

[PRODUTO 3.0]

PLANO DE TRABALHO DETALHADO

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO
DE ÁREAS PARA RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL NA BACIA DO RIO DOCE



Março de 2018

Sumário

1.	CONTEXTO DO TRABALHO E JUSTIFICATIVA	2
2.	OBJETIVOS	6
2.1.	Objetivos Gerais.....	6
2.2.	Objetivos Específicos	6
2.3.	Perguntas Norteadoras	7
2.4.	Calendário de Entregas.....	Erro! Indicador não definido.
3.	DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS (P3)	10
3.1.	Abordagem Geral do Estudo	10
3.2.	Identificação de mananciais alternativos	12
3.3.	APP e RL em zona de recarga degradadas	15
3.4.	Favorabilidade à Regeneração Natural	18
3.5.	Vulnerabilidade Ambiental	20
3.6.	Critério Socioeconômico	29
3.7.	Vocação Agroflorestal	36
3.8.	Análise Multicritério (AMC)	40
3.9.	Mapa Final das Áreas Prioritárias	42
4.	PROPOSTA TÉCNICA DE ESCALONAMENTO (P4)	44
4.1.	Disposição dos produtores à recuperação ambiental.....	44
4.2.	Estimativa da melhoria na produção agroflorestal	46
5.	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	Erro! Indicador não definido.
6.	AS EQUIPES E A DIVISÃO DO TRABALHO	49
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1. CONTEXTO DO TRABALHO E JUSTIFICATIVA

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce possui área de drenagem de 86.715 quilômetros quadrados, dos quais 86% estão no Leste de Minas Gerais e 14% no Nordeste do Espírito Santo (CBH-DOCE, 2018). O Rio Doce tem extensão de 879 quilômetros e suas nascentes estão localizadas em Minas, nas Serras da Mantiqueira e do Espinhaço¹.

Possuindo rica biodiversidade, a Bacia do Rio Doce tem 98% de sua área inserida no bioma de Mata Atlântica, um dos mais importantes e ameaçados do mundo, e os 2% restantes no bioma de Cerrado (CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME, 2010). Os recursos hídricos da bacia do rio Doce desempenham um papel fundamental na economia dos municípios mineiros e capixabas, uma vez que fornecem a água necessária aos usos doméstico, agropecuário, industrial e geração de energia elétrica, dentre outros (ANA, 2016).

No dia 5 de novembro de 2015, o rompimento da barragem de rejeitos minerais de Fundão, situada em Mariana, MG, e o galgamento da barragem de Santarém, em uma região de cabeceira da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, liberou um volume estimado de 34 milhões de m³ de rejeitos de mineração, água e materiais utilizados em sua construção, causando diversos impactos socioeconômicos e ambientais na Bacia do Rio Doce (ANA, 2016).

Em decorrência dos danos causados ao longo da Bacia do Rio Doce, oriundos do rompimento da barragem, firmou-se em 02 de março de 2016 o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) entre órgãos e entidades representantes da União, dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo e as empresas SAMARCO Mineração S.A., VALE, S.A. e BHP Billiton Brasil LTDA, com o objetivo de previsão de programas a serem elaborados e implementados pela Fundação Renova com o objetivo de recuperar o meio ambiente e as condições socioeconômicas da área de abrangência impactada pelo evento.

No âmbito do programa de recuperação de áreas de preservação permanente (APPs) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce² (P26), cabe a recuperação de 40.000 ha de APPs em áreas

¹ A Agência Nacional de Águas (ANA) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce) possuem definições diferentes sobre a área de drenagem da bacia. Para esse estudo adotamos a definição fornecida pelo CBH-Doce.

² Eixo temático de restauração florestal e produção de água – clausula 161, subseção II.2, seção II e clausula 171 do TTAC.

degradadas e áreas de recarga hídrica do Rio Doce e tributários preferencialmente, mas não se limitando, nas subbacias dos rios definidos como fonte de abastecimento alternativa nos 12 municípios diretamente afetados pelo rompimento da barragem de rejeitos. Esses municípios/distritos são:

- a) Mariana: (i) Camargos; (ii) Pedras; (iii) Paracatu de Baixo;
- b) Barra Longa: (i) Gesteira; (ii) Barreto;
- c) Santana do Paraíso: (i) Ipaba do Paraíso;
- d) Belo Oriente: (i) Cachoeira Escura;
- e) Periquito: (i) Pedra Corrida;
- f) Fernandes Tourinho: (i) Senhora da Penha;
- g) Governador Valadares: (i) São Vitor;
- h) Tumiritinga: (i) São Tomé do Rio Doce;
- i) Aimorés: (i) Santo Antônio do Rio Doce;
- j) Baixo Guandu: (i) Mascarenhas;
- k) Marilândia: (i) Boninsenha;
- l) Unhares: (i) Regência.

Visando, então, subsidiar o refinamento das informações necessárias para identificação de áreas prioritárias para a recuperação ambiental na Bacia do Rio Doce, foi firmado o convênio entre a Fundação Renova e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) para elaboração do terceiro produto (P3) do Termo de Referência de Definição de Critérios de Priorização de Áreas para Recuperação Ambiental na Bacia do Rio Doce. O acordo também prevê o apoio da UFMG e UFV na elaboração do quarto produto (P4), que ficará a cargo da Fundação Renova e outras instituições parceiras, na definição do escalonamento das ações de restauração florestal ao longo dos próximos 10 anos (Figura 1).

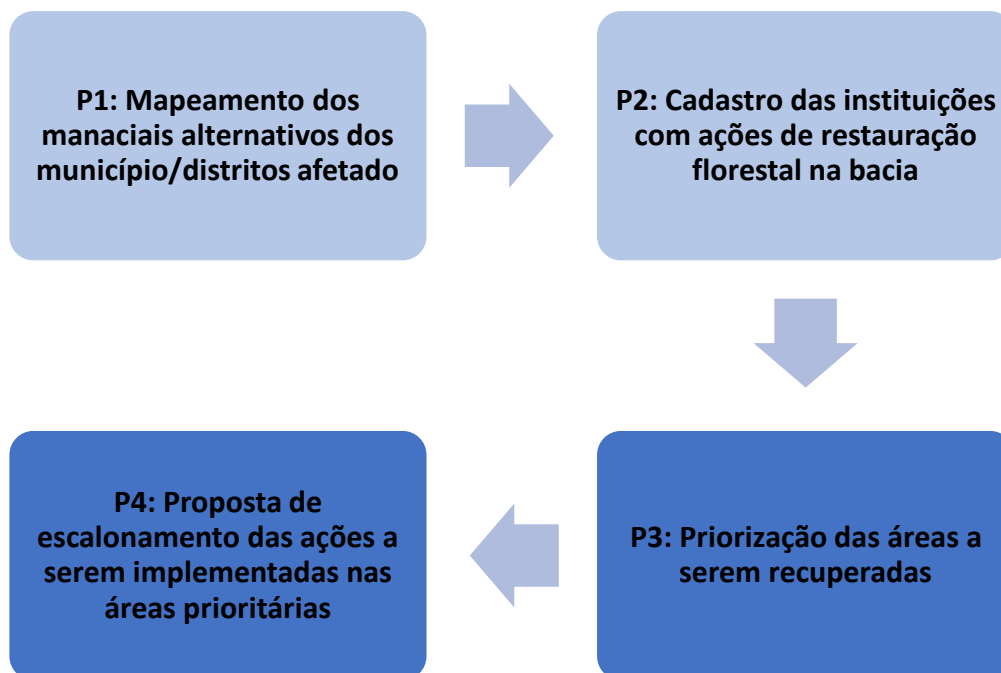


Figura 1. Fluxo das atividades a serem realizadas no âmbito do Termo de Referência (TdR) estabelecido pela CT-FLOR, objetivando auxiliar a seleção das áreas prioritárias de recuperação de APPs na Bacia do Rio Doce e o escalonamento das ações de reflorestamento e regeneração. As caixas em azul claro representam as etapas concluídas e as caixas em azul escuro representam as etapas a cargo da UFMG e da UFV.

Os Produtos P3, objeto de trabalho deste documento, e P4, deverão ser avaliados considerando preferencialmente, mas não de forma exclusiva, a prévia delimitação das bacias selecionadas para a regularização da oferta hídrica, por meio da recuperação ambiental, e estabelecem as regiões de estudo da sucessiva análise de vulnerabilidade ambiental e de custo-efetividade das ações que objetivam identificar as áreas prioritárias para reflorestamento de 10.000 ha e regeneração de 30.000 ha em áreas degradadas, assim como a definição de um planejamento territorial estratégico para a garantia do sucesso e ampliação do alcance das intervenções. A localização exata dos mananciais a serem recuperados será objeto da presente proposta, sendo que a priorização será construída levando em consideração o resultado do mapeamento dos mananciais alternativos dos municípios/distritos afetados (P1). Serão também considerados as áreas apontadas pelo estudo sobre segurança hídrica realizado para o Comitê Técnico de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (CT-SHQA).

A sistematização e análise de informações acerca das variáveis do meio físico e biótico, assim como das características sociais e econômicas, serão fundamentais para a definição de áreas prioritárias para restauração florestal. A combinação dessas características produzirá diferentes alternativas de ação e de planejamento e, dentro desse contexto, a obtenção de ferramentas de análise que permitam reunir características diversas, atribuir pesos e valores a elas, dando prioridades às diferentes opções, facilitarão a tomada de decisão (FRANCISCO et al., 2008).

O desenvolvimento de um modelo de análise de áreas prioritárias para a recuperação ambiental pode, portanto, ser utilizado como ferramenta concreta para o planejamento de políticas públicas e privadas para fomento de restauração florestal, fortalecendo as decisões e facilitando maior participação dos diversos grupos de interesse. Essa análise é essencial, pois deve subsidiar a integração entre o estudo em questão, de definição de critérios, parâmetros e pesos ambientais e socioeconômicos na priorização de áreas para recuperação ambiental na Bacia do Rio Doce. Além disso, apesar de estar fora do escopo do presente projeto, os resultados desse estudo poderão contribuir na atualização do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce, de forma a otimizar a aplicação dos recursos públicos e gerar respostas positivas no comportamento hidrológico das bacias e melhoria da disponibilidade hídrica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Os objetivos gerais do trabalho consistem em:

- OBJETIVO 1: Desenvolvimento de modelo e processo de definição de variáveis e critérios de priorização de áreas para recuperação ambiental na Bacia do Rio Doce.

RESULTADO ESPERADO: Composição de um modelo que permita a integração de dados para análise multicritério, envolvendo a modelagem da vulnerabilidade ambiental, hidrológica, climática e socioeconômica da Bacia do Rio Doce.

- OBJETIVO 2: Mapeamento com a representação de áreas prioritárias para recuperação ambiental, a partir de definição de parâmetros específicos para a Bacia do Rio Doce.

RESULTADO ESPERADO: Mapeamento de áreas prioritárias para recuperação ambiental que se constitua em um modelo de gestão para definição, desenvolvimento e aplicação de ações em restauração florestal da Bacia do Rio Doce.

- OBJETIVO 3: Fornecer elementos que auxiliem a Fundação Renova e outras instituições parceiras a realizarem o planejamento e escalonamento das ações de recuperação ambiental.

RESULTADO ESPERADO: Estimativa da disposição à recuperação de APP e RL em áreas de recarga no nível da propriedade.

2.2. Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos do trabalho destacam-se os seguintes:

- Elaborar revisão bibliográfica sobre variáveis e critérios de priorização de áreas para recuperação ambiental com base em artigos científicos, teses, trabalhos acadêmicos, entre outros, encontrados em repositórios nacionais e internacionais;

- Levantar fontes de degradação, informações físicas, ambientais, hidrográficas e socioeconômicas para a área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD) relevantes para o processo de priorização de áreas para o reflorestamento e regeneração, a partir de dados secundários, sendo: extração mineral, degradação de pastagens, sistema de coleta, distribuição e tratamento de água e esgoto, sistema de disposição de resíduos sólidos, concentração industrial, frequência de queimadas e estradas rurais.
- Elaborar camadas de informação com características físicas, ambientais, hidrográficas e socioeconômicas para a área de drenagem da BHRD, visando a definição de variáveis e critérios de priorização de áreas para recuperação ambiental na Bacia do Rio Doce;
- Gerar Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para a Bacia Hidrográfica do Rio Doce tendo unidade de análise os distritos censitários dos municípios;
- Gerar Índice de Favorabilidade à Regeneração Natural;
- Discussão do modelo com comunidade científica nos eventos no território, CT-Flor e outros atores envolvidos;
- Elaborar um mapa final de áreas prioritárias para o reflorestamento e regeneração a partir do cruzamento e sobreposição das camadas de informação geradas em cada etapa;
- Fornecer elementos que auxiliem a Fundação Renova e outras instituições parceiras a realizarem o planejamento e escalonamento das ações de recuperação ambiental.

2.3. Perguntas Norteadoras

A priorização deverá considerar diferentes critérios ambientais e socioeconômicos definidos da seguinte forma:

a) Critério de Vulnerabilidade Ambiental:

Onde a restauração florestal em APPs e áreas de recarga hídrica irá contribuir mais expressivamente para melhorar a regularização hídrica, a qualidade da água e a conservação do solo?

b) Critério Socioeconômico:

Quais municípios são mais vulneráveis socialmente e por isso serão mais beneficiados pelas oportunidades de emprego e renda da restauração florestal?

c) Vocação Agroflorestal:

Onde é mais viável expandir as atividades agroflorestais em pequenas propriedades com uso econômico da APP e RL nas modalidades previstas em lei?

d) Demanda por regularização ambiental:

Onde é mais viável haver a manutenção das APP e RL conduzida à regeneração natural e plantio total como parte da regularização ambiental?

2.4. Cronograma

O plano de trabalho possui as seguintes entregas em ordem cronológica:

- Março 2018:
 - 3.0: Plano de trabalho
 - 3.1: Revisão Bibliográfica
- Abril 2018:
 - 3.3 (Produto 1): Mapeamento das principais fontes de degradação da bacia do Rio Doce, notadamente aqueles relacionados diretamente com a qualidade e quantidade de água, a conservação do solo e a paisagem
- Maio 2018 (envio dia 15.05):
 - 3.2 (Produto 1) e 3.4: Apresentação da metodologia, mapa com fontes de degradação, premissas e modelagem e do Mapa de Priorização de Áreas para Restauração Florestal para a CT-Flor (Até 15.05)
- Junho, Julho e Agosto 2018:
 - 3.5: Oficinas de discussão e calibragem do Mapa de Áreas Prioritárias com CBH-Doce e em comunidades localizadas na bacia.
- Agosto 2018:

- 3.8: Apresentação dos mapas base atualizados (junto com o Produto 2 do 3.2 e 3.3)
 - 3.9: Mapas atualizados das áreas prioritárias de recuperação ambiental
- Setembro 2018:
 - 3.10: Apresentação dos mapas atualizados aos atores locais
- Dezembro 2018:
 - 4: Entrega de resultados para embasar a criação do cronograma anual e detalhado da proposta técnica de escalonamento
- Fevereiro 2019:
 - 5: Submissão de artigo à periódico científico internacional

3. DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS (P3)

3.1. Abordagem Geral do Estudo

O ponto de partida da priorização será a realização de um recorte territorial das áreas dentro da bacia tendo em vista os estudos já realizados, a identificação de APPs e RL em zona de recarga degradadas, e favorabilidade à condução à regeneração natural. Os comitês técnicos de florestas (CT-FLOR) e segurança hídrica e qualidade da água (CT-SHQA) demandaram dois estudos que identificam os mananciais alternativos para abastecimento e por isso fornecerão o ponto de partida para a priorização da recuperação dos 40 mil ha (Seção 3.2). Na sequência serão especificadas as áreas de preservação permanente (APP) e de RL em zona de recarga hídrica calculados com base em modelos espacialmente explícitos (Seção 3.3). Todas essas áreas poderão ser alvo dos 10 mil ha de implementação de SAFs e plantio total de espécies nativas, porém somente as áreas com alta favorabilidade à regeneração natural serão consideradas na priorização da implementação dos 30 mil ha de restauração florestal identificadas através de modelo também espacialmente explícito (Seção 3.4).

Após definir o recorte territorial do estudo, serão considerados os critérios de priorização individualmente e depois de modo integrado. Em particular, serão identificadas as fontes de degradação e vulnerabilidade ambiental (Seção 3.5) e os critérios socioeconômicos ligados à vulnerabilidade social da população na região (Seção 3.6). Visto que nas áreas de plantio total é possível considerar a implementação de SAFs nas modalidades previstas pelo Código Florestal, para a priorização dos 10 mil ha será considerado também a vocação agroflorestal da região (Seção 3.7). Nessa análise será levado em consideração o cadastro das instituições com ações de restauração florestal realizado pelo P2 desse Termo de Referência. Para a construção de cada um dos critérios será realizada uma análise multicritério hierárquica que irá considerar parâmetros técnicos presentes na literatura que indicam a importância relativa de diferentes fatores. Desse modo fatores de maior relevância relativa (ex. suscetibilidade à erosão e renda per capita) terão um peso maior na definição do critério do que outros fatores (ex. evapotranspiração e nível educacional).

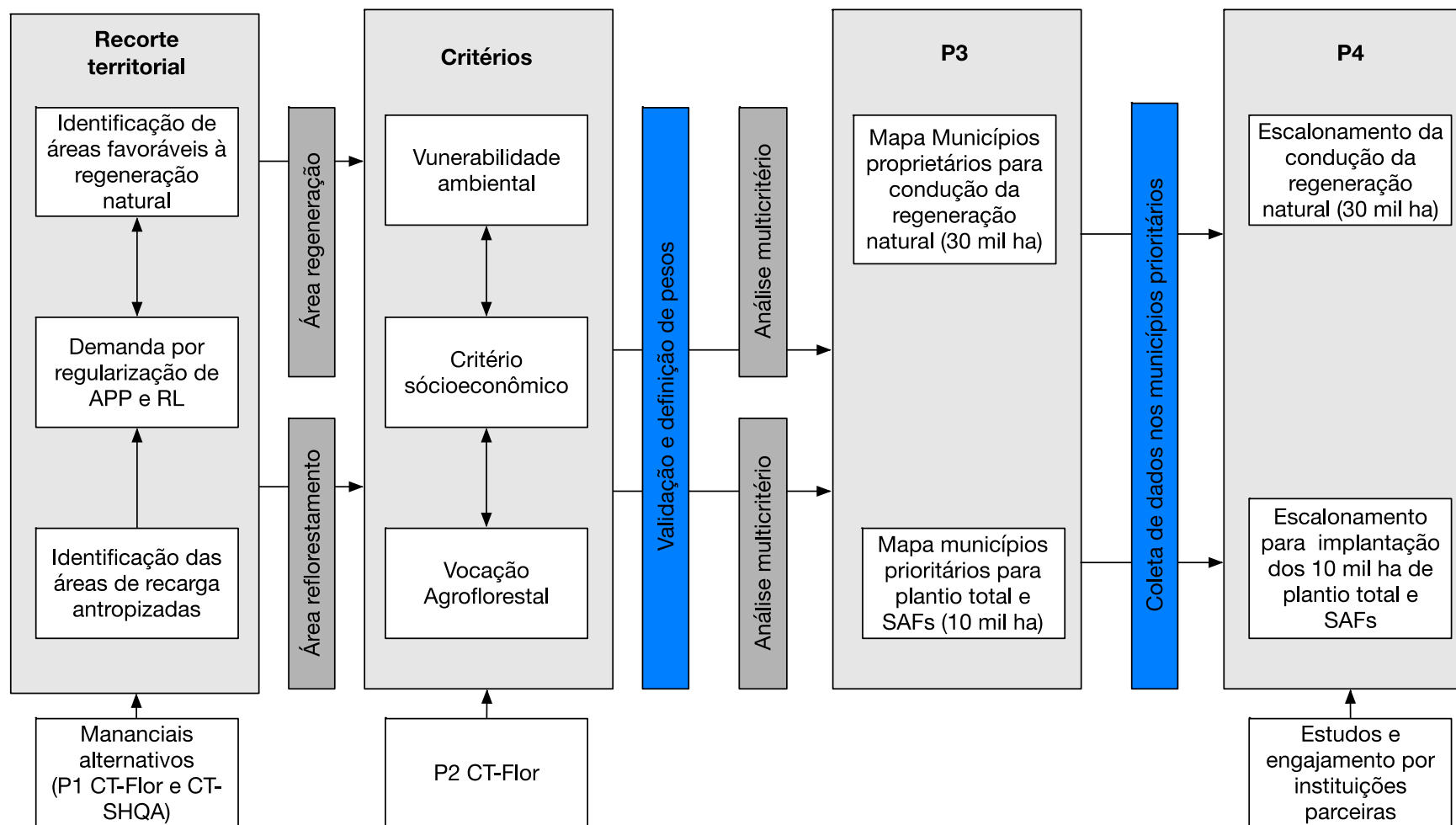


Figura 2. Fluxograma das etapas para construção do mapa final de áreas prioritárias para a recuperação ambiental na bacia do Rio Doce .

A construção do mapa final de priorização pela análise multicritério hierárquica implica na definição de pesos para os diferentes critérios. A seleção de áreas com prioridade de reflorestamento e de regeneração depende fortemente dos objetivos da ação de recomposição como, a conservação da biodiversidade, o controle da erosão, a regularização hídrica, entre outros. A identificação das áreas prioritárias pode ser vista, então, como uma questão de planejamento multiobjectivo, em que critérios ambientais e outras questões socioeconômicas estão envolvidas (KANGAS e LESKINEN, 2005). Sendo assim a definição dos pesos dos critérios e validação do modelo será realizada por meio da consulta a especialistas da área, da expertise dos membros da equipe de trabalho, da consulta a literatura especializada. Esses resultados serão discutidos e calibrados com atores locais relevantes através da realização de oficinas na bacia do rio Doce. Desse modo, será possível obter respostas da comunidade local no nível da paisagem e contribuir para o engajamento na implementação das ações de restauração floresta.

3.2. Identificação de mananciais alternativos

Para a realização desse estudo partimos da delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce fornecida oficialmente pelo CBH-Doce. Dentro dessa área será importante levar em consideração os resultados dos estudos de áreas prioritárias já realizados para a CT-Flor e CT-SHQA. O IBIO realizou um estudo para a CT-Flor estabelecendo as áreas prioritárias para a restauração de 5 mil nascentes, conforme a clausula 164 do TTAC. O estudo gerou um ranking de prioridade das 9 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHs), sugerindo que seja recuperada em cada uma delas de 74 a 1.178 nascentes. Também foi sugerido que a recuperação tenha início na UGRH 4 – Suaçuí, posteriormente realizando as ações na UGRH 9 - São José e assim por diante, seguindo da mais para a menos vulnerável ³. Como esse estudo inclui toda a bacia e não leva em consideração os mananciais alternativos, o resultado do estudo será considerado como parte do critério de vulnerabilidade ambiental e não como um recorte territorial.

³ NOTA TÉCNICA Nº 01-2017-IBIO.

Já o estudo P1, executado também pelo IBIO (Figura 4b), realizou o mapeamento dos mananciais alternativos para abastecimento das localidades afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce, a partir de critérios de proximidade espacial, disponibilidade hídrica e qualidade das águas. Com base nesse estudo foram identificados 22 mananciais alternativos em sub e micro bacias dos tributários do Rio Doce, totalizando uma área de 3.3 milhões de ha (38% da bacia). Posteriormente, o estudo foi atualizado a pedido da Prefeitura de Governador Valadares que pediu que o manancial escolhido para a captação alternativa (Rio Suaçuí Grande) fosse alterado para o Rio Corrente.

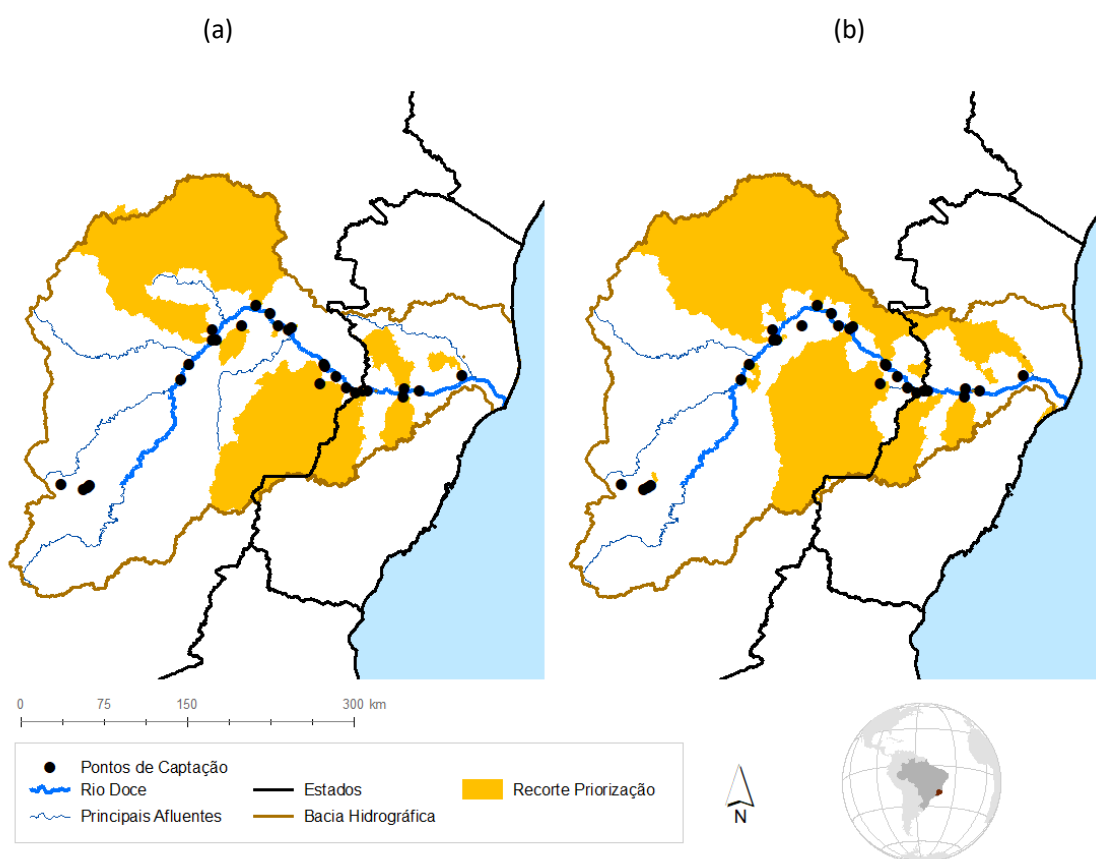


Figura 3. Áreas prioritárias identificadas pelo P1: a) da CT-SHQA; e b) da CT-Flor.

Finalmente, o estudo sobre segurança hídrica realizada para a CT-SHQA (Figura 4a) teve seu foco principal na identificação dos pontos de captação superficial e subterrâneo para abastecimento alternativo dos municípios mais afetados, juntamente com a identificação das bacias que contribuem para a captação. Com isso ele identifica duas fontes alternativas de abastecimento para cada uma das 24 localidades no entorno da calha principal do Rio Doce que devem ser o foco das ações a serem implementadas pela Fundação Renova. Esse estudo

identifica uma área total de 2.9 milhões de ha (31% da bacia). Como os dois estudos partem de premissas similares eles se sobrepõem em 2,5 milhões ha (93% da área).

Tendo em vista a complementaridade dos estudos já realizados sugerimos que a priorização das áreas para recuperação ambiental seja feita em um recorte da bacia proveniente das somas das áreas já indicadas pelos estudos do CT-FLOR e CT-SHQA, com a inclusão do manancial do Rio Correntes juntamente com Rio Suaçuí Grande (Figura 5). Isso resulta em uma área de 4 milhões de hectares (41% da área de drenagem da bacia do rio Doce) e engloba 153 dos 228 municípios da bacia. Dentro desse recorte encontram-se 2,9 milhões de hectares de área antropizada que, potencialmente poderiam ser alvo das ações de recuperação. É importante frisar, porém, que esse recorte territorial tem como objetivo definir somente as áreas para a realização dos primeiros 40 mil hectares de recuperação ambiental. Caso o programa receba investimentos adicionais e aumente sua meta de recuperação, outras áreas importantes para a bacia, como o alto rio Doce e seus tributários, deverão ser considerados.

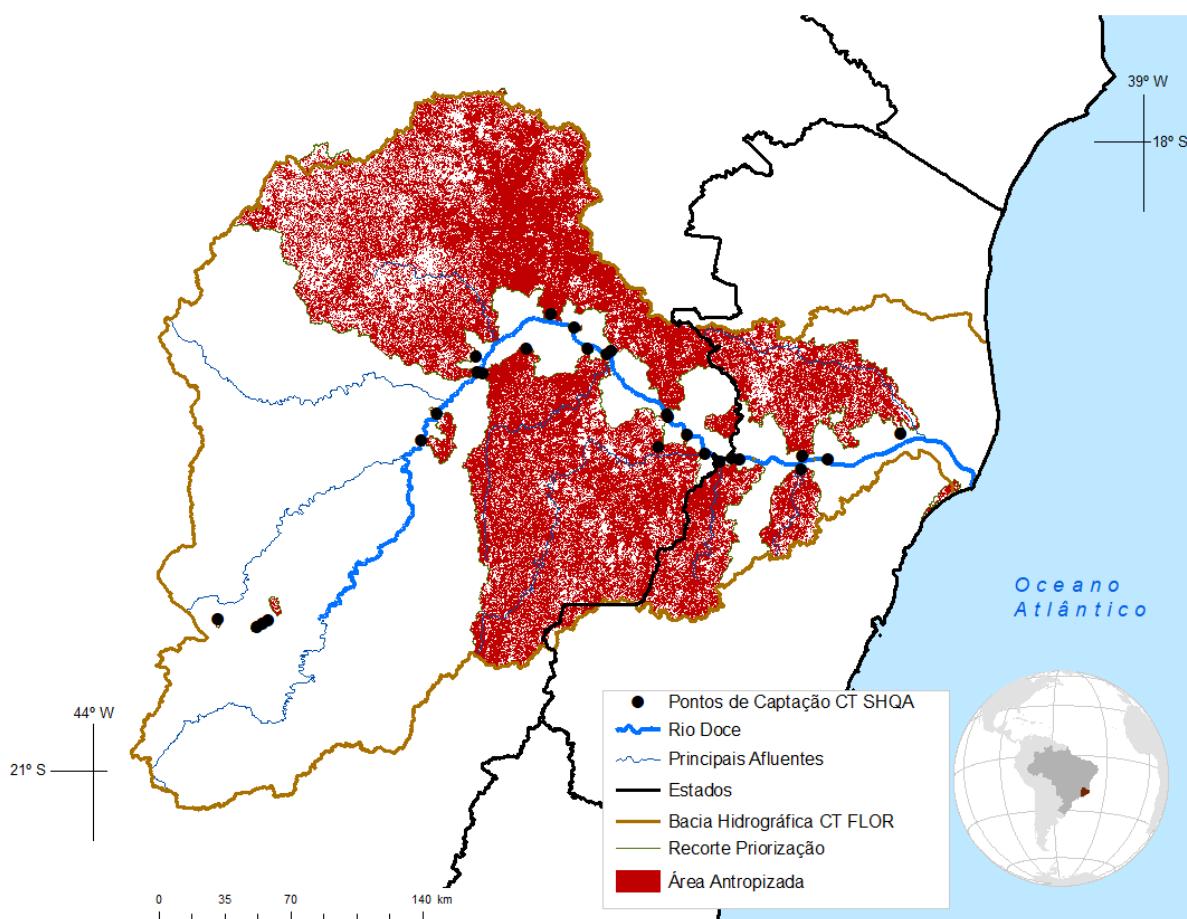


Figura 4. Proposta de recorte territorial para realização da priorização dos 40 mil ha serem recuperados.

3.3. APP e RL em zona de recarga degradadas

Como especificado no TTAC, as áreas a serem recuperadas são áreas de preservação permanente (APPs) e áreas de recarga hídricas degradadas, sendo essa descrita no item 3.5 (Área de Recarga). Apesar das APPs ripárias coincidirem em grande parte com as áreas de mata ciliares definidas pela literatura, nesse estudo consideraremos a definição contida no Código Florestal (Lei 12651/2012). O Código Florestal estabelece critérios mínimos de conservação e demanda a restauração da vegetação nativa em parte das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) das propriedades rurais para obtenção da regularização ambiental. A identificação dessas áreas tem como objetivo gerar sinergias entre as atividades definidas na Cláusula 161 e a 183 do TTAC, voltadas a promoção de programas de regularização ambiental. Além disso, a presença de déficit atua em sinergia com a vocação agroflorestal, visto que essas áreas possuem um custo de oportunidade menor em um cenário de implementação mais rigorosa do Código Florestal (AZEVEDO, RAJÃO et al., 2017). A restauração vinculada à resolução do déficit de APP e RL pode também contribuir para a permanência dessas áreas no futuro visto que são protegidas por lei.



Figura 5. APPs hídricas para conservação identificadas para o FBDS com base na largura dos cursos d'água na região de Governador Valadares. Fonte: FBDS, 2018 e Google Earth, 2018.

Para realizar o cálculo da demanda por restauração de APP e RL serão considerados dois modelos. O primeiro irá informar o critério de vulnerabilidade ambiental (Seção 3.5) e irá partir da exigência de conservação mínima de APPs ripárias definidos pelo artigo 4º do CF. Para isso será utilizado o cálculo já realizado pela equipe da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) que define as APPs entre 30 e 500 metros de acordo com a largura do curso d'água. Para realizar essa estimativa o FBDS realizou um novo mapeamento hídrico a partir de imagens RapidEye de 5 metros de resolução, que oferece um resultado muito mais detalhada do que a malha fornecida atualmente pela ANA.

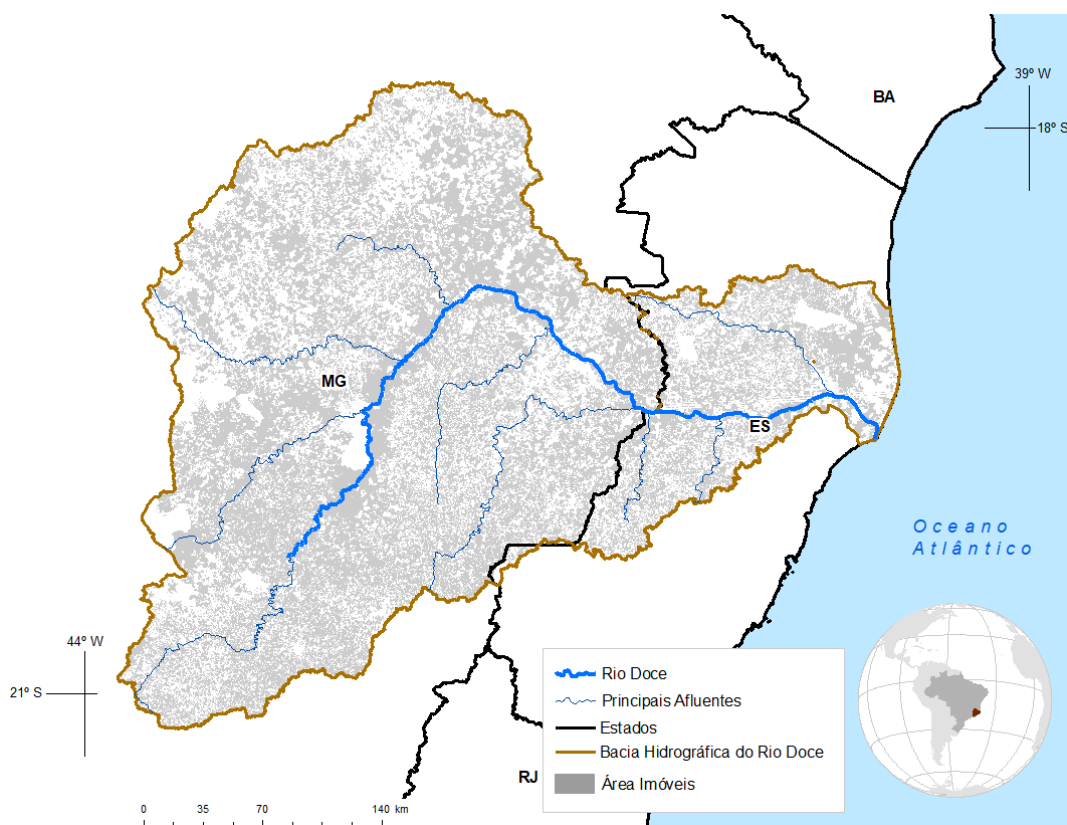


Figura 6. Perímetro dos imóveis presentes no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR. Fonte: SFB, 2018.

Já para a estimativa da área degradada de APP que poderá ser alvo das ações de recuperações a serem planejadas no escalonamento (P4) será realizada uma modelagem no nível da propriedade. O novo CF estabelece que as áreas consolidadas (i.e. desmatadas antes de 2008) possuem um nível menor de proteção de exigência de recuperação, de acordo com o tamanho da propriedade, conhecida também como “regra da escadinha”. Para considerar esse aspecto será aprimorado o modelo desenvolvido por SOARES-FILHO, RAJÃO et al. (2014). Em particular, serão modeladas as regras do Código Florestal no nível da propriedade registrada no Cadastro Ambiental Rural (CAR), com base no mapa de cobertura e uso da terra do FBDS, realizado com imagens RapidEye de 5 metros. Atualmente 578 mil imóveis da bacia já se encontram registrados no CAR. Esses imóveis representam 49% da área da Bacia do Rio Doce (excluídas as unidades de conservação) coberta pelo CAR, sendo que a cobertura da parte mineira da bacia é de 55% e da capixaba 52% (veja figura acima). Apesar de não termos a adesão de todas as propriedades, o número expressivo de imóveis possibilita que o cálculo do

passivo de RL e APP seja um indicador importante das propriedades que poderão buscar a restauração como meio de obter a regularização ambiental. Desse modo será calculado área total passível de recuperação no nível do município, de modo a evitar durante a realização do escalonamento (P4) alocar para uma dada área uma área maior de recuperação do que o já observado na região. Essa análise também irá identificar áreas degradadas fora do CAR e que deveriam ser foco da implementação do cadastro.

3.4. Favorabilidade à Regeneração Natural

Previsto pela atividade 3.2 do TdR, a modelagem de áreas prioritárias para recuperação ambiental, por meio do plantio e da regeneração natural, buscará mapear áreas prioritárias levando em consideração fatores ambientais e socioeconômicos. Segundo CAMPELLO (1998), muitas dos projetos em curso de restauração florestal partem da tentativa de favorecer os mecanismos naturais que permitem a reação da natureza, a partir de técnicas e metodologias que buscam a maximização da resiliência potencial do ambiente em análise. Dentro dessa premissa, que são os fundamentos da sucessão ecológica, por meio de pesquisas e iniciativas de restauração, muito se têm buscado otimizar a restauração através da própria capacidade do meio ambiente em se regenerar, tendo como base os processos ecológicos que ocorrem na regeneração natural (MARTINS et al., 2014). Para a realização dessa modelagem será obtido o Índice de Favorabilidade à regeneração natural, que pode ser interpretado como o nível local de esforço necessário para fomentar a restauração da vegetação nativa através de processos de regeneração. A identificação do Índice de Favorabilidade à regeneração natural será definida a partir do refinamento da metodologia desenvolvida por NUNES, SOARES-FILHO e RAJÃO (2017).

Na composição do Índice de Favorabilidade são usados como entradas para um espaço modelo de otimização, que calcula o potencial de regeneração natural para cada microbacia hidrográfica na 12ª ordem, o Mapa de Favorabilidade, em conjunto com os mapas de uso da terra, preços de terra e saldo do código florestal (níveis de conformidade). A análise parte do mapeamento dos fatores da paisagem identificados para facilitar a restauração passiva. Esses fatores são:

- a) Contexto da paisagem, como matriz de uso da terra circundante que pode servir como uma importante fonte de propágulos;
- b) Favorabilidade do local para regeneração natural, como elevação, relevo e clima;
- c) Fatores de risco climático induzidos pelos eventos extremos mais frequentes e intensos (estiagens, onda de calor, etc.), que poderão afetar as condições biofísicas existentes e o desempenho do programa;
- d) Histórico do uso da terra na região.

Nessa modelagem, parte-se do princípio que a regeneração natural é favorecida quando são encontradas fontes de propágulos em fragmentos florestais próximos, especialmente em grandes florestas. Para estimar a influência local da matriz circundante, o modelo calcula a distância euclidiana (distância a fragmentos de vegetação nativa) e então normaliza esses valores em uma faixa padrão de favorabilidade. Além disso, o modelo estima a região de influência para cada fragmento de vegetação com base em seu tamanho, atribuindo todas as células do mapa ao fragmento mais próximo. Posteriormente, multiplica-se cada valor favorável pelo tamanho do fragmento mais próximo. Assim, áreas equidistantes de fragmentos nativos de vegetação podem ter uma favorabilidade diferente de regeneração, devido ao tamanho do fragmento mais próximo.

A favorabilidade do local para a regeneração natural ocorre devido às diferenças de elevação que contribuem para a dispersão de propágulos, na medida em que favorece a semente local disponibilizada em áreas mais baixas. Assim, para calcular a influência da elevação, o modelo irá sobrepor um mapa do topo da colina ao mapa de uso da terra para identificar a cobertura de vegetação nativa e, posteriormente, calcular as distâncias. Em seguida, o modelo identificará as formas de relevo que favorecem a regeneração natural. Em geral, áreas de formas côncavas e topografias baixas (áreas de acumulação) contêm uma camada de solo mais profunda e, com isso, umidade e nutrientes que podem contribuir para o estabelecimento de propágulos. Portanto, será gerado um mapa de declive e calculado um mapa de fluxo cumulativo usando um mapa de elevação e um mapa de direção de fluxo.

O mapa resultante indicará o fluxo cumulativo recebido em uma célula usada para identificar áreas de acumulação. Sendo assim, o modelo categoriza intervalos de favorabilidade. Logo,

áreas com maior padrão de precipitação influenciam positivamente na taxa de regeneração e, em função disso, utilizar-se-á um mapa de precipitação média para determinar a influência local do clima.

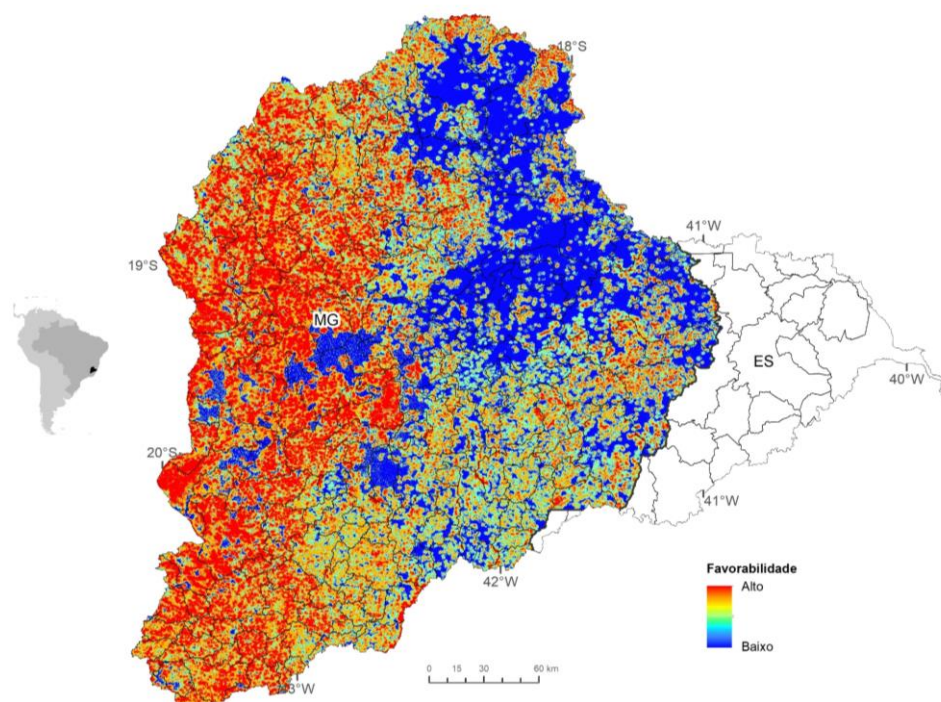


Figura 7. Favorabilidade à regeneração natural na parte mineira da bacia do rio Doce. Fonte: Nunes, et al, 2017.

A figura acima apresenta-se o índice de favorabilidade à regeneração natural já calculado para a na parte mineira da Bacia do Rio Doce. Além de estender esse cálculo para o Espírito Santo, o modelo será aprimorado de modo a incluir imagens de mais alta resolução (de 30 para 5 metros de resolução). Adicionalmente à declividade, serão consideradas também a influência positiva da precipitação na taxa de regeneração e, em função disso, utilizar-se-á um mapa de precipitação média para determinar a influência local do clima. Finalmente, será avaliado também a factibilidade de se incluir no modelo as fontes de dispersão Zoocórica ligadas à fauna da região, com base na disponibilidade e resolução espacial de dados para toda a bacia.

3.5. Vulnerabilidade Ambiental

No caso desse estudo, vulnerabilidade ambiental é entendida como sendo um conjunto de fatores que interferem na quantidade e qualidade da água dos municípios/distritos afetados.

Para calcular a vulnerabilidade ambiental de uma dada área será utilizada a análise multicritério hierárquica, que implica na definição de pesos para os diferentes fatores, que serão apresentados a seguir:

Áreas de recarga: A definição das áreas de recarga será, também por meio de uma análise multicritério, empregado o Processo Analítico Hierárquico (AHP), com o intuito de se definir as áreas que, do ponto de vista hidrológico, são mais aptas para o melhor aproveitamento da água, ou seja, proporcionam maior recarga dos aquíferos e, conseqüentemente, reduzem o escoamento superficial.

Para tanto, serão utilizados critérios descritos a seguir.

a. Precipitação

Pelo fato de a precipitação pluvial ser a principal entrada de água no sistema hidrológico, será necessário a confecção de um mapa com a distribuição espacial da precipitação média anual de longo termo para a identificação dos locais mais favoráveis ao aproveitamento da água.

Serão utilizados os dados das estações hidrometeorológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) para estimativa da precipitação média anual de longo termo. Uma análise prévia será realizada para a definição de quais estações serão utilizadas, considerando no mínimo 30 anos de dados.

A precipitação será especializada para toda a Bacia do Rio Doce, onde será possível identificar quais regiões possuem maiores índices pluviométricos. Uma alternativa adicional, que também será avaliada, é a utilização das imagens do Tropical Rainfall Measuring Mission – TRRM.

b. Evapotranspiração

A evapotranspiração, considerada como a principal saída de água do sistema hidrológico, é a parcela da água que retorna para a atmosfera tanto via evaporação da superfície do solo quanto pela transpiração das plantas, sendo determinada com base em parâmetros climáticos ou por meio de balanço de energia. Será gerado um mapa onde será possível verificar quais

os locais possuem maiores evapotranspirações potenciais na Bacia do Rio Doce, sendo que as áreas com menores evapotranspirações deverão ser priorizadas, visando um melhor aproveitamento da água. Para tanto, serão utilizados os dados de evapotranspiração real média anual, do período de 2000-2017, obtidos do produto MOD16 proveniente do sensor MODIS a bordo do satélite Terra (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

c. Geologia

A geologia, como ciência que estuda os materiais de origem que compõem a superfície terrestre, está atrelada ao tipo de rocha de um determinado local e, conseqüentemente, a sua permeabilidade. A geologia de uma região deve ser suficientemente permeável para favorecer a infiltração em detrimento ao escoamento. Dessa maneira, garante-se maior permanência da água na bacia hidrográfica, proporcionando maior disponibilidade hídrica, tanto para a vegetação que cobre a superfície do solo quanto para reabastecimento do lençol freático.

Nesse contexto, a geologia torna-se fundamental, uma vez que a identificação da rocha de origem de um determinado local possibilita determinar quais regiões são mais recomendadas para serem áreas de recarga em uma bacia hidrográfica.

Será utilizado o mapa geológico do Estado de Minas Gerais, fornecido pelo Portal da Geologia, desenvolvido em convênio com o Instituto de Geociências da UFMG e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (<http://www.portalgeologia.com.br>).

d. Pedologia

Sabendo-se da correlação existente entre as características do meio poroso e a hidrodinâmica, a pedologia de uma bacia hidrográfica assume papel importante na infiltração da água no solo. Fatores como textura, estrutura e profundidade influenciam expressivamente a infiltração e, conseqüentemente, o conhecimento da pedologia das diferentes regiões da bacia torna-se fundamental para a definição de áreas de recarga.

Em função da complexidade do tema, os especialistas envolvidos no projeto, baseando-se nos Mapas de Solos dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, obtidos pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (http://www.dps.ufv.br/?page_id=742), definirão as

áreas de recarga hídrica com base na análise integrada das seguintes características pedológicas: textura, estrutura, profundidade e drenagem interna.

e. Geomorfologia

Outro fator que interfere na hidrodinâmica do solo é a geomorfologia. Devido a sua variação espacial, seu conhecimento ao longo da bacia hidrográfica é necessário para determinar as regiões com maior ou menor infiltração. O formato da encosta, juntamente com a declividade, são responsáveis pela regulação da velocidade de escoamento superficial durante um evento de precipitação, definindo, assim, as áreas com maior propensão à recarga hídrica. As vertentes mais suaves e de maior comprimento possuem maior propensão à infiltração, enquanto que nas encostas mais íngremes a maior velocidade do escoamento superficial tende a reduzir a infiltração da água no solo.

As áreas côncavas e convexas serão obtidas por meio do modelo digital de elevação da bacia do rio Doce, em que cada área terá um peso na definição das áreas e recarga. A princípio, serão utilizadas as imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), cuja resolução espacial é de 30 metros em nível de pixel. Essas imagens serão obtidas do U. S. Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

f. Declividade

A declividade é um fator fundamental para a definição das áreas de recarga, uma vez que locais de alta declividade, por exemplo, são considerados limitantes para a infiltração da água. Sabendo-se que a declividade possui relação direta com o escoamento superficial, há a necessidade de se fazer um levantamento detalhado da declividade do relevo na bacia do rio Doce.

Assim como na Geomorfologia, serão utilizadas as imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), cuja resolução espacial é de 30 metros em nível de pixel.

Após todas as etapas de pré-processamento das imagens (mosaico, preenchimento de depressões espúrias, etc) para fins de geração do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC), será gerado o mapa de declividade. Em seguida

esse mapa será classificado em oito classes, segundo adaptação que será realizada ao trabalho de Lepsch et al. (2015), priorizando as classes com menores declividades, situadas e nas partes mais altas do relevo..

g. Potencial de erosão

O processo de erosão é considerado como um problema ambiental de larga escala, uma vez que reduz a capacidade produtiva dos solos de uma região e ocasiona sérias consequências nos recursos hídricos e meio ambiente. Em relação às áreas de recarga, o processo erosivo promove a redução da porosidade do solo, da capacidade de retenção e da infiltração de água, gerando aumento do escoamento superficial, do transporte de sedimentos e do assoreamento dos cursos d'água (DURÃES e MELLO, 2016). Para uma maior sustentabilidade dos recursos hídricos são necessárias informações espacializadas sobre o potencial erosivo dos solos de uma bacia hidrográfica.

Em relação as áreas de recarga, torna-se necessário que as áreas com elevado potencial de erosão sejam identificadas com a finalidade de se propor medidas conservacionistas que visem ao aumento da infiltração da água no solo.

Como metodologia base para esse critério será empregada a Equação Universal de Perda de Solos (USLE) (Wischmeier e Smith, 1978) para diagnóstico dos locais mais vulneráveis na bacia do ponto de vista da erosão, considerando a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, o uso e manejo do solo, as práticas conservacionistas e a topografia.

Proximidade a unidades de conservação: As áreas próximas a Unidades de Conservação serão priorizadas no processo de recuperação ambiental, uma vez que o reflorestamento em torno de um local protegido significa melhorar o ecossistema florestal e criar uma zona tampão que impede que o local seja perturbado. Será utilizado o Mapa de Unidades de Conservação (UC's) da Bacia do Rio Doce gerado pelo IGEO (Inteligência Geospacial), através da compilação de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF) de Minas Gerais, disponibilizado no site da instituição (<https://www.igeo.org.br/map>). Será gerado, em seguida, um mapa de distâncias euclidianas das Unidades de Conservação por meio de Sistema de Informações geográficas (SIG).

Proximidade a florestas: As áreas próximas a florestas serão priorizadas no processo de recuperação ambiental em decorrência da proximidade das fontes de espécies nativas, o que amplia a chance de sucesso da recuperação. Atualmente a Bacia do Rio Doce conta com um mapa de Uso e Cobertura do solo da Bacia do Rio Doce gerado pelo IGEO (Inteligência Geospacial), realizado com imagens de satélites Landsat 8 com 30 metros de resolução espacial colhidas entre 2008 e 2012 (<https://www.igeo.org.br/map>). Porém, como o mapeamento de APP pelas regras do Código Florestal necessita a identificação de áreas menores de 5 metros, esse mapa terá de ser complementado com informações de maior resolução. Para isso, será utilizada o mapeamento de cobertura de vegetação florestal realizado pela FBDS com base em imagens RapidEye de 2013 com 5 metros de resolução. Após combinar os mapeamentos do FBDS e IGEO será feita uma verificação da ocorrência de modificações expressivas no uso do solo na bacia e, posteriormente, caso necessário, será realizada uma atualização deste mapa. Por último, será gerado um mapa de distâncias euclidianas das áreas de florestas, identificadas no mapa, por meio de Sistema de Informações geográficas (SIG).

Distância a áreas urbanas: As áreas mais distantes de áreas urbanas serão priorizadas no processo de recuperação ambiental, uma vez que estão mais afastadas de atividades humanas, que são fonte de perturbação no processo de recuperação. Será, também, utilizado o mapa de Uso e Cobertura do solo da Bacia do Rio Doce gerado pelo IGEO (Inteligência Geospacial), realizado em escala de 1:25.000, com imagens de satélites colhidas entre 2008 a 2012. Será feita, primeiramente, uma verificação da ocorrência de modificações expressivas no uso do solo na bacia e, posteriormente, caso necessário, será realizada uma atualização deste mapa. Por último, será gerado um mapa de distâncias euclidianas das áreas urbanas, identificadas no mapa, por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e será empregada uma função linear crescente para sua normalização, pois quanto mais próximo à área urbana, menor a importância do local para a conservação.

Distância de estradas: As áreas mais distantes a estradas serão priorizadas no processo de recuperação ambiental, uma vez que são menos susceptíveis ao acesso de pessoas, que são fonte de perturbação no processo de recuperação. Será elaborado um mapa de rodovias e estradas com base nos dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), pelos Departamentos de Estrada e Rodagem de Minas Gerais e do Espírito Santo (DER-MG e DER-ES) e pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Em seguida será gerado um mapa de distâncias euclidianas das rodovias e estradas, identificadas no mapa, por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e será empregada uma função linear crescente para sua normalização, pois quanto mais próximo às estradas, menor a importância do local para a conservação.

Adequação do uso do solo: Áreas cujo uso e ocupação estão em desacordo com a capacidade de uso da terra serão priorizadas, uma vez que essas são áreas com maior sensibilidade ambiental. A adequação do solo será estimada a partir da comparação do mapa de capacidade de uso da terra e do mapa de uso e ocupação da bacia do rio Doce.

A capacidade de uso é uma metodologia utilizada para fins de planejamento conservacionista em uma série de sistemas de classificação das terras e consiste na determinação da intensidade que a terra pode ser utilizada sem que ocorra a redução da sua capacidade produtiva em decorrência da erosão do solo (LEPSCH *et al.*, 2015; PRUSKI, 2009). As classes de capacidade de uso e manejo da terra seguem a ordem crescente de limitação, variando de I a VIII.

A capacidade de uso será determinada a partir da sobreposição de critérios relacionados ao solo e ao relevo (LEPSCH *et al.*, 2015; Rio Grande do Sul, 1979). Com relação ao solo, os fatores utilizados serão a profundidade efetiva, a drenagem interna, o risco de inundação e a fertilidade aparente, sendo que o grau de erosão laminar, a presença de sulcos superficiais, sulcos rasos, sulcos profundos e voçorocas serão desconsiderados devido à ausência de bases de dados. Com base no mapa de solos da Bacia do Rio Doce e utilizando as classes de capacidade de uso apresentadas na Tabela 1, será obtido o mapa de capacidade de uso da terra em função do solo para a bacia do rio Doce.

Tabela 1. Classes de capacidade de uso em função de característica dos solos proposto por Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 1979)

Limitação		Classes de capacidade de uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Profundidade Efetiva	muito profundo	x	x	x	x	x	x	x	x
	profundo	x	x	x	x	x	x	x	x
	moderado		x	x	x	x	x	x	x
	raso				x	x	x	x	x
	muito raso						x	x	x
Drenagem Interna	excessiva	x	x	x	x	x	x	x	x
	boa	x	x	x	x	x	x	x	x
	moderada		x	x	x	x	x	x	x
	pobre			x	x	x	x	x	x
	muito pobre					x	x	x	x
Fertilidade Aparente	muito alta	x	x	x	x	x	x	x	x
	alta	x	x	x	x	x	x	x	x
	média		x	x	x	x	x	x	x
	baixa			x	x		x	x	x
	muito baixa						x	x	x
Risco de Inundação	ocasional			x		x			x
	frequente					x			x
	muito frequente								x

Em relação ao relevo, serão considerados a declividade e posição do relevo. A capacidade da terra com base na declividade será confeccionada a partir de adaptação dos intervalos apresentados por LEPSCH *et al.* (2015) e a posição do relevo será determinada conforme metodologia apresentada por CALEGARIO *et al.* (2017), a qual consiste na divisão das elevações do relevo em terços e, a partir da declividade do terço médio, estima-se a capacidade do terço superior. A consideração da posição do relevo é muito importante em termos de recuperação ambiental, pois as zonas superiores do relevo são vitais para a conservação de solo e água, pois asseguram à água o maior nível energético possível e retardam sua chegada aos cursos de água (PRUSKI, 2009).

Em relação ao uso e cobertura da terra, a intensidade de perturbação que os mesmos exercem sobre a terra será enquadrado no sistema de capacidade de uso em ordem decrescente de

intensidade. A caracterização da intensidade de degradação das pastagens será realizada a partir da metodologia proposta por PEREIRA *et al.* (2017) em que estima a mesma através do NDVI. Em relação aos demais usos, a caracterização se dará com base em revisão bibliográfica e consulta a especialistas. Ao final ter-se-á a capacidade de uso determinada assim como a intensidade de uso associado aos usos e coberturas na bacia. Com base nesses será possível determinar o número de classes excedentes (NCE), que representa o quanto o solo está sendo utilizado em relação à sua capacidade, definida pela Equação 1.

$$\text{NCE} = \text{CCU} - \text{CUA} \quad (\text{Equação 1})$$

em que CCU= classe de capacidade de uso do solo, adimensional; e CUA= classe associada ao uso atual do solo, adimensional;

Como existem oito classes de capacidade de uso da terra no sistema de classificação utilizada, a equação permite obter resultados que variam de 7 a -7, sendo que resultados positivos, negativos e nulos indicam, respectivamente, que o solo está sendo utilizado além da sua capacidade de uso, abaixo da sua capacidade de uso e de acordo com sua capacidade de uso e manejo. Áreas de uso e ocupação mais conservacionistas em desacordo com a capacidade de uso da terra serão priorizadas na recuperação ambiental.

Demanda Hídrica: As áreas com maior demanda serão priorizadas no processo de recuperação ambiental, uma vez que essas áreas necessitam de maior oferta hídrica para atendimento dos usos múltiplos. Será utilizado o Mapa de Demanda Hídrica disponibilizado no Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH-Doce) e será feito um refinamento desse mapa com base nos dados quantitativos e qualitativos do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH).

Qualidade da água: As áreas com problemas mais intensos de qualidade de água serão priorizadas para fins de recuperação ambiental na Bacia do Rio Doce, visto que a gestão da quantidade e da qualidade de água devem estar intimamente associadas. Devido à escassez de estações de monitoramento de qualidade de água ao longo de toda a Bacia do Rio Doce,

serão levantados dados secundários, assim como fontes pontuais de degradação, de maneira que se possa correlacionar a qualidade de água com a demanda hídrica.

Será utilizado o Mapa de Demanda Hídrica disponibilizado do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH-Doce) e será feito um refinamento desse mapa com base nos dados quantitativos e qualitativos do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNAUH).

3.6. Critério Socioeconômico

As ações de restauração promovidas pela Fundação Renova envolverão investimentos de R\$ 1.1 bilhão nas áreas prioritárias identificadas. Sendo assim, as áreas serão beneficiadas não somente com uma melhoria ambiental, mas também geração de emprego e renda durante a implementação das ações de recuperação. Por isso no processo de priorização serão considerados também fatores socioeconômicos dos municípios da bacia por meio do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

O IVS é construído a partir de indicadores socioeconômicos, evidência as diferentes situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social existentes em municípios, estados ou países. Logo, o IVS tem o objetivo de apontar o acesso, a ausência ou a insuficiência de alguns recursos nos municípios, os quais deveriam, a princípio, estar à disposição das pessoas. Em linhas gerais, o IVS será adaptado de modo a retratem as áreas que serão mais beneficiadas pelas oportunidades de emprego e renda ligadas à implementação das ações de restauração. Dessa forma, serão escolhidas variáveis (ou relação entre variáveis) para construir o IVS dos municípios pertencentes à bacia do Rio Doce levando em consideração quatro indicadores, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores e variáveis que serão utilizados na composição dos subíndices para o cálculo do IVS dos municípios na Bacia do Rio Doce

Grupos	Indicadores	Efeito no índice
Capital Humano (Grupo A)	1. Mortalidade até um ano de idade	Aumenta
	2. % de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola	Aumenta
	3. % de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola	Aumenta
	4. % de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola	Aumenta
	5. % de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família	Aumenta
	6. % de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família	Aumenta
	7. Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade	Aumenta
	8. % de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo	Aumenta
	9. % de negros e pardos	Aumenta
Infraestrutura urbana-rural e moradia (Grupo B)	10. Localização da moradia (urbana-rural)	Diminui Aumenta
	11. % de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitários inadequados	Aumenta
	12. % da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo	Aumenta
	13. % de pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho	Aumenta
	14. % de domicílios com acesso a rede geral de energia elétrica	Aumenta
	15. Condição do imóvel de moradia	Diminui Aumenta
Renda e Trabalho (Grupo C)	16. Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo	Aumenta
	17. Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade	Aumenta
	18. % de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal	Aumenta
	19. % de pessoas em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo (de 2010) e dependentes de idosos	Aumenta
	20. Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade	Aumenta
Valor Bruto da PAM, PPM, PEVS (Grupo D)	21. Lavouras Permanentes	Diminui
	22. Lavouras Temporárias	Diminui
	23. Pecuária	Diminui

Obs. PAM = Produção Agrícola Municipal, PPM = Produção Pecuária Municipal, PEVS = Produção Extrativista Vegetal e Silvicultura, também municipal.

Grupo A – Subíndice Capital Humano

O capital humano dos indivíduos será retratado por dois aspectos básicos, saúde e educação, que definem as perspectivas, atuais e futuras, em relação à inclusão social dos indivíduos. Logo, os indicadores a serem utilizados para o cálculo do subíndice são os que fazem parte do Grupo A.

Grupo B – Subíndice Infraestrutura urbana-rural e moradia

Este subíndice busca ajuizar condições de acesso aos serviços básicos de saneamento, como: fornecimento de água tratada, luz, coleta de lixo e esgotamento sanitário adequado ao esgoto. Pois, tais serviços, impactam significativamente no bem-estar dos indivíduos, sendo considerados de primeira necessidade. Os indicadores a serem utilizados para o cálculo do subíndice são os que fazem parte do Grupo B.

Grupo C – Subíndice Renda e Trabalho

O subíndice renda e trabalho busca medir a vulnerabilidade em relação a insuficiência de renda, a desocupação de adultos, ao trabalho infantil e a ocupação informal. Fatores impactantes no que diz respeito ao grau de vulnerabilidade social. Os indicadores a serem utilizados para o cálculo do subíndice são os pertencentes ao Grupo C.

Para os Grupos A, B e C serão utilizados dados do Censo Demográfico de 2010 e se adotará a metodologia de espacialização territorial por setor censitário⁴ de cada município, o que evitara as “armadilhas” do uso de dados socioeconômicos a partir das médias municipais. A opção por trabalhar com os setores censitários evita a homogeneidade das médias municipais

⁴ “O setor censitário é constituído de áreas contíguas, delimitadas para atender aos parâmetros da coleta e para controle cadastral. Situa-se em um único quadro urbano ou rural e o número de domicílios nele contidos e sua dimensão territorial são definidos de forma a permitir o levantamento das informações por um único recenseador. É definido em função da rota do recenseador, obedecendo a barreiras físicas e à lógica dos logradouros. Sua configuração assemelha-se às rotas dos leituristas de relógio de água, de energia elétrica, de endereçamento postal ou de coleta de lixo (normalmente quarteirões em centros urbanos, prédios muito grandes, etc). Com isso, tende a ser mais homogêneo nas áreas de maior densidade populacional e menos nas mais rarefeitas.” (ATLAS BRASIL, 2013, disponível em http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/)

e mostra a realidade heterogênea dos municípios. A Figura 8 exemplifica como a utilização dos setores censitários para espacialização dos dados amplia o nível de detalhamento das informações.

Evidentemente que a opção mais detalhada implica na restrição de acesso a dados no mesmo nível de detalhamento realizado no Censo. As demais informações socioeconômicas oficiais sobre os municípios são por amostragem e não estão disponíveis ao nível dos setores censitários. As informações com maior nível de precisão para o setor produtivo rural, o Censo Agropecuário, são ainda mais antigas, do ano de 2006.

Assim, se por um lado tem-se maior detalhamento e precisão ao utilizar o censo e a distribuição espacial por setor censitário, por outro perde-se em termos de atualidade já que o Censo é relativo a 2010. Como forma de ponderar essa situação será delineado um novo conjunto de variáveis de modo a moderar uma suposta defasagem temporal na composição do Índice de Vulnerabilidade Social.

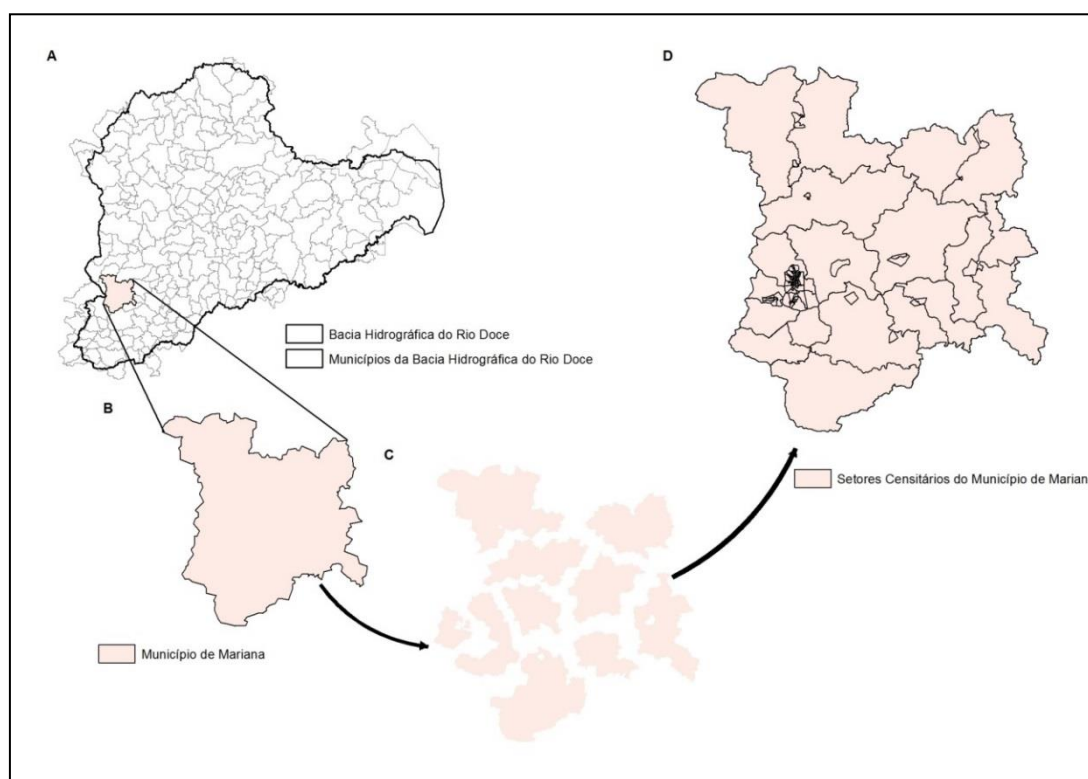


Figura 8. Perímetro e setores censitários do município de Mariana, MG. Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE.

Grupo D – Produção agrícola

O **Grupo D (PAM, PPM, PEVS)** será composto pelo **Valor Bruto da Produção** da produção agrícola, da produção pecuária e do extrativismo vegetal e silvicultura dos municípios da bacia do rio Doce, cujos respectivos dados são de 2016. Além da superação de um possível hiato temporal, o **Grupo D** também significará a incorporação de informações sobre o setor produtivo rural, palco das ações de recuperação florestal, contribuindo, portanto, para o cumprimento do objetivo final deste trabalho.

Nesse sentido, na definição dos pesos de cada uma dessas variáveis dos quatro grupos para o cálculo geral do IVS as variáveis relacionadas ao meio rural terão maior ponderação, tendo em vista que é essa região nos municípios que pode melhor aproveitar as oportunidades de trabalho e renda eventualmente geradas pelo processo de recuperação florestal a ser implementado.

Cálculo do IVS

O Índice de Vulnerabilidade Social será calculado pela média aritmética dos subíndices - **IVS Capital Humano, IVS Infraestrutura Urbana-rural e Moradia, IVS Renda e Trabalho** e o **IVS Valor Bruto da PAM, PPM, PEVS**, no qual cada um contribui para o cálculo final **IVS** com o mesmo peso. Internamente as variáveis dos quatro Grupos terão pesos distintos conforme metodologia utilizada pelo PNUD (2013) para construção do IDH e por Costa e Maguti (2015a e 2015b) para elaboração do índice de Vulnerabilidade Social e municípios e de regiões metropolitanas no Brasil. Assim, na construção de cada dimensão ou subíndice, serão utilizados pesos proporcionais e equivalentes para cada indicador, assim como parâmetros de máximo e mínimo, de forma que tenhamos indicadores padronizados com valores entre 0,000 e 1,000. Como o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) será calculado com base nos quatro grupos de indicadores apresentados (Grupo A, Grupo B, Grupo C e Grupo M). Temos a seguinte estrutura analítica:

Grupo A: IVS – Capital Humano

$$\text{Grupo A} = \sum_{i=1}^n x_i \times Pa_i \quad (\text{Equação 2})$$

onde x_i é o indicador i ; e Pa_i é o peso atribuído ao indicador i .

Grupo B: IVS – Infraestrutura urbano-rural e moradia

$$\text{Grupo B} = \sum_{i=1}^n y_i * Pb_i \quad (\text{Equação 3})$$

onde y_i é o indicador i ; Pb_i é o peso atribuído ao indicador i .

Grupo C: IVS – Renda e Trabalho

$$\text{Grupo C} = \sum_{i=1}^n z_i * Pc_i \quad (\text{Equação 4})$$

Onde z_i é o indicador i ; e Pc_i é peso atribuído ao indicador i .

Grupo D: IVS – Valor Bruto da PAM, PPM, PEVS

$$\text{Grupo D} = \sum_{i=1}^n z_i * P_{Mi} \quad (\text{Equação 5})$$






Onde z_i é o indicador i ; e P_{Mi} é o peso atribuído ao indicador i .

Como o cálculo do IVS será a média aritmética simples entre os resultados obtidos no cálculo dos grupos de indicadores, tem-se:

$$IVS = \frac{1}{4} \left[\sum_{i=1}^n \text{Grupo}_i \right] \quad (\text{Equação 6})$$

Como o **IVS** é um índice que varia entre 0 e 1, tem-se que a condição de absoluta ausência de vulnerabilidade com valor equivalente a 0 ou 0% (situação ideal ou desejável) e 1 ou 100% o valor corresponde a pior situação possível. Para espacialização das informações os valores obtidos no cálculo do IVS serão agregados em cinco categorias (Tabela 3), conforme metodologia definida por Costa e Maguiti (2015a).

Tabela 3. Categorias do IVS

Índice de Vulnerabilidade Social	Escala de cores
Muito Baixo	
Baixo	
Médio	
Alto	
Muito Alto	

Com essa escala de cores será possível identificar no *layer* socioeconômico as áreas mais vulneráveis ao longo da bacia, possibilitando o cruzamento e sobreposição com os demais *layers* até a definição do *layer* final com as áreas prioritárias para a recuperação ambiental na bacia do Rio Doce. A espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social será feita com a utilização do programa ArcGis de geoprocessamento e em escala compatível com a adotada pelas demais equipes do projeto.

Integrado ao trabalho de construção do Índice de Vulnerabilidade Social dos municípios na Bacia do Rio Doce, que será expresso em um *layer*, e visando as fases posteriores do projeto quando haverá interlocução com partes interessadas ao longo da Bacia, também se atuará em outras frentes de forma a compor um quadro socioeconômico consistente e bem articulado.

As outras atividades realizadas em articulação com a construção do Índice de Vulnerabilidade Social serão:

- Construção de um esboço histórico sobre o processo de ocupação da bacia do Rio Doce;
- Identificação de *stakeholders* ao longo de toda a bacia (ONGs, instituições de ensino, sindicatos patronais e de trabalhadores, igrejas, clubes de serviço, cooperativas, associações de produtores etc.). A identificação de *stakeholders* para a calha principal do Rio Doce já foi realizada pela equipe;
- Identificação de “áreas especiais” (unidades de conservação, assentamentos de reforma agrária e comunidades quilombolas) em toda a bacia;

- d. Identificação dos municípios ao longo da Bacia que possuem escritórios de assistência técnica e extensão rural; e
- e. Identificação das empresas de água e esgoto em todos os municípios da bacia com mapeamento da oferta de água potável e volume coletado de esgotos;

3.7. Vocação Agroflorestal

O critério vocação agroflorestal, no âmbito desse projeto, identifica as variáveis e critérios de priorização que identifica áreas onde é mais viável expandir e implementar Sistemas Agroflorestais (SAFs) em pequenas propriedades. Aqui os SAFs são entendidos “como sistema de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes” (Art. 2, Inciso XVI, Decreto Nº 7.830 de 2012). Com isso, buscaremos conciliar a recuperação ambiental de APP e RL realizada de acordo com as modalidades permitidas pelo Código Florestal com a geração de renda e a gestão multifuncional da paisagem. Este critério pretende incluir nas prioridades de restauração as demandas de milhares de pequenos agricultores da bacia e ser uma potencial fonte de diversificação econômica da região.

O ponto de partida para a definição desse critério é o cadastro das instituições com ações de restauração florestal na bacia (P2). No contexto do estudo realizado pela IBIO foram identificados 43 viveiros, 2 áreas de elaboração de projetos de restauração, 178 áreas de restauração por plantio, 25 instituições com realizam essas atividades, 4 áreas de pesquisa, 46 locais de produção de mudas, 1025 áreas de plantio consolidado e 12 áreas em outras categorias (Figura 9). Esse levantamento é importante pois enquanto a condução à regeneração demanda principalmente a instalação de cercas, o reflorestamento depende da capacidade institucional no território para produzir mudas e implementar as ações de plantio.

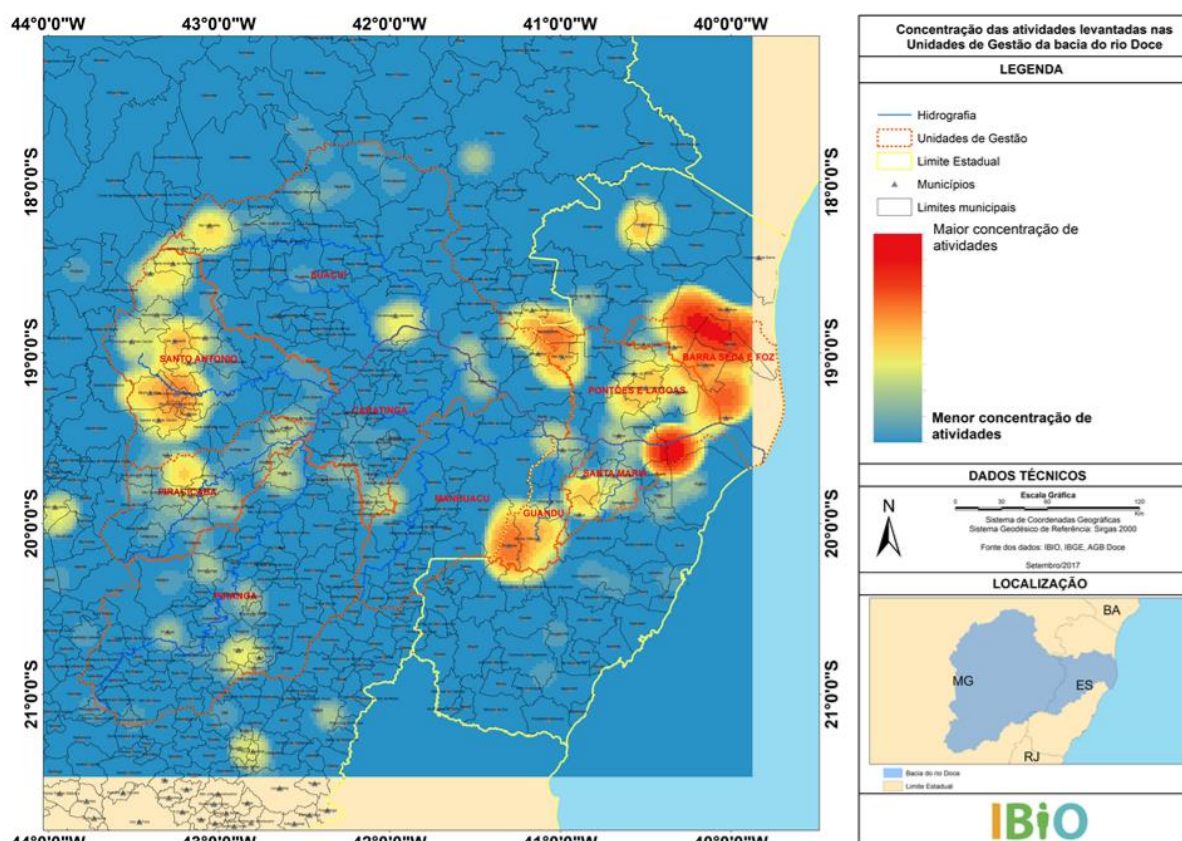


Figura 9. Concentração das atividades de reflorestamento na bacia do Rio Doce. Fonte: P2.

Porém, para implementar SAFs é necessário, além de viveiros e instituições especializadas em reflorestamento, instituições voltadas para o apoio à produção agrícola. Desse modo, serão identificadas as cooperativas, organizações não-governamentais e empresas de assistência técnica (ex. EMATER, EMBRAPA, SENAR, etc) presentes no território.

Finalmente, o cálculo da vocação agroflorestal buscará incluir um retrato da situação atual e uma projeção da tendência futura da produção agrícola na bacia. Para isso será analisado o Censo Rural de 2006 conjuntamente com a Produção Agrícola Municipal (PAM) de 2016 compilado pelo IBGE. A partir desses dados buscaremos desagregar a produção de hortaliças e frutas vinculadas ao pequeno produtor e que poderiam ter sido originadas de algum tipo de SAF, da pecuária e produção em grande escala. Além disso, com o auxílio de dados primários coletados na bacia em nível da propriedade serão identificados perfis de SAFs que poderiam ser implementados em sinergia com diferentes cadeias (ex. criação de frango e porcos,

verduras frescas para centros urbanos, etc.). Visto ainda existem incertezas jurídicas sobre os arranjos de SAFs que serão permitidos em APP como parte do Programa de Regularização Ambiental (PRA) dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, serão identificados perfis de acordo com um cenário de regulamentação mais conservacionista e outro mais flexível.

Para compreender a vocação agroflorestal da bacia é importante considerar também projeções do uso do solo na região. Nesse estudo será adotado a plataforma OTIMIZAGRO (versão atualizada do SimAmazonia/SimBrasil), um modelo espacialmente explícito para todo o território brasileiro que simula o uso e a mudança de uso do solo, desmatamento, regeneração e emissões associadas de acordo com diversos cenários de demanda agrícola e legislação ambiental (SOARES FILHO et al., 2016). Como um modelo de otimização do uso da terra, OTIMIZAGRO é utilizado para analisar cenários de planejamento de expansão e de melhoramento do setor agrícola e da indústria, para apoiar à agricultura de baixo carbono e desenhar melhores estratégias para o planejamento do uso da terra visando atender uma crescente demanda de produtos agrícolas e ações necessárias para se atingir as metas nacionais de mitigação de mudanças climáticas. Além desses propósitos, OTIMIZAGRO também visa fornecer subsídios à implementação do código florestal e apontar potenciais conflitos. Consiste, portanto, em uma ferramenta de gestão e suporte à conciliação de legislação vigente, metas governamentais e mercado interno e externo.

O modelo, com 500 metros de resolução espacial, integra um mapa inicial de uso da terra para o ano de 2012 composto pelos remanescentes florestais, obtidos por diferentes levantamentos⁵, manchas urbanas⁶, corpos d'água e áreas protegidas. A alocação espacial dos cultivos agrícolas (soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, trigo, feijão, arroz, mandioca e fumo, café arábica, café robusta, laranja, cacau e banana) e floresta plantada nesse mapa inicial⁷ é realizada usando-se critérios de aptidão física e climática e rentabilidade de cada cultura.

O OTIMIZAGRO calcula o potencial de cada microrregião para desagregar as projeções em área e quando a demanda extravasa a área disponível em determinada microrregião o modelo redistribui essa quantidade para as regiões vizinhas. Para simulação futura de uso do solo o

⁵ Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia, Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDDBS (IBAMA; MMA, 2012), TerraClass (INPE, 2014) e SOS Mata Atlântica (SOS, 2014)

⁶ De acordo com os distritos censitários do IBGE

⁷ Baseada nas estimativas municipais de área plantada do IBGE (2012) e de área de floresta plantada por estado (ABRAF, 2012)

modelo utiliza estimativas exógenas (de acordo com os cenários a serem simulados) de demandas por produtos agrícolas e taxas de desmatamento e regeneração. A probabilidade do desmatamento é em função de determinantes espaciais (Soares Filho et al., 2006) e a alocação espacial do incremento ou decremento anual de cada cultura utiliza um mapa de probabilidade que consiste na integração das variáveis de rentabilidade e favorabilidade climática já mencionadas.

Um dos “futuros simulados” pelo modelo OTIMIZAGRO contempla os cenários projetados pelo projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil” (MOP). Esse projeto teve o objetivo de auxiliar na tomada de decisão sobre as ações que potencialmente reduzam as emissões de GEE nos diferentes setores da economia brasileira e a mesmo tempo atender a demanda de crescimento da produção projetada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MCTIC, 2017). O modelo OTIMIZAGRO foi utilizado para fazer essa avaliação ex ante de ações no setor Agricultura Florestas e Outros usos do solo (AFOLU) de modo integrado a outras medidas setoriais. Para isso, foi realizada uma modelagem integrada que partiu do desenvolvimento de diferentes cenários macroeconômicos, que geraram os dados sócio econômicos para as projeções setoriais. Foram projetadas a produção agrícola e da pecuária bem como as estratégias de manejo a serem adotadas, taxas de desmatamento e regeneração florestal. O cenário referencial, cujo os dados estão apresentados na presente proposta, representa o desenvolvimento das atividades sem expectativa de grandes mudanças de trajetória (incluindo os planos e metas governamentais já publicados). Assim, a distribuição do uso do solo apresentada significa, sob uma ótica de otimização e gestão territorial, o arranjo produtivo mais adequado em termos do potencial produtivo, rentabilidade e legislação ambiental considerada. Apesar do modelo ter sido desenvolvido considerando principalmente o modelo econômico das grandes e médias propriedades com sistemas produtivos voltados para monocultura, o OTIMIZAGRO poderá fornecer, juntamente com os outros indicadores, uma estimativa da competição de diferentes usos do solo na bacia e a demanda por alimentos que poderiam ser produzidos por SAFs.

Os dados sobre uso e cobertura da terra (i.e. PAM, ISA, cadastro de instituições e Censo) e futuro (i.e. OTIMIZAGRO) serão analisados conjuntamente com base na metodologia

desenvolvida por Carvalho-Ribeiro e Lovett (2009). Os autores partem do conceito da multifuncionalidade da paisagem para buscar estabelecer relações entre variáveis socioeconômicas e métricas de paisagem de modo a compreender diferentes tipologias de desenvolvimento agroflorestal. Para isso a metodologia utiliza abordagens de ranqueamento e análise dos componentes principais. O resultado final irá subsidiar um index no nível do município que indica a favorabilidade de uma dada área para o fomento a atividades agroflorestais com pequenos produtores.

3.8. Análise Multicritério (AMC)

Após estabelecer individualmente a vulnerabilidade ambiental, critério socioeconômico e vocação agroflorestal será empregado uma análise multicritério para gerar o mapa final. Essa metodologia será baseada no Processo Analítico Hierárquico (AHP) (SAATY, 1977). Este método tem como premissa de que a tomada de decisões de problemas complexos pode ser tratada por meio de uma estrutura hierárquica simples e compreensível (LI *et al.*, 2009). A lógica básica do AHP é organizada pela ruptura do problema em partes constituintes menores em diferentes níveis e envolve três etapas: (i) desenvolver uma matriz de comparação em cada nível da hierarquia; (ii) computar os pesos para cada elemento da hierarquia; e (iii) estimar os índices que representem a vulnerabilidade ambiental, critério socioambiental e outras dimensões que devem ser levadas em conta na priorização final (BOROUSHAKI e MALCZEWSKI, 2008).

O Processo Analítico Hierárquico foi escolhido como metodologia base devido a existência de muitos critérios e da necessidade de criar várias camadas individuais que, posteriormente, serão analisadas em conjunto. Será realizado uma comparação par-a-par entre os critérios envolvidos para definir uma camada. As comparações em pares serão realizadas para todos os fatores a serem considerados e a matriz será computada usando pontuações com base na sua importância relativa. A definição dos pesos de cada um dos critérios será realizada ao longo do trabalho, por meio da consulta a especialistas da área, da expertise dos membros da equipe de trabalho, da consulta a literatura especializada, bem como da consulta pública aos atores envolvidos. Na Tabela 4 são apresentadas as intensidades de importância relativa de cada critério.

Tabela 4. Escala de medição do AHP. / Fonte: (Saaty, 1977)

Intensidade da importância relativa	Definição
1	Igual importância
3	Fraca importância de um sobre o outro
5	Importância forte ou essencial
7	Importância demonstrada
9	Importância absoluta
2, 4, 6	Importância intermediária entre dois critérios adjacentes

Se dois critérios forem de igual importância, o valor de 1 é dado na comparação, enquanto 9 indica a importância absoluta de um critério sobre o outro (veja tabela acima). Será gerada então uma matriz de comparação entre as variáveis e um vetor de prioridade será computado, denominado autovetor normalizado da matriz. Isso é feito dividindo-se cada uma das colunas pela sua soma correspondente. A estimativa da importância relativa dos atributos (w_i) será, portanto, obtida através da média dos valores de cada linha da matriz.

Segundo THANH e DE SMEDT (2012), as vantagens de se utilizar a técnica AHP são: (i) todos os tipos de informação podem ser incluídos no processo de discussão; (ii) o julgamento é estruturado para que todas as informações sejam levadas em consideração; (iii) as regras de discussão podem ser baseadas na experiência; (iv) uma vez que é alcançado um consenso, os pesos para cada fator relevante são obtidos automaticamente pelo cálculo do vetor próprio da matriz de decisão; e (v) inconsistências no processo de decisão podem ser detectadas e, portanto, corrigidas. Já a principal desvantagem da AHP é o julgamento e a classificação de fatores causais baseados na opinião de especialistas, de modo que a preferência subjetiva no ranking não pode ser evitada, pois depende da escolha pessoal e do conhecimento do analista.

Os critérios podem ser classificados em fatores e restrições e podem estar relacionados tanto com os atributos de um indivíduo como com um conjunto de decisões inteiras. Os fatores representam as características críticas da paisagem, especialmente aquelas que influenciam o objetivo do processo de restauração, enquanto as restrições impõem limitações ao conjunto de alternativas de decisão e servem para excluir áreas e determinar os limites espaciais para a distribuição das possibilidades de escolha (EASTMAN, 2009).

O modelo de suporte à tomada de decisão geralmente envolve a definição de critérios através do consenso de um grupo de especialistas. Essa forma é alcançada agregando preferências individuais por meio de um esquema de análise em grupo (BOROUSHAKI e MALCZEWSKI, 2010). Neste trabalho os critérios e restrições adotados para priorização de áreas para a recuperação ambiental na bacia do rio Doce foram obtidos através da consulta à bibliografia específica e do julgamento dos especialistas das equipes envolvidas. Porém, ao estabelecer critérios de prioridade é preciso ter a clareza de qual é o aspecto da realidade social e ambiental da bacia que o estudo busca retratar.

3.9. Mapa Final das Áreas Prioritárias

O resultado final do P3 serão dois mapas que indicam, por sua vez, a prioridade para a restauração natural de 30 mil ha e a implementação de 10 mil ha de sistemas agroflorestais em APPs ripárias e RLs em áreas de recarga. Parte-se do princípio que esse resultado deve possibilitar uma certa flexibilidade para implementação das ações pela Fundação Renova com apoio da CT-Flor, Comitê Interfederativo, Comitês de bacia, prefeitura, sociedade civil e produtores rurais. Por isso os mapas serão apresentando na forma de um ranking no nível do município, com a indicação da área potencial para a restauração e reflorestamento. Apesar do estudo indicar quais municípios devem receber uma área maior do que os demais, não será especificado o quantitativo destinado para cada área. Com isso, a decisão de como distribuir os esforços de recuperação ambiental poderá ser realizada com base nas possibilidades locais, contanto que seja respeitado a ordem de prioridade e o potencial máximo de cada município. A metodologia de atribuição poderá também estabelecer, em concordância com o CT-FLOR e demais atores relevantes, um teto máximo de área a ser restaurada por município de modo a evitar a concentração das atividades em poucas localidades.

Tabela 5. Exemplo de distribuição da restauração com base no ranking de prioridade

Ranking	Cenário A (em mil ha)	Cenário B (em mil ha)	Cenário C (em mil ha)	Potencial (em mil ha)
1º	25	12	7	25
2º	5	10	6.5	10
3º	0	8	6	100
4º	0	0	5.5	7

5°

0

0

5

30

A Tabela 5 ilustra diferentes cenários de distribuição do orçamento de área a ser alvo das ações de regeneração natural. Por exemplo, caso o município A fique em primeiro lugar no ranking da regeneração poderão ser destinados a ele o total dos 30 mil ha indicados pelo TTAC e zero para os demais. Porém, como o potencial máximo do município é 25 mil ha (i.e. áreas de APP e RL de recarga com alta favorabilidade), então serão necessários distribuir os demais 5 mil ha em outros municípios. Já os cenários B e C mostram outras situações onde a distribuição ocorre de modo mais ou menos fragmentado dentro dos municípios da bacia, sempre respeitando o potencial de cada área. Como a decisão de restaurar ou não uma área é sempre do produtor rural, sugere-se que a área alocada para cada município seja no máximo 50% do potencial total de modo a levar em consideração as eventuais dificuldades de implementar as ações no nível local.

Essa abordagem é similar à metodologia adotada no estudo para definição das áreas para recuperação de nascentes⁸. Porém uma diferença importante está na escala da priorização, que no caso do estudo das nascentes foi a Unidade de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHs) que totalizam 9 na bacia, enquanto aqui propõe-se trabalhar em nível do município que totalizam 228 na região. Com isso busca-se diminuir a influência política no momento do planejamento e escalonamento das ações (P4) e mobilizar, juntamente com as UGRHs, o poder público municipal engajar os proprietários rurais no programa de recuperação ambiental.

⁸ NOTA TÉCNICA Nº 01-2017-IBIO

4. PROPOSTA TÉCNICA DE ESCALONAMENTO (P4)

Após a definição do ranking dos municípios prioritários para receber as ações de recuperação ambiental será necessário apoiar o planejamento da implementação do reflorestamento e restauração natural. Será necessário um grande esforço de campo para a validação dos métodos e intervenções sugeridos, como também, uma análise criteriosa do potencial de alavancagem da cadeia produtiva da restauração no território da Bacia do Rio Doce, conforme restauração das áreas do TTAC. Diante disso, nessa fase serão realizadas oficinas participativa em um subconjunto dos municípios prioritários de modo a discutir os resultados e obter dados primários para a realização desse produto.

A partir dessa análise será realizada uma proposta técnica de escalonamento das áreas a serem recuperadas, com cronograma anual, conforme priorização identificada pelas atividades 3.1-3.10. Para isso serão desenvolvidos dois submodelos: de estimativa da aceitação da recuperação ambiental e de potencial de melhoria da produção agroflorestal. Ambos os modelos irão fornecer dados no nível da propriedade registrada no CAR de modo a guiar a implementação em campo. Para a realização do P4 a UFMG e UFV necessitarão da contribuição de outras instituições com projetos de recuperação ambiental ativos na Bacia do Rio Doce, como previsto na proposta técnica.

4.1. Disposição dos produtores à recuperação ambiental

O déficit de APPs e RLs no país expõe uma situação de descumprimento da lei em larga escala pelos proprietários rurais. A não conformidade das propriedades rurais à legislação ambiental é histórica e já foi observada por diferentes autores (Stickler *et al.*, 2013; Azevedo, Rajão *et al.*, 2017; Trevisan *et al.*, 2016). A partir de perspectivas mais amplas, tais como da antropologia, sociologia, economia institucional e comportamental, sabe-se que o grau de adoção de práticas estimuladas ou demandadas por políticas públicas referentes a recursos de uso comum (e.g., recursos hídricos ou vegetação nativa) e, consequentemente, a eficácia das mesmas, são invariavelmente influenciados por fatores comportamentais e sociais (e.g. Bremer *et al.* 2014; Figueroa *et al.* 2016). Esses fatores são comumente relegados a um segundo plano por tomadores de decisões, seja por ignorância relativa à sua influência sobre os resultados das políticas públicas ou por uma dificuldade prática em definir generalizações

aplicáveis aos estudos que subsidiam tais políticas (Rao & Walton 2004). De fato, como menciona Ostrom (2005), as relações entre fatores socio-institucionais e o uso e manejo de recursos naturais são dificilmente generalizáveis.

No entanto, na necessidade de prever o êxito da aplicação do CF em longo prazo, é necessário buscar entender com maior profundidade as razões pelas quais há um generalizado descumprimento da lei e entender as motivações dos proprietários e possuidores de terras para o desmatamento e, o seu oposto, a conservação. Em outras palavras, a atitude dos proprietários de imóveis rurais frente à lei ambiental é um critério de alta relevância para prever o alcance da lei em termos reais e para futuras adaptações necessárias nos programas de incentivos à conservação previstos no CF (Pacheco *et al.* 2017). Para estimar a disposição dos produtores a aceitarem a recuperação ambiental adotaremos a metodologia desenvolvida por PACHECO (2016) e aplicada nos estados de Mato Grosso e Pará. A metodologia consiste na aplicação de questionários buscam traçar o perfil socioeconômico e ambiental do proprietário, e avaliar a sua disposição a se regularizar em diferentes cenários regulatórios (i.e. tendencial, maior exigência do governo e dos mercados). Esses resultados são analisados com base na construção de uma árvore de decisão por meio de critérios quantitativos (ex. algoritmo de classificação J48 descrito por Quinlan, 1993) e qualitativos (modelagem etnográfica de árvores e literatura) utilizando características dos produtores que declararam possuir déficit ambiental.

Após construir e validar a árvore de decisão construída com dados primários, são utilizados dados secundários similares de modo a estimar a decisão de todos os produtores das áreas prioritárias. Para isso serão integrados os resultados obtidos pela estimativa de déficit de RL e APP do código e dados de rentabilidade rural, preço de terras de fontes secundárias e informação sobre a idade dos produtores obtido por meio do SICAR. Na Figura 10 apresenta-se um exemplo de árvore de decisão construída para os estados de Mato Grosso e Pará.

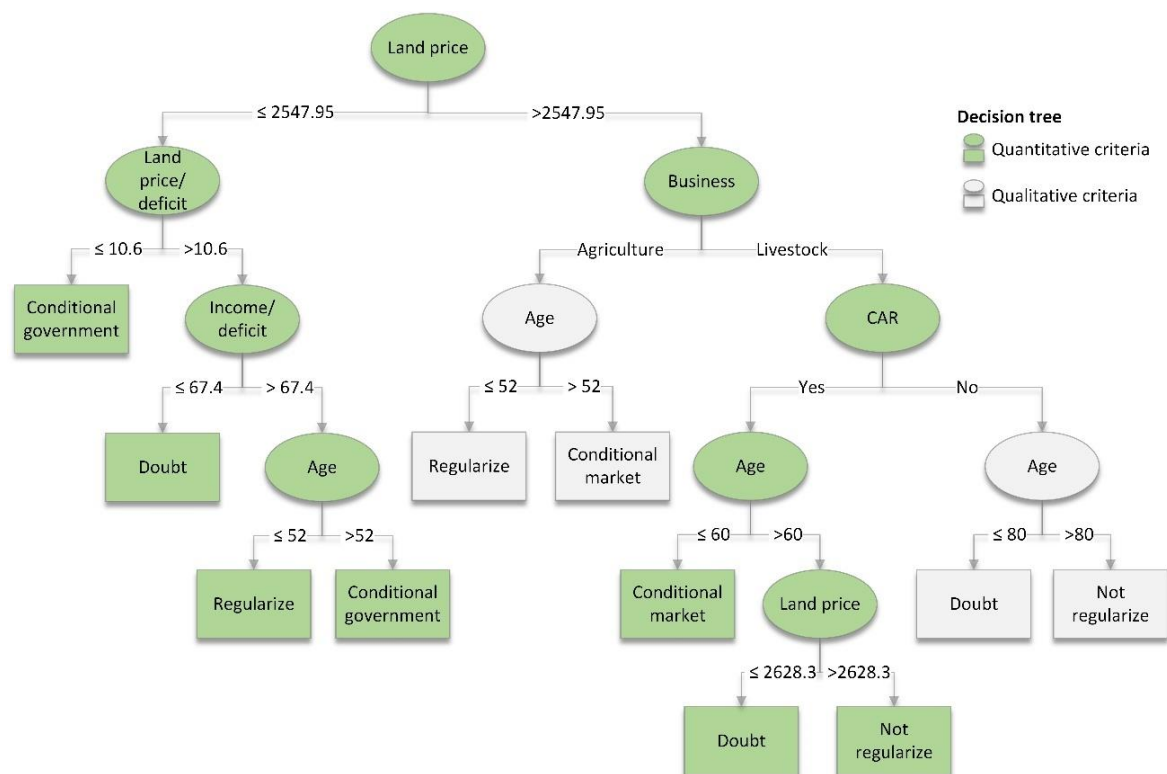


Figura 10. Exemplo de árvore de decisão de produtores rurais que exprime sua propensão a buscar regularização ambiental em diferentes cenários. Fonte: Pacheco, 2016.

Desse modo, essa análise irá apontar para o limiar a partir do qual o produtor rural está disposto a perder parte da sua área produtiva em função do tamanho da propriedade e renda. Para isso o questionário desenvolvido em Pacheco, Rajão et al. (2017) será aprimorado e aplicado em alguns municípios prioritários apontados pelo P3, sem porem buscar uma significância estatística da amostragem. Tendo em vista o resultado de Pacheco (2016) e Pacheco, Rajão et al. (2017) existe a expectativa que essa análise deverá indicar que são principalmente os produtores médios e grandes, de maiores renda e idade inferior a 50 anos que estarão mais dispostos a se regularizar através da regeneração natural ou plantio total de espécies nativas na propriedade. Porém é preciso compreender melhor o perfil dos produtores interessados, e como a área a ser recuperada de APP e RL influencia na tomada de decisão.

4.2. Estimativa da melhoria na produção agroflorestal

Enquanto espera-se que a regeneração florestal e o plantio total com espécies nativas irá ocorrer principalmente em médias e grandes propriedades que podem perder parte da área

produtiva sem comprometer a viabilidade econômica da atividade. Por isso a implementação dos SAFs em APPs deverá ser incentivada principalmente nas pequenas propriedades cuja atividade na APP e zona fornecem renda indispensável para o produtor. Porém, é preciso compreender a vocação agroflorestal de cada município e os ganhos esperados pelos produtores rurais. Para realizar essa estimativa tomaremos como base o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). O ISA agrupa uma série de fatores que possibilitam a caracterização detalhada da propriedade abrange um balanço socioeconômico, ambiental (a qualidade do solo e da água, o manejo dos sistemas de produção, diversificação da paisagem e o estado de conservação da vegetação nativa).

Desse modo, o ISA analisa aspectos múltiplos da propriedade a exemplo a caracterização de indicadores sociais, como exemplo a pobreza, são também importantes para a sustentabilidade ambiental uma vez que a pobreza inviabiliza as ações de desenvolvimento sustentável uma vez que leva a degradação do meio ambiente, podendo ser contornada apenas com o crescimento econômico e redução da desigualdade (LEONHARD, 1989; DURNING, 1990). Essa metodologia está regulamentada pelo Decreto Estadual 46.113/12 como “Metodologia Mineira para Aferição do Desempenho Socioeconômico e Ambiental de Propriedades Rurais”.

O ISA totaliza 21 subíndices, subdivididos em 11 para o critério socioeconômico e 10 para o critério ambiental, que são ponderados e indicam a sustentabilidade ou não, da propriedade. Os valores (notas) dos ISA variam de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1 melhor a sustentabilidade da propriedade, utiliza-se o limiar de 0,7 para a sustentabilidade. São eles: i) produtividade; ii) diversificação da renda; iii) evolução patrimonial; iv) grau de endividamento; v) serviços básicos disponíveis; vi) escolaridade e capacitação; vii) qualidade do emprego; viii) gestão do empreendimento; ix) gestão da informação; x) gerenciamento de resíduo; e xi) segurança do trabalho.

A aplicação do ISA (Figura 11) tem como objetivo mensurar os impactos das atividades econômicas no meio rural e buscar a integração entre a produção agrícola, o beneficiamento e as práticas de recuperação, preservação e conservação ambiental de modo a assegurar a sustentabilidade das atividades agropecuárias, tendo o produtor como gestor do espaço rural. O ISA também pode ser utilizado para identificar propriedades rurais abaixo do limiar de

sustentabilidade, estimar o potencial de melhoria produtiva e monitorar o efeito dos investimentos realizados na propriedade.

Subíndices de sustentabilidade

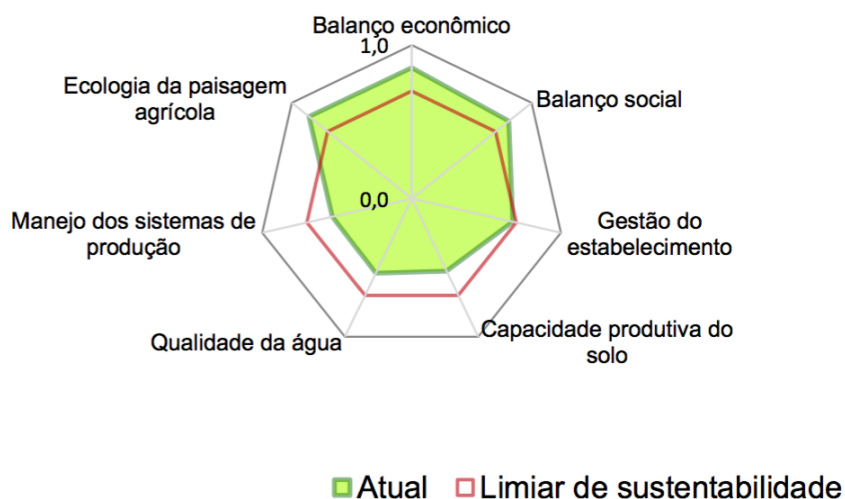


Figura 11. Exemplo da aplicação do ISA em uma propriedade rural.

Tendo em vista o grande número de produtores na bacia e o tempo reduzido para a aplicação dessa metodologia com visita de campo em todas as propriedades. Por isso esse estudo buscará estimar o ISA a partir do desenvolvimento de um modelo construído com base em dados do ISA já coletados, dados secundários, e a vocação agroflorestal e critério socioambiental calculados para o produto P3⁹. Atualmente a Fundação Renova com apoio da EMATER aplicou o ISA em 209 propriedades. Além disso o SENAR, em parceria com o SEBRAE-ES, aplicou o ISA em cerca de 200 propriedades na porção capixaba da bacia do rio Doce. Apesar de não serem representativos para toda bacia esses dados juntamente com outros dados secundários no nível do município (ex. Censo Rural e PAM) poderão fornecer a base para a calibração e validação de um modelo que buscará estimar o ISA em cada uma das propriedades na região. Além disso, buscaremos estabelecer os ganhos esperados no ISA a partir da implementação dos SAFs no contexto da restauração ambiental. Desse modo as ações poderão ser direcionadas para os produtores que terão o maior potencial de ganho ambiental e econômico.

⁹ A atividade proposta nesse subitem não está contida no plano de trabalho original, e tendo em vista as incertezas relativas à qualidade e representatividade dos dados do ISA, não é possível garantir que o modelo poderá se desenvolvido de forma exitosa.

5. AS EQUIPES E A DIVISÃO DO TRABALHO

A coordenação geral dos trabalhos de elaboração do Projeto de Definição de Critérios de Priorização de Áreas para Recuperação Ambiental na Bacia Do Rio Doce está a cargo dos professores Raoni Rajão (UFMG) e Silvio Bueno Pereira (UFV), e conta com especialistas distribuídos em duas equipes básicas formadas por professores e alunos de pós-graduação vinculados à Universidade Federal de Minas Gerais e à Universidade Federal de Viçosa.

A equipe supervisionada pelo professor Raoni Rajão (UFMG), compõe-se dos integrantes a seguir relacionados, vinculados, em sua maioria, à dimensão ambiental e socioeconômica.

- a) Prof. Raoni Guera Lucas Rajão
- b) Prof. Britaldo Soares-Filho
- c) Prof. Marcelo Azevedo Costa
- d) Prof. Sonia Ribeiro-Carvalho
- e) Prof. Adriana Monteiro
- f) Dr. Felipe Nunes
- g) Dr. Camilla Marcolino
- h) Dr. Leticia Lima
- i) Elaine Lopes
- j) Thomas Rickard
- k) Caroline Salomão
- l) William Leles

A equipe supervisionada pelo professor Silvio Bueno Pereira (UFV) compõe-se dos integrantes a seguir relacionados, vinculados, em sua maioria, à dimensão ambiental, hidrológica e socioeconômica.

- a) Prof. Silvio Bueno Pereira
- b) Prof. Demetrius David da Silva
- c) Prof. José Ambrósio Ferreira Neto
- d) Prof. Janderson Damaceno dos Reis

- e) Prof. Elpídio Inácio Fernandes Silva
- f) Prof. Sebastião Venâncio Martins
- g) Prof. Gleison Augusto Dos Santos
- h) Clívia Dias Coelho
- i) Felipe Bernardes Silva
- j) Arthur Telles Calegario
- k) Thais Helena Teixeira
- l) Mariane Paulina Batalha Roque
- m) Pedro Christo Brandão
- n) Manuelle Freitas Galvão

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG. *Cunjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*, v. 1, p. 1–50, 2016.
- AZEVEDO, A.A., RAJÃO, R., COSTA, M.A., STABILE, M.C., MACEDO, M.N., DOS REIS, T.N., ALENCAR, A., SOARES-FILHO, B.S. AND PACHECO, R. Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 29, p.7653-7658, 2017.
- BOROUSHAKI, S.; MALCZEWSKI, J. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers and Geosciences*, v. 34, n. 4, p. 399–410, 2008.
- BOROUSHAKI, S.; MALCZEWSKI, J. Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 34, n. 4, p. 322–332, 2010.
- BREMER, L. L.; FARLEY, K.A.; LOPEZ-CARR, D. What factors influence participation in payment for ecosystem services programs? An evaluation of Ecuador's SocioPáramo program. *Land Use Policy*, v. 36, p. 122–133, 2014.
- CALEGARIO, A. T.; PEREIRA, L. F.; PEREIRA, S. B.; ARAUJO, U. L. DE; SILVA, L. N. DE O.; FERNANDES FILHO, E. I. Capacidade de uso e manejo da terra em zonas de recarga I2017
- CBH – Doce. A Bacia. Disponível em: < <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>>. Acesso em 17 de março de 2018.
- CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME. Plano Integrado De Recursos Hídricos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Doce. v. I, p. 472, 2010.
- COSTA, M., MARGUTI, B., O., (ed.) Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros, Brasília : IPEA, 2015a
- COSTA, M., MARGUTI, B., O., (ed.) Atlas da vulnerabilidade social nas Regiões Metropolitanas Brasileiras, Brasília : IPEA, 2015b

- DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. DE. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 21, n. 4, p. 677–685, 2016.
- EASTMAN, J. R. *Guide to GIS and Image Processing*. Clark University: Worcester, MA, USA, v. 1, n. May, p. 87–131, 2009.
- FIGUEROA, F.; CARO-BORRERO, A.; REVOLLO-FERNÁNDEZ, D.; MERINO, L.; ALMEIDA-LEÑERO, L.; PARÉ, L.; ESPINOSA, D.; MAZARI-HIRIART, M. “I like to conserve the forest, but I also like the cash”: Socioeconomic factors influencing the motivation to be engaged in the Mexican Payment for Environmental Services Programme. *Journal of Forest Economics*, v. 22, p.36–51, 2016.
- KANGAS, J.; LESKINEN, P. Modelling ecological expertise for forest planning calculations-rationale, examples, and pitfalls. *Journal of Environmental Management*, v. 76, n. 2, p. 125–133, 2005.
- LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. *Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2015.
- LI, L.; SHI, Z. H.; YIN, W.; ZHU, D.; NG, S. L.; CAI, C. F.; LEI, A. L. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area, China. *Ecological Modelling*, v. 220, n. 23, p. 3439–3447, 2009.
- MACEDO, R. L. G. *Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais*. Lavras: UFLA / FAEPE, 2000.
- MCTIC, *Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU)*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e ONU Meio Ambiente, 2017.
- OSTROM, E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the national Academy of sciences*, v. 104, n. 39, p. 15181-15187, 2007.
- OSTROM, E. *Understanding institutional diversity*, Princeton University Press. 2005.

- PEREIRA, L. F.; CALEGARIO, A. T.; PEREIRA, S. B.; ARAÚJO, U. L. DE; SILVA, L. N. DE O.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização e mapeamento da degradação e intensidade de uso da terra exercida por pastagens. n. July, p. 0–3, 2017.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/>
- PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.
- QUINLAN, J.R., C4.5: Program for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, California, 1993.
- RAO, V.; WALTON, M. [eds.] Culture and public action. Stanford, US: World Bank, Stanford University Press. 2004.
- RIBEIRO-CARVALHO, S.; LOVETT, A. Associations between forest characteristics and socio-economic development: a case study from Portugal. Journal of environmental management, v. 90, n. 9, p. 2873-2881. 2009.
- RIO GRANDE DO SUL. Manual de conservação do solo. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1979.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.
- SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A. et al. Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. DA; HARVEY, C. et al. (Eds.). Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Washington: Island Press, 2004. p. 1-12.
- SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A., Cracking Brazil's Forest Code. Science (80-.). 344, 363–364, 2014.
- STICKLER, C.M., NEPSTAD, D.C., AZEVEDO, A.A., MCGRATH, D.G., Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 368, 2013.

- THANH, L. N.; SMEDT, F. DE. Application of an analytical hierarchical process approach for landslide susceptibility mapping in A Luoi district, Thua Thien Hue Province, Vietnam. *Environmental Earth Sciences*, v. 66, n. 7, p. 1739–1752, 2012.
- TREVISAN, A.C.D., SCHMITT-FILHO, A.L., FARLEY, J., FANTINI, A.C., LONGO, C.. Farmer perceptions, policy and reforestation in Santa Catarina, Brazil. *Ecol. Econ.* 130, 53–63, 2016.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. *Agriculture handbook no. 537*, n. 537, p. 285–291, 1978.
- YOUNG, A. *Agroforestry for soil conservation*. Wallingford: CAB International, 1991, 275p. (ICRAF Science and Practice of Agroforestry, n.4).