVEL
Área média das manchas (AREA_MN)	54	96
Desvio-Padrão da área média das manchas (AREA_SD)	1.557	2.432
Soma das áreas das manchas (ha)	90.548	96.969
Número de manchas (NP)	1.665	1.007
Densidade de manchas (PD)	1,01	0,61
Distância Euclidiana ao vizinho mais próximo (ENN_MN)	68,61	65,16
Desvio-Padrão da Distância Euclidiana ao vizinho mais próximo (ENN_SD)	73,73	69,12
Total de bordas (TE)	8.715.400	9.451.720
Densidade de bordas (ED)	52,68	57,14
Razão perímetro-área (PARA_MN)	798,41	1.071,30

A despeito do ganho em conectividade observado, cabe ressaltar o aumento na área total de bordas (TE), na densidade de bordas (ED) e na razão perímetro-área

⁴ Em modelos biogeográficos, considera-se como “matriz” a unidade dominante na paisagem que circunda fragmentos de habitats adequados para uma determinada espécie (Ricklefs, 2003). No presente estudo, consideramos como matriz o conjunto de áreas antropizadas no entorno do PE Rio Doce.

(PARA_MN) neste mesmo cenário de manejo sustentável. Com o aumento na área total de remanescentes na paisagem acompanhado da diminuição do número de manchas era esperada uma redução na densidade de bordas, no entanto a forma dos fragmentos interferiu fortemente neste parâmetro: o acréscimo em área florestal se deu, sobretudo através da recuperação das APPs, portanto de maneira linear na paisagem. O aumento no perímetro das manchas predomina na paisagem a despeito do acréscimo em área das mesmas.

De acordo com o Código Florestal vigente, obedeceu-se a largura mínima de 30 m para as APPs de cursos d'água inferiores a 10 m de largura (ver item 3.4). Obteve-se, portanto, uma faixa vegetada de 60 m de largura ao longo dos cursos d'água. Conforme sugerido por Rodrigues (1998) a largura de borda adotada no presente estudo corresponde a 35 m (ver item 3.5). Desta maneira, todos os corredores com 60 m de largura apresentam comportamento de borda, de acordo com os parâmetros adotados no presente estudo. Cabe ressaltar, no entanto, que assim como a percepção da matriz é diferente para cada espécie, o mesmo acontece com sua interação com as bordas dos fragmentos (Primack & Rodrigues, 2001). O efeito de borda de 35m foi estabelecido levando-se em consideração a convergência de fatores bióticos relacionados à composição e densidade de espécies; e microclimáticos relacionados à pressão hídrica e luminosidade, observados até 35 m das margens de fragmentos florestais (Rodrigues, 1998). A percepção de borda, no entanto, pode ser maior ou menor dependendo da espécie em questão e requer estudos específicos para sua determinação.

Depreende-se, portanto, que a recomposição das APPs promove um incremento na conectividade estrutural da paisagem, ou seja, interliga fisicamente os remanescentes e reduz a distância entre fragmentos antes isolados. Porém a recomposição por si só não garante o aumento da conectividade funcional, uma vez que os fragmentos com a largura mínima das APPs podem apresentar comportamento de borda, dificultando o trânsito de espécies sensíveis a este parâmetro.

4.3. Supressão de áreas de importância para a conectividade da paisagem:

O mapa ilustrado na Figura 08 corresponde à representação da Distância Euclidiana (ENN) de cada fragmento em relação ao seu vizinho mais próximo. Conforme abordado no item 4.2, o valor médio para esta métrica varia em torno dos 68 m (BAU) e dos 65 m (para o cenário de manejo sustentável). Constatou-se que os fragmentos mais isolados se encontram a sudeste do PE Rio Doce, nos municípios de Córrego Novo, Pingo d'Água e Bom Jesus do Galho. Observou-se, nestes municípios, uma discreta redução nas distâncias no cenário de manejo sustentável em relação ao BAU.

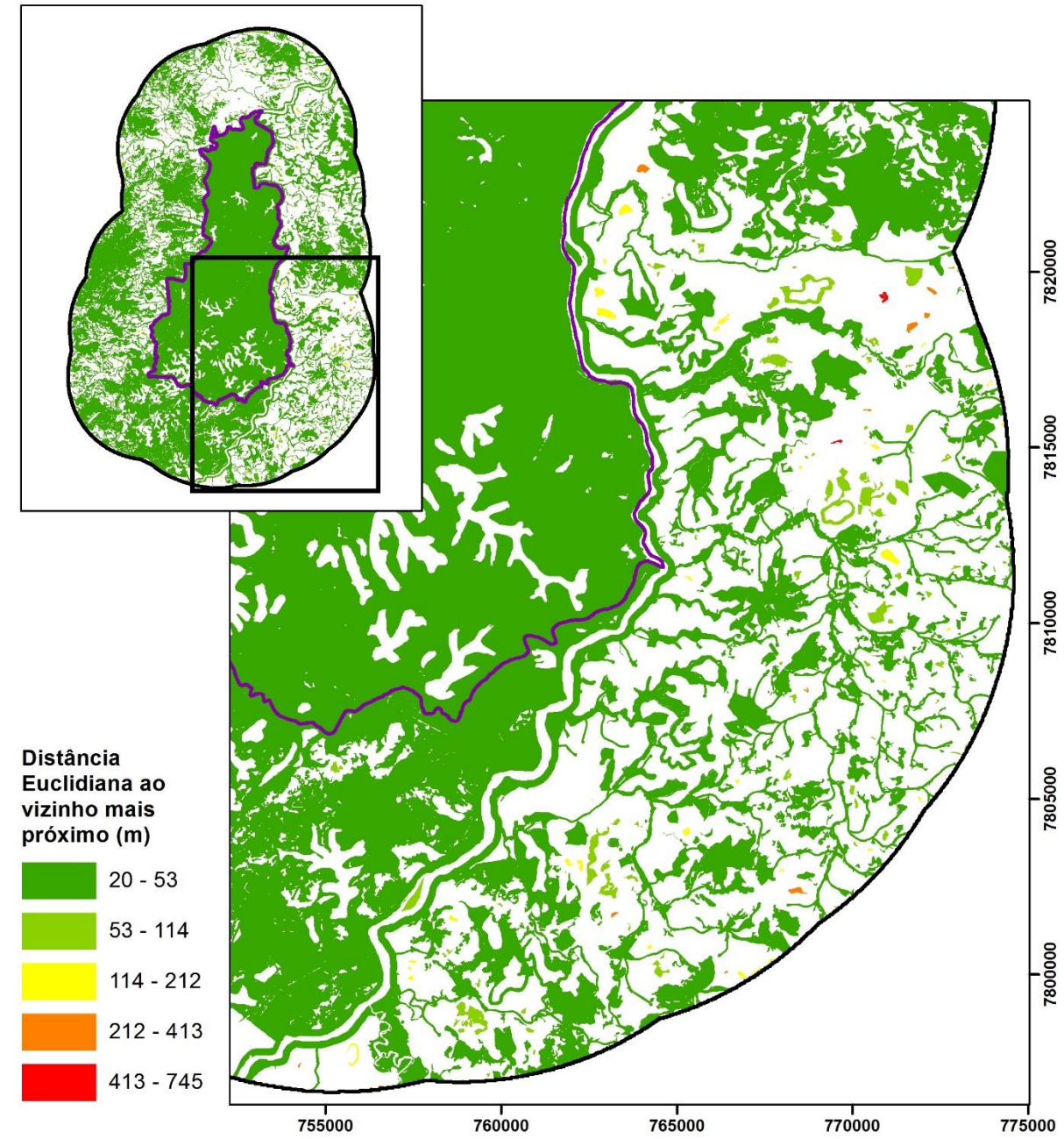
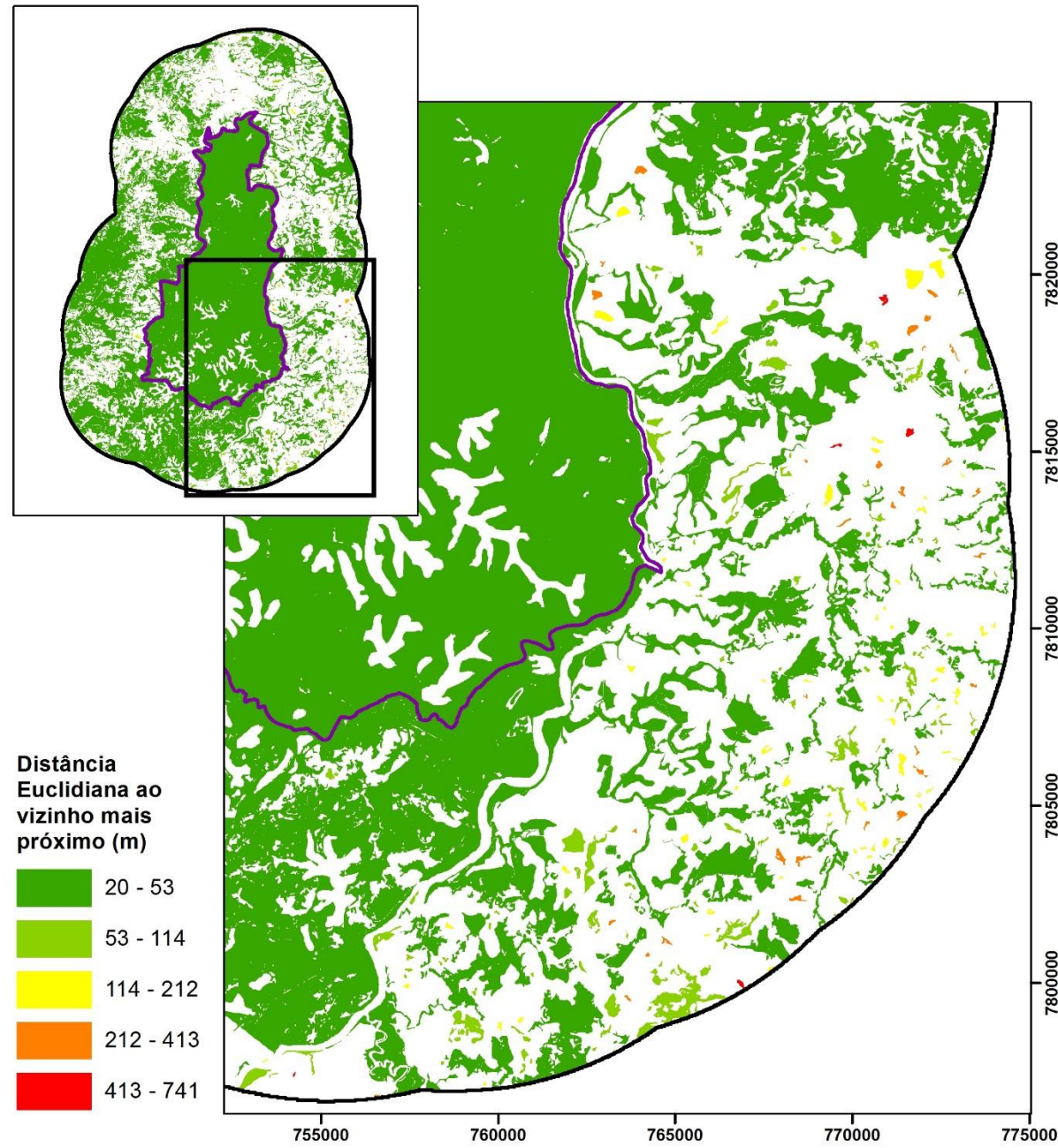
Outra métrica empregada com o intuito de avaliar a qualidade ambiental dos remanescentes florestais corresponde à estimativa da área-núcleo (CORE) dos fragmentos. Um aumento da área núcleo implica na redução do efeito de borda e consequentemente proporciona um ambiente mais favorável à manutenção de populações viáveis de espécies (Primack & Rodrigues, 2001). Cabe esclarecer que o software FRAGSTATS 4.2 considera os fragmentos contíguos para o cálculo desta métrica, ou seja, a área-núcleo de um fragmento é agregada a do fragmento adjacente quanto interligados fisicamente por um corredor (McGarigal, 2015). Como resultado, temos no BAU a predominância de remanescentes isolados com área-núcleo de até 360 ha, a norte e sudeste do PE Rio Doce (Figura 09). Com a recuperação das APPs e RLs, este parâmetro apresenta uma significativa melhora pois fragmentos antes isolados tornam-se contíguos e passam a ter área-núcleo superior a 3.000 ha.

Constata-se, portanto, que as APPs e RLs suprimidas nos municípios de Santana do Paraíso, Caratinga, Coronel Fabriciano, Córrego Novo, Pingo D'Água e Bom Jesus do Galho exercem um papel fundamental para a conectividade da paisagem, embora ainda estejam presentes, nestes municípios, fragmentos florestais com área-núcleo reduzida. O cenário de recomposição das áreas de APP e RL, obedecendo ao mínimo previsto pela legislação, resultou em uma melhoria da qualidade ambiental dos fragmentos nesta região.

DISTÂNCIA EUCLIDIANA ENTRE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE E ENTORNO

BAU
Remanescentes florestais e fragmentos das Áreas de Preservação Permanentes de recursos hídricos e Reservas Legais

CENÁRIO DE MANEJO SUSTENTÁVEL
Remanescentes florestais e integridade das Áreas de Preservação Permanentes de recursos hídricos e Reservas Legais



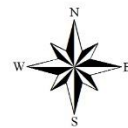
Distância Euclidiana ao vizinho mais próximo (m)

20 - 53
53 - 114
114 - 212
212 - 413
413 - 741

Distância Euclidiana ao vizinho mais próximo (m)

20 - 53
53 - 114
114 - 212
212 - 413
413 - 745

Fonte: Cenibra, 2017; IEF, 2017
Elaboração: Campos, I.C. Novembro de 2017
Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Zona: 23 S Datum: SIRGAS 2000



Área de estudo
Parque Estadual do Rio Doce

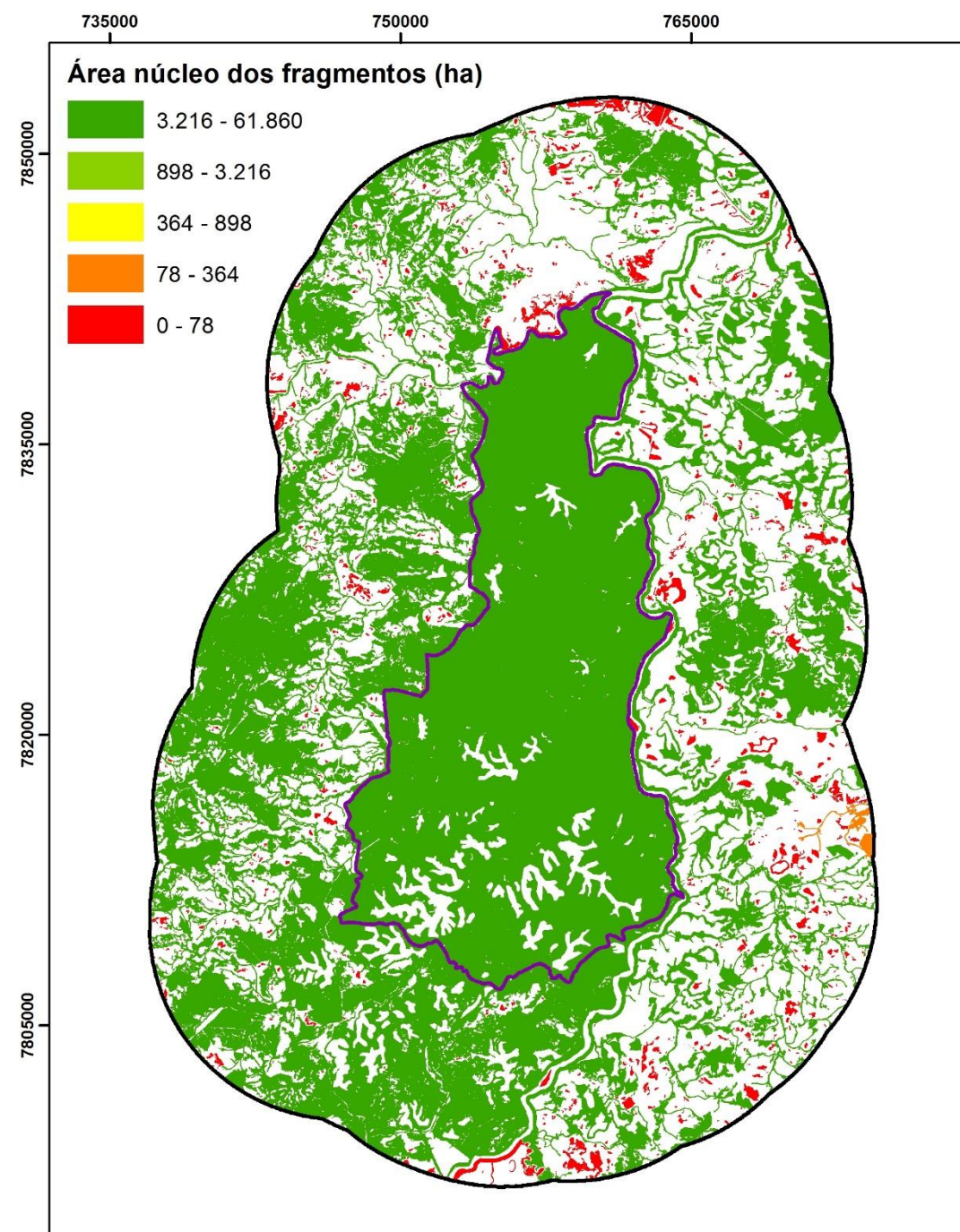
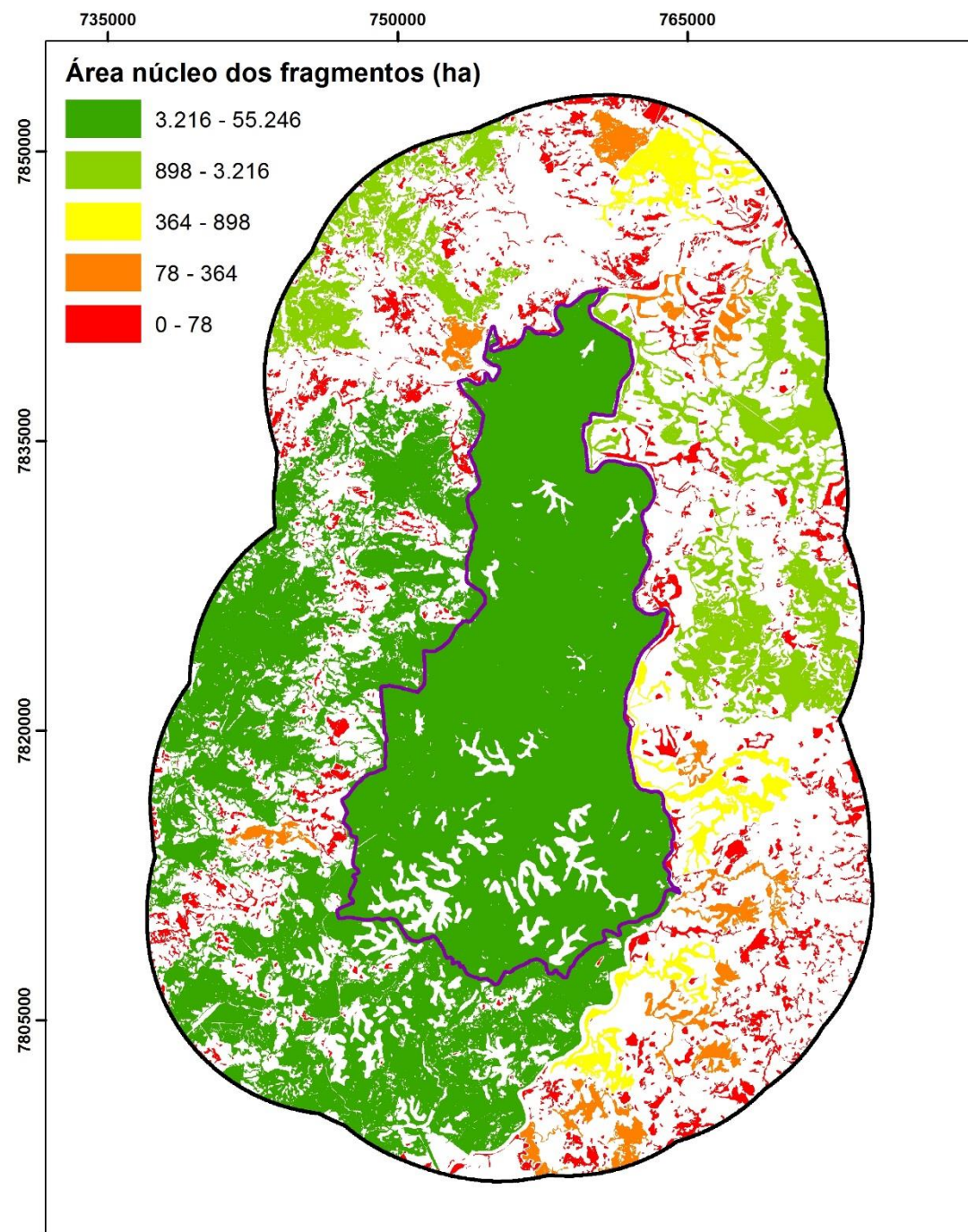
0 1 2 4 6 km

Figura 08: representação dos valores de Distância Euclidiana dos fragmentos em relação ao seu vizinho mais próximo, na região do Parque Estadual do Rio Doce e entorno.

ÁREA NÚCLEO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE E ENTORNO

BAU
Remanescentes florestais e fragmentos das Áreas de Preservação
Permanentes de recursos hídricos e Reservas Legais

CENÁRIO DE MANEJO SUSTENTÁVEL
Remanescentes florestais e integridade das Áreas de Preservação
Permanentes de recursos hídricos e Reservas Legais



Fonte: Cenibra, 2017; IEF, 2017
Elaboração: Campos, I.C. Novembro de 2017
Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Zona: 23 S Datum: SIRGAS 2000



Área de estudo
 Parque Estadual do Rio Doce

Figura 09: fragmentos florestais no Parque Estadual do Rio Doce e entorno, representados em função do tamanho de suas áreas-núcleo.

4.4 Áreas-chave para recuperação ambiental, preservação e criação de corredores ecológicos.

No entorno do PE Rio Doce existe um complexo de UCs e áreas protegidas, incluindo 10 Áreas de Proteção Ambiental (APAs) Municipais; uma Área de Proteção Especial (APE) Estadual e duas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) (Figura 10). Sob uma perspectiva conservacionista e de manejo sustentável, é necessário o planejamento da paisagem promovendo a efetiva interconexão destas áreas (Melo et. al, 2017). As APAs e RPPNs são enquadradas pelo SNUC como UCs de Uso Sustentável. Esta categoria de UCs prevê a compatibilização da conservação com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais, sendo as normas e restrições de visitação e uso estabelecidas em seus respectivos Planos de Manejo (IEF, 2017³). Em consulta à base do IEF, constatou-se que na área de estudo apenas o PE Rio Doce possui um Plano de Manejo definido, o que compromete a gestão do território nas UCs em seu entorno (IEF, 2017⁴). A Lei do SNUC estabelece ainda, em seu Artigo 55, que áreas protegidas que não pertençam às categorias de Proteção Integral e Uso Sustentável, devem ser reavaliadas em um prazo máximo de dois anos de sua criação. Este é o caso da APE Estadual Áreas Adjacentes ao Parque Estadual do Rio Doce, cujo último instrumento legal de criação aponta para o ano de 2002, porém ainda não foi recategorizada de acordo com o previsto no SNUC (IEF, 2017²).

Conforme abordado no item 4.3 e ilustrado na Figura 10, a preservação e manejo das APPs e RLs prevista por lei, já implica, por si só, em um ganho de conectividade estrutural e qualidade ambiental. Cabe ressaltar, no entanto, que a largura total mínima das APPs (30 m em cada margem) pode conferir a estes fragmentos o comportamento de borda. Torna-se necessário, portanto, o planejamento de corredores ecológicos de maiores proporções em áreas-chave na paisagem.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 09/1996:

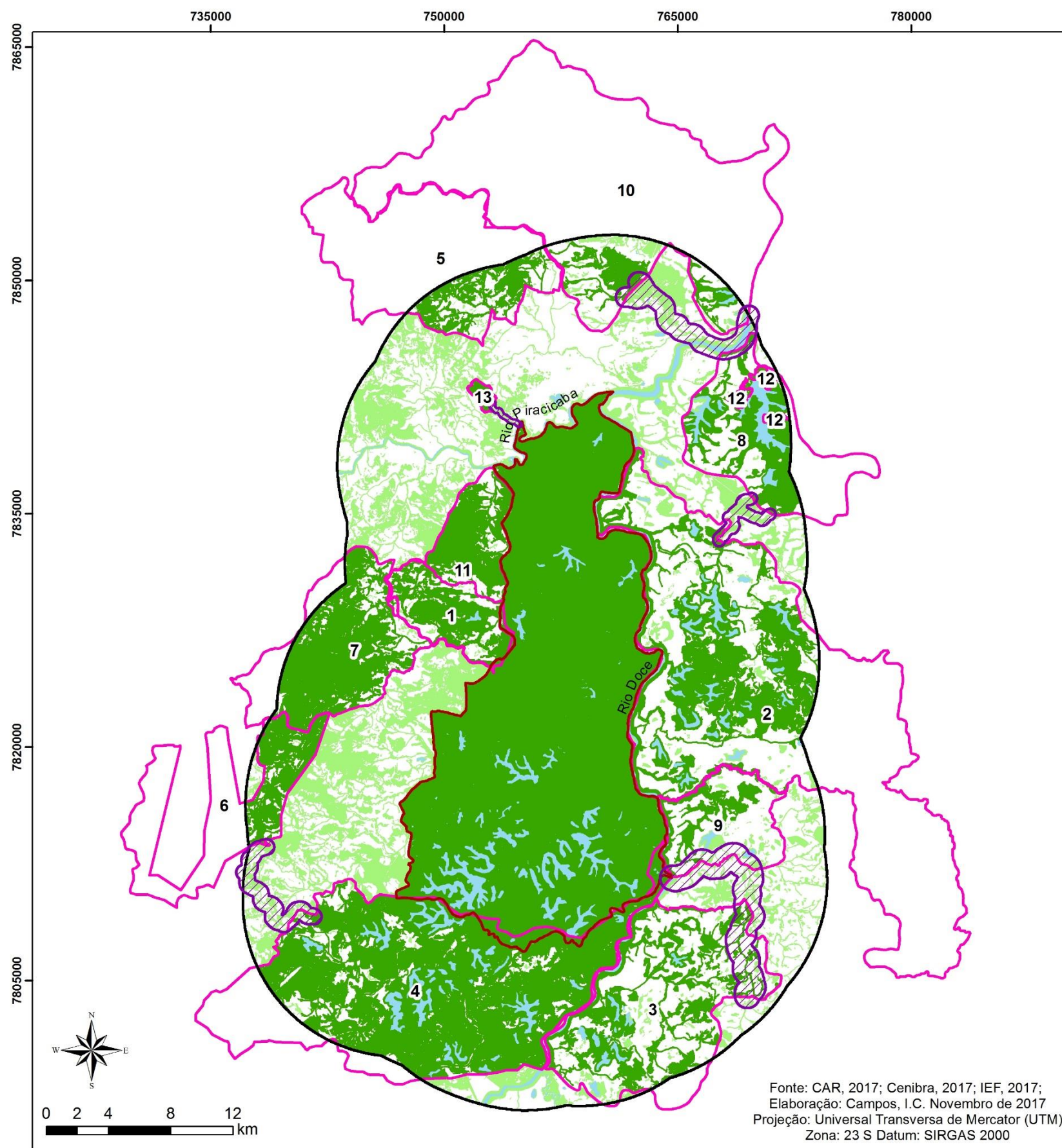
“A largura dos corredores será fixada previamente em 10% (dez por cento) do seu comprimento total, sendo que a largura mínima será de 100 metros. Parágrafo Único – Quando em faixas marginais a largura mínima estabelecida se fará em ambas as margens do rio.” (CONAMA, 1996. Art. 3º)

Diante do exposto e considerando a funcionalidade das áreas de APP como corredores ecológicos, gerou-se o cenário ilustrado na Figura 10. Neste cenário buscou-se ampliar a largura de áreas de APP de acordo com o estabelecido pela resolução CONAMA, no intuito de interligar remanescentes florestais contínuos entre UCs não adjacentes. Foram indicadas 5 áreas de interesse para a criação de corredores:

- A) Corredor do afluente do Rio Piracicaba, interligando o PE Rio Doce e a RPPN USIPA;
- B) Corredor do Ribeirão da Garrafa, um afluente do Rio Doce que interliga a cobertura florestal contínua da APA Ipanema e APA Santana do Paraíso com a cobertura florestal contínua da APA Lagoa da Silvana e RPPN Lagoa da Silvana;
- C) Corredor do Ribeirão do Boi, que conecta a cobertura florestal contínua da APA Lagoa da Silvana e RPPN Lagoa da Silvana com a cobertura florestal contínua do PE Rio Doce, APA Bom Jesus do Galho e APA Pingo D'Água;
- D) Corredor do Ribeirão dos Óculos, afluente do Rio Doce que interliga a cobertura florestal contínua do PE Rio Doce, APA Bom Jesus do Galho e APA Pingo D'Água com a cobertura florestal contínua da APA Córrego Novo, APA Dionísio e PE Rio Doce;
- E) Corredor do Córrego Bom Sucesso, que conecta a cobertura florestal contínua da APA Dionísio, APA Córrego Novo, e PE Rio Doce com a APA Jacroá, APA Jaguaraçu, APA Belém e APE Áreas Adjacentes ao Parque Estadual do Rio Doce.

Ressalta-se que o cenário potencial foi gerado considerando-se apenas os aspectos físicos da paisagem, obtidos de fontes de dados secundárias e imagem de sensoriamento remoto (ver item 3). São necessários, portanto, estudos de campo, dados fundiários e, sobretudo, informações complementares relacionadas ao meio biótico, a fim de verificar a viabilidade da implementação dos corredores nas áreas potenciais apontadas.

**ÁREAS POTENCIAIS PARA A CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS ACOMPANHANDO A MALHA
HIDROGRÁFICA NO ENTORNO DO PE RIO DOCE**
Diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 09, de 24 de outubro de 1996



- | | | |
|---|---|---|
| | Área de estudo | 1 - APA Municipal Belém |
| | Parque Estadual do Rio Doce | 2 - APA Municipal Bom Jesus do Galho |
| | Áreas potenciais para corredores ecológicos | 3 - APA Municipal Corrego Novo |
| | Massas de água | 4 - APA Municipal Dionísio |
| Cobertura florestal com recomposição de APPs e RLs | | 5 - APA Municipal Ipanema |
| | Cobertura florestal contínua em UCs | 6 - APA Municipal Jacroá |
| | Cobertura florestal | 7 - APA Municipal Jaguarauçu |
| | Unidades de Conservação no entorno do PE Rio Doce | 8 - APA Municipal Lagoa Silvana |
| | | 9 - APA Municipal Pingo D'Água |
| | | 10 - APA Municipal Santana do Paraíso |
| | | 11 - APE Estadual Areas Adjacentes ao Parque Estadual do Rio Doce |
| | | 12 - RPPN Lagoa Silvana |
| | | 13 - RPPN Usipa |

Figura 10: Áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos no entorno do Parque Estadual do Rio Doce.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas no presente estudo foi possível diagnosticar importantes aspectos relacionados à conectividade dos remanescentes florestais no entorno do PE Rio Doce. Constatou-se que a preservação das APPs promove um aumento na conectividade estrutural da paisagem, uma vez que interconecta os remanescentes florestais, áreas de RL e demais áreas protegidas, além de reduzir a distância entre fragmentos isolados. De maneira geral, uma paisagem com estas características favorece a manutenção da dinâmica de metapopulações de espécies com uma grande área de vida, contribuindo assim para sua conservação (Brown & Lomolino, 2006).

Os resultados indicam, porém, que apenas a recomposição das APPs de acordo com as exigências da legislação pode não ser suficiente para garantir o aumento da conectividade funcional da paisagem, uma vez que as APPs (em sua largura total de 60 m) podem apresentar comportamento de borda para determinadas espécies que são mais sensíveis às alterações microclimáticas e estruturais que ocorrem nestas áreas de transição (Rodrigues, 1998). Torna-se necessária, portanto, a continuidade dos estudos envolvendo o componente biótico da paisagem, a fim de identificar os requisitos ambientais para grupos de espécies prioritárias para a conservação (especialistas, endêmicas e/ou ameaçadas, por exemplo) e então partir do arcabouço fornecido neste trabalho para adotar um planejamento de paisagem que atenda aos requisitos das mesmas.

Constatou-se também que a extensa área de cobertura florestal correspondente ao PE Rio Doce interferiu na ponderação de algumas métricas de paisagem utilizadas. Torna-se recomendável, portanto, a continuidade do estudo e aplicação destas mesmas métricas apenas na área de entorno do Parque, a fim de melhor elucidar o comportamento dos fragmentos florestais menores.

Outra limitação deste trabalho foi estimar a área de APP a partir da base de drenagem em escala 1:50.000. O mapeamento de cobertura da terra foi obtido através de uma imagem com resolução espacial de 10 m e, portanto, compatível com a escala

de análise de 1:20.000, de acordo com o padrão de exatidão cartográfica⁵. Para a obtenção de um produto mais acurado, seria recomendável a extração da malha de drenagem a partir de um modelo digital do terreno com a mesma resolução espacial da imagem utilizada.

Uma perspectiva de estudo para aprimoramento dos resultados aqui apresentados consiste na aplicação de modelos de redes à malha de corredores formados pelas APPs. Através desta abordagem, é possível estabelecer critérios que favorecem o deslocamento de indivíduos (características da matriz no entorno, menor distância entre fragmentos, ou menor declividade, por exemplo) e então determinar rotas mais ou menos favoráveis à migração (Curtin, 2007).

Dentre as áreas de RL e APPs suprimidas, um maior impacto foi observado para os municípios de Santana do Paraíso, Caratinga, Coronel Fabriciano, Córrego Novo, Pingo D'Água e Bom Jesus do Galho. O cenário de recomposição destas áreas resultou em uma melhoria da qualidade ambiental na região, aumentando a área-núcleo dos fragmentos, tornando-os assim mais propícios à manutenção de populações viáveis de espécies. Para que se atinja este cenário de recomposição é necessária uma maior celeridade dos órgãos ambientais na validação do CAR para fiscalização das propriedades rurais em inconformidade. Além das exigências legais neste sentido, programas de educação e valoração ambiental vêm sendo implementados a fim de que a população rural se torne atuante e participativa no processo de recuperação e manutenção da qualidade ambiental. Um exemplo destas iniciativas é o "Projeto Oásis", da Fundação Grupo Boticário, que consiste no pagamento por serviços ambientais aos proprietários que preservam suas áreas naturais, sobretudo aquelas relacionadas à produção e conservação de água. De acordo com os dados levantados no Projeto, o incentivo financeiro direcionado aos prestadores de serviços ambientais desperta nos indivíduos uma postura pró-conservacionista que leva à preservação de áreas maiores que as determinadas por lei (Young & Bakker, 2013).

⁵ O padrão de exatidão cartográfica é uma convenção utilizada para estabelecer o limite de escala que se pode mapear levando em consideração a resolução espacial da imagem utilizada. Mais informações disponíveis em: <http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>. Acesso em 11/2015

Por fim, foi apresentado um cenário para a criação de corredores interligando o PE Rio Doce e as demais UCs e áreas protegidas no entorno. Este panorama poderá auxiliar os gestores das UCs em estudos específicos de viabilidade ambiental e fundiária para a implementação de corredores com reconhecimento legal. Conclui-se, portanto, que o presente estudo contribuiu para elucidar a dinâmica da paisagem no entorno do PE Rio Doce, orientando os esforços de conservação na região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional das Águas. 2006. **Modelo Digital de Elevação (MDE) de moderada resolução espacial (células de 10m) da Bacia do Rio Doce**. Arquivos vetoriais disponíveis em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em setembro de 2017
- BOTEQUILHA LEITÃO, A.B. & AHERN, J. 2002. **Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning**. *Landscape and Urban Planning* 59. p. 65-93, jan. 2002
- BRASIL. 2000. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 18 de julho de 2000
- BRASIL. 2012. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 25 de maio de 2012.
- BRASIL. 2016. **Dados do Cadastro Ambiental Rural devem ser apresentados até 5 de maio**. Portal Brasil. Publicado: 06/04/2016. Governo do Brasil. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2016/04/dados-do-cadastro-ambiental-rural-devem-ser-apresentados-ate-5-de-maio>. Acesso em novembro de 2017.
- BROWN, J.L. & LOMOLINO, M.V. 2006. **Biogeografia**. Segunda edição revisada e ampliada. FUNPEC-Editora. Ribeirão Preto, SP. 691 p.
- CARNEIRO, B.M.; Bernini, H. & Silva, A.G. 2013. **Perspectivas de conexão entre fragmentos florestais do Corredor Ecológico Burarama-Pacotuba-Cafundó, na**

Mata Atlântica do Espírito Santo, através de recomposição de Áreas de Proteção Permanente de cursos d'água. *Natureza on line*. vol.11 (1). pp. 20-28.

CARVALHO-RIBEIRO, S. M. & O'RIORDAN, A.L. 2010. **Multifunctional forest management in Northern Portugal: Moving from scenarios to governance for sustainable development.** *Land Use Policy* 27 (2010) 1111–1122.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 09 de 24 de outubro de 1996. **Estabelece corredor de vegetação área de trânsito a fauna.** Publicação DOU nº 217, de 07/11/1996, págs. 23069-23070. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em outubro de 2017

CURTIN, K. M. 2007. **Network Analysis in Geographic Information Science: Review, Assessment, and Projections.** *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 34, No. 2. pp. 103-111. 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2017. **Código Florestal: adequação ambiental da paisagem rural.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl>. Acesso em outubro de 2017.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2008. **Mapeamento dos espelhos d'água do Brasil em escala 1:50.000.** Arquivos vetoriais disponíveis em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em setembro de 2017

HANSKI, I. 2005. **Landscape fragmentation, biodiversity loss and the societal response.** *EMBO Reports*. Vol.6, nº 5. European Molecular Biology Organization, 2005.

ICMBio - Instituto Chico Mendes. 2017. **Mapa Interativo.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/servicos/geoprocessamento/51-menu-servicos.html>. Acesso em junho de 2017.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. 2014. Rio Doce *in* **Parques Estaduais de Minas Gerais**. 1 ed. São Paulo. Editora Horizonte. 2014.

- IEF – Instituto Estadual de Florestas. 2016. **Projeto instala câmeras para estudar os felinos do Parque Estadual do Rio Doce**. Banco de Notícias: Qui, 07 de Julho de 2016. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2095-projeto-instala-cameras-para-estudar-os-felinos-do-parque-estadual-do-rio-doce>. Acesso em outubro de 2017.
- IEF¹ - Instituto Estadual de Florestas. 2017. **Reserva Legal**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/florestas/reserva-legal>. Acesso em outubro de 2017
- IEF² - Instituto Estadual de Florestas. 2017. **Banco de Dados de Unidades de Conservação Estaduais. Junho de 2017**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/banco-de-dados-de-unidades-de-conservacao-estaduais>. Acesso em junho de 2017
- IEF³ - Instituto Estadual de Florestas. 2017. **Áreas Protegidas**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas>. Acesso em novembro de 2017
- IEF⁴ - Instituto Estadual de Florestas. 2017. **Plano de Manejo**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/gestao/1691-plano-de-manejo>. Acesso em novembro de 2017
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2006. **Malha de drenagem perene e efêmera em escala 1:50.000**. Disponível para download em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em março de 2016
- KINDLMANN, P. & Burel, F. 2008. **Connectivity measures: a review**. Landscape Ecology. vol. 23. pp. 879–890
- LANG, S. & BLASCHKE, T. 2009. **Análise da Paisagem com SIG**. Oficina de Textos. São Paulo, SP. 424 p.
- MARTINS, A.K.E; NETO, A.S.; MARTINS, I.C.M.; BRITES, R.S.; & SOARES, V.P. 1998. **Uso de um Sistema de Informações Geográficas para indicação de corredores ecológicos no município de Viçosa – MG**. Revista Árvore, Viçosa, v.22, n.3, p.373-380
- MCGARIGAL, K. 2015. **FRAGSTATS Help**. 21 de abril de 2015. 182p. Disponível em: <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>. Acesso em setembro de 2017.

- MELO, A.M.; SILVA, F.T.; CHAVES, J.; LIMA, M.L.M; SCHEID, P.F. & BOTELHO, T.P. 2017. **Projeto Corredor Ecológico: Unindo florestas e articulando Forças**. Instituto Estadual de Florestas – IEF. 40p. Belo Horizonte, 2017.
- METZGER, J.P. 2001. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotropica, V1. N°1-2. Campinas-SP. Dezembro de 2011
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2016. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>. Acesso em outubro de 2016.
- OLIVEIRA, B.; MAIA, P. & CARVALHO-RIBEIRO, S.M. 2017 (submitted). **Landscape dynamics in Rio Doce State Park**. Journal of environmental planning and management
- PAESE, A.; Uezu, A.; Lorini, M.L. & Cunha, A. 2012. **Conservação da Biodiversidade com SIG**. Oficina de Textos. São Paulo, SP. 240 p.
- PALMEIRA, A. 2011. **Fragmentação da Mata Atlântica: efeitos e perspectivas para a conservação dos remanescentes**. Fundação SOS Mata Atlântica. Publicação de 22 de fevereiro de 2011. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/blog/fragmentacao-da-mata-atlantica-efeitos-e-perspectivas-para-a-conservacao-dos-remanescentes/>. Acesso em novembro de 2017.
- PDBFF - Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais. 2017. **Quem somos**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Smithsonian Institution (SI). Disponível em: <http://pdbff.inpa.gov.br/instituto1p.html>. Acesso em novembro de 2017.
- PINTO-CORREIA, T. & CARVALHO-RIBEIRO, S. M. 2012 **The Index of Function Suitability (IFS): A new tool for assessing the capacity of landscapes to provide amenity functions**. Land Use Policy 29 (2012) 23–34.
- PRIMACK, R.B. & RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da Conservação**. Editora Planta. Londrina, PR. 238 p.

- RAMALHO, M.; BATISTA, M.A. 2005. **Polinização na Mata Atlântica: perspectiva ecológica da fragmentação**. In: Mata Atlântica e Biodiversidade. Franke, C.R.; Rocha, P.L.B.; Klein, W.; Gomes, S.L. (orgs). Ed. Edufba, 461p. Salvador, 2005.
- RIBEIRO, M.C.; Metzger, J.P.; Calenge, C.; Martensen, A.C.; Linhares, C.; Lima, A. & Ciocheti, G. 2007. **Programa “LSMETRICS” para cálculo de Índices de Conectividade e Percolação**. Sociedade de Ecologia do Brasil. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.
- RICKLEFS, R.E. 2003. **A Economia da Natureza**. 5ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- RODRIGUES, E. 1998. **Efeito de Borda em Fragmentos de Floresta**. Cadernos de Biodiversidade. Diretoria de Biodiversidade e Áreas Protegidas, Instituto Ambiental do Paraná. v. 1, p. 1-5. ISSN 1415-9112. Londrina, PR.1998.
- SANTIAGO, M.M.; SILVA, H.H.; GALVINCIO, J.D. & OLIVEIRA, T.H. 2009. **Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3003-3009.
- SIMI, R.; Junior, R.S. & Neto, R.S. 2007. **Corredor Ecológico e Zoneamento Ambiental para criação de Unidade Territorial auxiliado por um SIG**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis. Abril de 2007. pp. 5517-5524
- SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B & AYRES, F.M. 2010. **Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010
- SOS Mata Atlântica. 2017. **Quem Somos**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/quem-somos/>. Acesso em novembro de 2017.
- SPINOLA, D.N. 2010. **Generalização cartográfica em SIG aplicada a um mapa de uso e cobertura do solo em formato vetorial e matricial**. Monografia defendida e aprovada em 28 de Junho de 2010 como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Geografia. Viçosa, MG, Brasil. Junho de 2010.

- SPINOLA, D.N.; FERNANDES FILHO, E.I.; PORTES, R.C.; RESCK, B.C. 2011. **Comparação entre dois métodos de generalização cartográfica semi-automática em ambiente matricial**. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2294
- VOLOTÃO, C.F.S. 1998. **Trabalho de Análise Espacial - Métricas do FRAGSTATS**. Trabalho de Análise Espacial do curso de Mestrado do INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. Outubro de 1998
- WWF – World Wildlife Fund. 2017. **Validação do CAR: realidade e desafios**. 29 de setembro 2017. WWF Brasil. Disponível em <https://www.wwf.org.br/informacoes/?uNewsID=61082>. Acesso em novembro de 2017.
- YOUNG, C. E. F. & BAKKER, L. B. 2013. **Payments for ecosystem services from watershed protection: A methodological assessment of the Oasis Project in Brazil**. Perspectives in Ecology and Conservation. Vol. 12, No. 01. pp. 1-22.