

Diego Raphael Alves e Santos

Mapeamento de Fragilidade
Socioambiental como sugestão para o
planejamento do Programa Bolsa Verde

XV Curso de Especialização em
Geoprocessamento - 2014



UFMG

Instituto de Geociências

Departamento de Cartografia

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha

DIEGO RAPHAEL ALVES E SANTOS

**MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE SOCIOAMBIENTAL COMO
SUGESTÃO PARA O PLANEJAMENTO DO PROGRAMA BOLSA
VERDE**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. –Ing. Plínio Temba

BELO HORIZONTE

2014

S237m
2014

Santos, Diego Raphael Alves e.

Mapeamento de fragilidade socioambiental como sugestão para o planejamento do Programa Bolsa Verde [manuscrito] / Diego Raphael Alves e Santos. – 2014.

40 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Plínio da Costa Temba.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2014.

Bibliografia: f. 38-40.

1. Bacias hidrográficas. 2. Geoprocessamento. I. Temba, Plínio da Costa. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 556.51:528



Curso de Especialização em Geoprocessamento

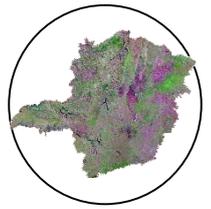
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**

Av. Antonio Carlos 6627,

Belo Horizonte, MG, 31.270-901

Tel: 55 31 3409-5416

www.csr.ufmg.br/geoprocessamento



**Mapeamento de Fragilidade Socioambiental como sugestão
para o planejamento do Programa Bolsa Verde**

Diego Raphael Alves e Santos

Monografia defendida em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento.

Aprovada em 11 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof(a). Plínio da Costa Temba – Orientador

UFMG

Prof(a). Marcos Antônio Timbó Elmiro

UFMG

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais.

Agradeço ESPECIALMENTE a minha mãe Dorinha, por toda sua dedicação e confiança em minha formação. Por estar comigo em todos os momentos.

A minha querida Paula, por seu apoio, incentivo e paciência nas circunstâncias de concentração.

A Dora e ao Marcos, pelas conversas sobre diversos temas que contribuíram direta e indiretamente para a construção desse trabalho.

Agradeço aos meus colegas de classe que participaram sempre de bons bate-papos em ocasiões de descontração e também nas de dificuldades com as matérias e exercícios.

Aos monitores Amanda e Eric que estiveram sempre atentos e dispostos a nos auxiliar e a compartilharem de seus conhecimentos.

Ao Professor Dr. Plinio Temba, pelo acompanhamento e orientação, sempre de forma muito tranquila e enriquecedora. Também ao Professor. Dr. Timbó Elmiro, pelas dicas e comentários.

Agradeço a todos os professores que dedicam grande parte de seu tempo à formação e à propagação de conhecimento.

RESUMO

Frente aos objetivos do desenvolvimento sustentável que apontam para a necessidade de um modelo de exploração responsável dos recursos naturais e ao surgimento dos programas de pagamento por serviços ambientais, o presente trabalho apresenta um argumento metodológico que estabelece cinco classes de fragilidade socioambiental, a fim de apontar regiões prioritárias para o recebimento dos benefícios do programa Bolsa Verde do Estado de Minas Gerais, como sugestão para a análise de propostas elaboradas pelos requerentes e para planejamento da distribuição dos recursos destinados aos possíveis beneficiários.

Palavras chave: Bacia Hidrográfica, Bolsa Verde, Fragilidade Ambiental, Fragilidade Socioambiental, Geoprocessamento.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| SUMÁRIO | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | viii |
| LISTA DE TABELAS..... | ix |
| LISTA DE SIGLAS..... | x |
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1 OBJETIVOS GERAIS | 12 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 13 |
| 3.1 O PROGRAMA BOLSA VERDE | 13 |
| 3.2 GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE AMBIENTAL..... | 16 |
| 3.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL..... | 17 |
| 4 METODOLOGIA..... | 19 |
| 4.1 OBTENÇÃO DE DADOS E MATERIAIS..... | 19 |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 19 |
| 4.3 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS E PROCESSAMENTO DOS DADOS | 22 |
| 4.4 EXECUÇÃO DA ÁLGEBRA DE MAPAS | 31 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 35 |
| 6 CONCLUSÃO E CRÍTICAS | 37 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização e divisão municipal das bacias hidrográficas..... | 21 |
| Figura 2 – Fluxograma de elaboração da parte prática do trabalho | 22 |
| Figura 3 – Mapas de Solos..... | 24 |
| Figura 4 – Mapas da Cobertura Vegetal/ Uso do Solo | 27 |
| Figura 5 – Mapas de Declividades..... | 28 |
| Figura 6 – Mapas de precipitação média anual..... | 29 |
| Figura 7 – Mapas do Componente Humano | 30 |
| Figura 8 – Mapas da Fragilidade Ambiental..... | 33 |
| Figura 9 – Mapas da Fragilidade Socioambiental..... | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Notas para Unidades de Mapeamento | 23 |
| Tabela 2 – Notas para Tipo de Cobertura Vegetal/Usado do Solo | 25 |
| Tabela 3 – Notas para Índices de Dissecação do Relevo..... | 25 |
| Tabela 4 – Notas para Precipitação..... | 26 |
| Tabela 5 – Notas para Componente Humano | 26 |
| Tabela 6 – Pesos utilizados para determinação da Fragilidade Ambiental | 32 |
| Tabela 7 – Quadro de áreas classificadas..... | 36 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|---|
| APP | – Área de Preservação Permanente |
| COPAM | – Conselho Estadual de Política Ambiental |
| CPB | – Câmara de Proteção a Biodiversidade |
| IEF | – Instituto Estadual de Florestas |
| IQA | – Índice de Qualidade das Águas |
| PSA | – Pagamento por Serviços Ambientais |
| SIG | – Sistema de Informações Geográficas |
| SIRGAS | – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |
| SRTM | – <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> |
| TIN | – <i>Triangular Irregular Network</i> |
| UFLA | – Universidade Federal de Lavras |
| UFV | – Universidade Federal de Viçosa |
| UPGRH | – Unidades Regionais de Planejamento de Recursos Hídricos |
| ZEE | – Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais |

1 INTRODUÇÃO

O acelerado ritmo da evolução populacional no planeta demanda o progresso humano e o modelo atual acaba por induzir prioritariamente o crescimento econômico, motivado principalmente pela revolução industrial, a partir do século XVIII e consequentes avanços tecnológicos, impulsionando fortemente e cada vez mais a exploração dos recursos disponíveis na natureza para a manutenção da qualidade de vida, produção de energia e acúmulo de capital. Por outro lado, diante do cenário desenvolvimentista surgem as primeiras preocupações ambientais e sobre a situação humana no planeta, registradas originalmente no “Relatório de Meadows”, publicado no ano de 1972.

A conscientização por parte da comunidade científica e da sociedade, assim como a evolução das preocupações com as questões ambientais resultaram na criação de um conceito sobre um modelo de desenvolvimento que fosse capaz de suportar o crescimento sem comprometer as condições futuras de sobrevivência.

De acordo com Vecchiatti (2004), não há possibilidade de que se estabeleçam condições sociais e ambientais satisfatórias de trabalho através dos moldes ditados pelo mercado, da forma como vem impondo as formas de crescimento. Segundo a autora, há que se conciliar o crescimento e o desenvolvimento econômico a uma forma responsável e sensível quanto aos aspectos sociais e ambientais, referindo-se a um tipo de crescimento benigno, o que representaria o desenvolvimento desejável. Guattari (1990) acredita que o meio ambiente, as relações sociais e as de subjetividade humana, representam registros ecológicos que, articulados, podem contribuir para alcançar resultados positivos que envolvem o desenvolvimento desejável.

Para Vecchiatti (2004), nas décadas posteriores aos anos 70, houve a inserção do conceito de meio ambiente em pesquisas e políticas públicas, como exemplo a introdução de programas de gerenciamento de micro bacias hidrográficas nos estados brasileiros. De acordo com Sachs (2001) para que se tenha eficiência na implantação e funcionamento em nível territorial, políticas públicas requerem capacidade cultural local que tenha capacidade de projetar o que se deseja como resultado.

No contexto da preservação ambiental aliada ao desenvolvimento de políticas públicas, surgem em diversas regiões do mundo, como alternativas viáveis, as políticas de Pagamentos por Serviços Ambientais - PSA, que podem ser estabelecidos tanto pelo poder público quanto por iniciativa da própria sociedade civil. As leis de criação dos instrumentos de PSA variam, porém predominam o orçamento público e os fundos estaduais como fomentadores dos recursos.

Dentre os conceitos utilizados, Wunder (2005) defende que o PSA trata-se de uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido é comprado de um provedor, sob a condição de que o provedor garanta a provisão deste serviço.

No Brasil, além de programas federais, diversos estados criaram leis e projetos de leis, fundamentados a partir dos PSA, como instrumentos de incentivo à preservação e recuperação ambiental. No estado de Minas Gerais foi criado o Programa Bolsa Verde.

Diante deste cenário, o presente trabalho propõe uma discussão em torno do assunto utilizando ferramentas de geoprocessamento aliadas ao método de determinação da Fragilidade Ambiental com a incorporação de um indicador social, pretendendo sugerir um modelo metodológico no para o planejamento da distribuição dos recursos do programa Bolsa Verde.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é aplicar ferramentas de Geoprocessamento e metodologia de análise de fragilidade socioambiental para o mapeamento e sugestão de determinação áreas prioritárias para o recebimento de pagamento por serviços ambientais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sugerir uma metodologia para identificação da fragilidade ambiental;
- Apontar dentro de duas bacias hidrográficas as classes de fragilidade socioambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O PROGRAMA BOLSA VERDE

O programa Bolsa Verde tem origem no decreto publicado em abril de 2007, como Projeto de Lei nº 952/2007. Trata-se de um programa assistencial que fornece incentivo financeiro aos proprietários de terras urbanas ou rurais, situadas no Estado de Minas Gerais, que se comprometessem a identificar, catalogar e preservar suas nascentes.

Da Comissão de Fiscalização Financeira e Orçamentária, houve a afirmação de que o Projeto representou avanço ao reconhecer o agricultor quanto a seu papel de agente que exerce trabalho de proteção à biodiversidade e as águas. Porque que é um bem de domínio público e recurso limitado e dotado de valor econômico.

O relator da Comissão de Meio Ambiente e Recursos Naturais, ampliou a ideia e estendeu os benefícios também a preservação da biodiversidade.

Por se tratar de um programa de alta relevância ambiental para o Estado de Minas Gerais e para o país, a Comissão de Constituição e Justiça salientou, que cuidar do meio ambiente é atribuição do Poder Público e da sociedade. A partir das restrições quanto à supressão de área destinada à Reserva Legal, a Comissão entendeu também que o aproveitamento da capacidade produtiva da terra fica reduzido, dessa forma gerando ônus ao produtor, já que este fica impossibilitado de aproveitar o potencial econômico de toda área de sua

propriedade. O parecer dessa Comissão ressaltou ainda que a lei florestal de Minas Gerais determina ao poder público que sejam criadas normas de apoio e incentivos fiscais e especiais ao proprietário rural. Essa interpretação levou a conclusão que o projeto apresentou juridicidade, constitucionalidade e legalidade.

A concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, se estabelece como Lei 17.727/2008, sob a denominação de Bolsa Verde.

Em Junho de 2009 o governo do Estado de Minas Gerais regulamentou através do decreto 45.113, as normas do Programa Bolsa Verde. Ficaram estabelecidas como categorias prioritárias para o recebimento do benefício, sendo elas respectivamente:

- *os agricultores familiares, de acordo com a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006;*
- *os produtores rurais ou posseiros de propriedades com área limite de 4 módulos fiscais;*
- *produtores rurais com propriedades localizadas no interior de Unidades de Conservação de categorias de manejo sujeitas à desapropriação e em situação de pendência na regularização;*
- *proprietários de áreas urbanas que preservem que preservem áreas necessárias à proteção das formações ciliares, à recarga de aquíferos, à proteção da biodiversidade e ecossistemas especialmente sensíveis, conforme critérios a serem estabelecidos pelo Comitê Executivo do Bolsa Verde.*

A diante, em seu Art. 3º, o decreto dispõe sobre como deve ser obedecida a gradação de valores, em ordem crescente, quanto às áreas necessárias à proteção dos recursos naturais, remetendo-se ao Art. 1º. Para tanto, considera as áreas que necessitam se regularizar quanto à Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente - APP'S - áreas preservadas ou conservadas no limite ou acima desse, previsto pela legislação.

Além do incentivo pecuniário, os proprietários ou posseiros, poderão receber também os insumos necessários à recuperação florestal das áreas destinadas à Reserva Legal, de acordo com seu enquadramento dentro das modalidades, o que deve ser estabelecido pelo Comitê Executivo do Bolsa Verde.

As fontes para o pagamento do auxílio financeiro, de acordo com o Art. 5º da lei 17.727/2008, ou lei da Bolsa Verde são:

I - de consignação na Lei Orçamentária Anual e de créditos adicionais;

II - de 10% (dez por cento) dos recursos do Fundo de Recuperação, Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais - FHIDRO;

III- da conta Recursos Especiais a Aplicar, conforme o art. 50 da Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002;

IV - da compensação pela utilização dos recursos naturais, conforme o art. 36 da Lei nº 14.309, de 2002;

V - de convênios celebrados pelo Poder Executivo com agências de bacias hidrográficas ou entidades a elas equiparadas e com órgãos e entidades da União e dos Municípios;

VI - de doações, contribuições ou legados de pessoas físicas e jurídicas, públicas ou privadas, nacionais ou estrangeiras;

VII - de 50% (cinquenta por cento) dos recursos arrecadados com a cobrança de multa administrativa por infração à Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002;

VIII - de dotações de recursos de outras origens.

As solicitações devem apresentar propostas técnicas, com formato definido pelo Comitê Executivo da Bolsa Verde, que em uma de suas atribuições, fica responsável pela definição de critérios e prioridade para análise das demandas, sendo a aprovação das propostas de responsabilidade da Câmara de Proteção à Biodiversidade – CPB do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. As propostas podem ser encaminhadas individualmente ou em grupo de requerentes de uma mesma bacia hidrográfica. O Instituto Estadual de Florestas – IEF fica incumbido pela operacionalização, atuando como Secretaria Executiva do Programa.

Entende-se que a definição dos critérios para análise das demandas deve ser fundamentada com base em metodologia científica que seja capaz de apoiar a classificação das prioridades. Para tanto, a utilização das ferramentas do geoprocessamento e análise ambiental poderá

auxiliar na criação de um modelo de avaliação das propostas apresentadas ao governo do estado para a inscrição no programa Bolsa Verde.

3.2 GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE AMBIENTAL

O geoprocessamento pode ser entendido como uma tecnologia para o estudo de fenômenos ambientais, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas, tratando o espaço como uma linguagem comum entre elas (Câmara e Silva, 2001). Se refere a utilização de técnicas computacionais associadas a métodos capazes de tornarem conhecidas as coordenadas de uma determinada superfície sob a representação gráfica em forma de imagem, mapa ou base de dados geográficos num determinado sistema de referência, que gera informações para auxílio nas análises e sínteses para o planejamento ambiental (SILVA 2009).

De acordo com Moura (2003), os SIG - Sistemas de Informações Geográficas, que são os sistemas computacionais que trabalham com dados referenciados espacialmente sobre sua localização na superfície terrestre e que suportam as aplicações de geoprocessamento, têm sido difundidos para auxílio na definição de componentes socioeconômicos, permitindo análises qualitativas e de ordem física, como forma de apoio ao planejamento das intervenções.

Para Silva (1992), o geoprocessamento refere-se ao tratamento dos problemas ambientais como a fragilidade ambiental de ambientes naturais e antropizados, com a finalidade de contribuir para a compreensão de tais ao longo do tempo, ou seja, acompanhar a evolução dos problemas colocados em questão, considerando as relações de espaço dos fenômenos analisados.

Segundo Moura (2005), os processos de análise quando não somente tratados no aspecto conceitual, diante de uma abordagem científica são considerados sistêmicos, já que apresentam interações de uma complexa rede de variáveis. Assim, a aproximação entre conceito e realidade, é um dos principais ganhos quando se têm metodologias do geoprocessamento aplicadas às ciências espaciais. Para a autora, é possível adquirir

conhecimento a respeito da realidade de certa área, estabelecendo as variáveis, suas características e as inter-relações entre esse conjunto, com auxílio de processos incorporados pelo geoprocessamento, que possibilitam aplicações de modelos matemáticos e de interação, dentre outros, e através da ponderação dos componentes, otimizando informação espacial e contribuindo para a interpretação e análise dessa realidade. Nesse contexto, Moura (2005) considera que o monitoramento das alterações no tempo e no espaço e a interferência por elas ocasionadas, constituem a gestão ambiental e o estudo dos cenários que compõem a área em análise geram aporte para ações mais precisas no meio sócio-espacial.

3.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL

De acordo com Morato (2003), o conceito de Fragilidade Ambiental refere-se ao risco, perigo ou possibilidade de perda dos elementos do meio ambiente que passíveis de destruição, sejam eles os seres vivos ou não. A Fragilidade Ambiental está relacionada a uma complexa e dinâmica interação ordenada de elementos que compõem a natureza que são considerados para alguns autores como unidades eco dinâmicas.

Para Ross (1996), é tendência no Brasil que os estudos voltados para a geomorfologia aplicada estão diretamente relacionados aos estudos ambientais. Segundo o autor, as proposições de Tricart (1997) ocorrem de forma a enriquecer os estudos do meio ambiente, diante da análise da paisagem, a partir de seu comportamento dinâmico, identificando unidades de paisagem, o que denomina unidades eco dinâmicas.

Tricart (1977) considera que a caracterização das unidades eco dinâmicas ocorre de acordo com as repercussões e seu grau imperativo sobre a biota representa uma variável em função de uma dinâmica específica do meio ambiente. No meio ambiente, as relações mútuas e fluxos de energia/matéria compõem o conceito de ecossistema, por sua vez integrado ao conceito de unidades ecodinâmicas. Ainda de acordo com o autor, os ambientes naturais são classificados como Estáveis, Integrados e Instáveis. Os meios estáveis são aqueles em que os processos formadores dos solos os tornam mais espessos e que apresentam horizontes com melhor definição, predominando portanto a pedogênese, sendo um processo que requer longo tempo para sua evolução. Os meios integrados são aqueles em estabelecem a transição

entre os meios estáveis e os instáveis. Por último, os meios instáveis apresentam-se com a predominância dos solos mais rasos, onde ocorrem com maior intensidade os processos formadores do relevo, bem como os processos erosivos, eliminando as condições para o desenvolvimento da pedogênese, prevalecendo então a morfogênese.

Para Neto (2013) um mapa síntese de fragilidade ambiental para a compreensão das fragilidades e potencialidades ambientais é proposto por Ross (1994), sendo composto por diversas variáveis que formam produtos cartográficos distintos, estabelecendo dessa forma a partir dos conceitos propostos por Tricart (1997) metodologia denominada Análise Empírica de Fragilidade Ambiental.

Segundo Ross (1996), em áreas com grandes dimensões, haverá a necessidade trabalhar com escalas reduzidas, o que obrigatoriamente elevará o grau de generalização das informações.

No cenário como o das bacias hidrográficas com grandes áreas segundo o conceito de Ross (1996), o ideal é a utilização do índice de dissecação do relevo, que se refere à intensidade de rugosidade topográfica, indicador de primeira grandeza sobre a fragilidade potencial do ambiente natural. Para o completo trabalho de hierarquização dos índices de dissecação do relevo, o autor sugere a utilização de dados morfométricos de dimensão fluvial x grau de entalhamento dos canais e as classes de declividades médias locais. Além do índice de dissecação do relevo, as variáveis, graus de fragilidade e erodibilidade dos solos, graus de proteção da cobertura vegetal e clima, devem contemplar a análise da fragilidade ambiental.

De acordo com a área de estudo e a necessidade de cada pesquisador, diversas formas de abordagem ecodinâmicas de Tricart podem ser operacionalizadas, a fim de adaptá-las à sua realidade (Neto 2013).

O desequilíbrio dinâmico de um sistema geoambiental, quando decorrente de ações antrópicas e fatores naturais dos meios instáveis, que alteram o ambiente em curto espaço de tempo, dizem respeito à fragilidade emergente. O resultado do cruzamento dos dados que representam a síntese das informações referentes aos meios estáveis, que compõem a fragilidade potencial com os dados da fragilidade emergente resultam no Produto Fragilidade Ambiental (ROSS, 1994).

4 METODOLOGIA

4.1 OBTENÇÃO DE DADOS E MATERIAIS

Os dados e informações sobre declividade estão disponíveis para livre acesso e foram obtidos no site do Projeto Topodata - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, que após refinamento dos arquivos SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), fornecem os arquivos MDE - Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30m. Os dados e informações sobre solos foram os arquivos em formato shapefile (.shp) disponibilizados e extraídos do site da UFV - Universidade Federal de Viçosa, através do portal GeoMinas, com escala de 1:1.000.000, assim como os dados e informações sobre a cobertura vegetal, disponibilizados pela UFLA - Universidade Federal de Lavras, obtidos através do ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais, a partir do Inventário Florestal de 2009, com escala de 1:250.000. O shapefile com a divisão das unidades de planejamento de recursos hídricos de Minas Gerais foi baixado pelo site do ZEE em escala de 1:1000.000. No mesmo site também obteve-se o arquivo com as informações sobre as médias de precipitação no estado de Minas Gerais e o arquivo resultado dos dados do componente humano no Estado.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram definidas para a elaboração dos mapas de Fragilidade, a bacia hidrográfica do rio Piracicaba localizada e a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí.

A bacia do rio Piracicaba se localiza na Bacia do Rio Doce, por sua vez localizada na mesoregião Metropolitana de Belo Horizonte, e abrange 20 municípios, que são: Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São

Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo e Timóteo. Sua área de drenagem totaliza 570.600ha. Em decorrência das atividades econômicas localizadas dentro de seus limites, a bacia recebe impactos ambientais negativos de alto grau, causados principalmente pela Siderurgia, Mineração de Ferro e Celulose, ocorrendo alta concentração urbana e elevada densidade de reflorestamentos por monocultura de eucalipto. A média anual no ano de 2005 classificou o IQA – Índice de Qualidade das Águas como médio em todas as estações de amostragem.

Localizada na mesorregião do Vale do Jequitinhonha com área de drenagem que totaliza 1627300ha, a bacia do rio Araçuaí abrange os municípios de: Angelândia, Araçuaí, Aricanduva, Berilo, Capelinha, Carbonita, Chapada do Norte, Coluna, Felício dos Santos, Francisco Badaró, Itamarandiba, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Ladainha, Leme do Prado, Malacacheta, Minas Novas, Novo Cruzeiro, Rio Vermelho, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Setubinha, Turmalina, Veredinha, Virgem da Lapa, totalizando 25 sedes municipais. O IQA do ano de 2005 foi classificado como bom para todas as amostras coletadas.

A figura 1 representa a localização e a divisão municipal das bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais.

A figura 2 ilustra o processamento das informações para a elaboração da parte prática do trabalho.

Figura 1 – Localização e divisão municipal das bacias hidrográficas

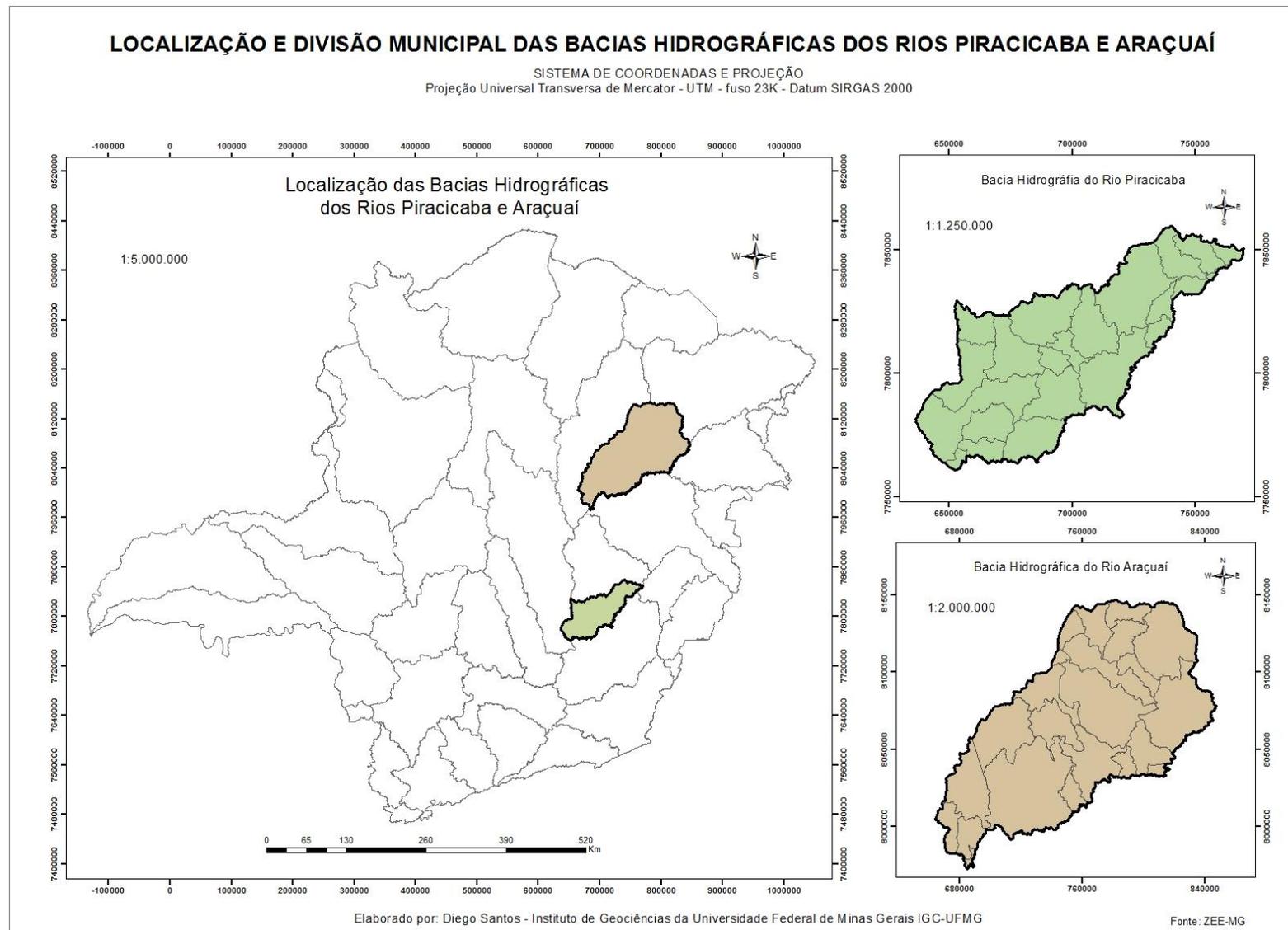
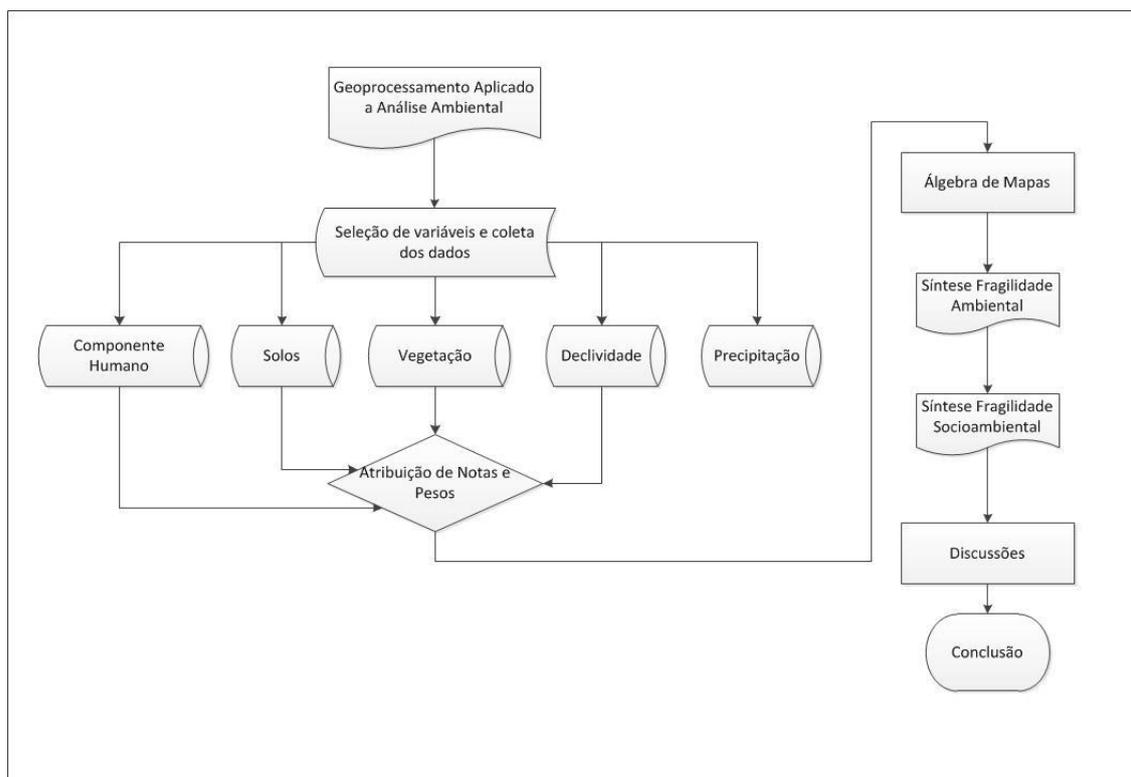


Figura 2 – Fluxograma de elaboração da parte prática do trabalho



4.3 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para o presente trabalho foram definidas duas bacias hidrográficas em diferentes regiões do estado de Minas Gerais, sendo uma delas a bacia do Rio Araçuaí, localizada em região historicamente castigada por severos períodos secos e a outra, a Bacia do Rio Piracicaba, localizada em uma região com maior intensidade pluviométrica.

A seleção das variáveis para elaboração do mapa de fragilidade ambiental foi adaptada a partir de modelo proposto por Ross (1996) em que estabelece a hierarquia de acordo com maior ou menor grau de fragilidade das unidades ecodinâmicas.

Na representação do grau de fragilidade de cada variável para a elaboração do mapa síntese, optou-se por trabalhar em todas elas, com escala que varia entre 1 e 5, em que o grau de fragilidade é inversamente proporcional à nota que uma classe de uma das variáveis recebe. Foi elaborado um mapa temático individual para cada uma das variáveis selecionadas.

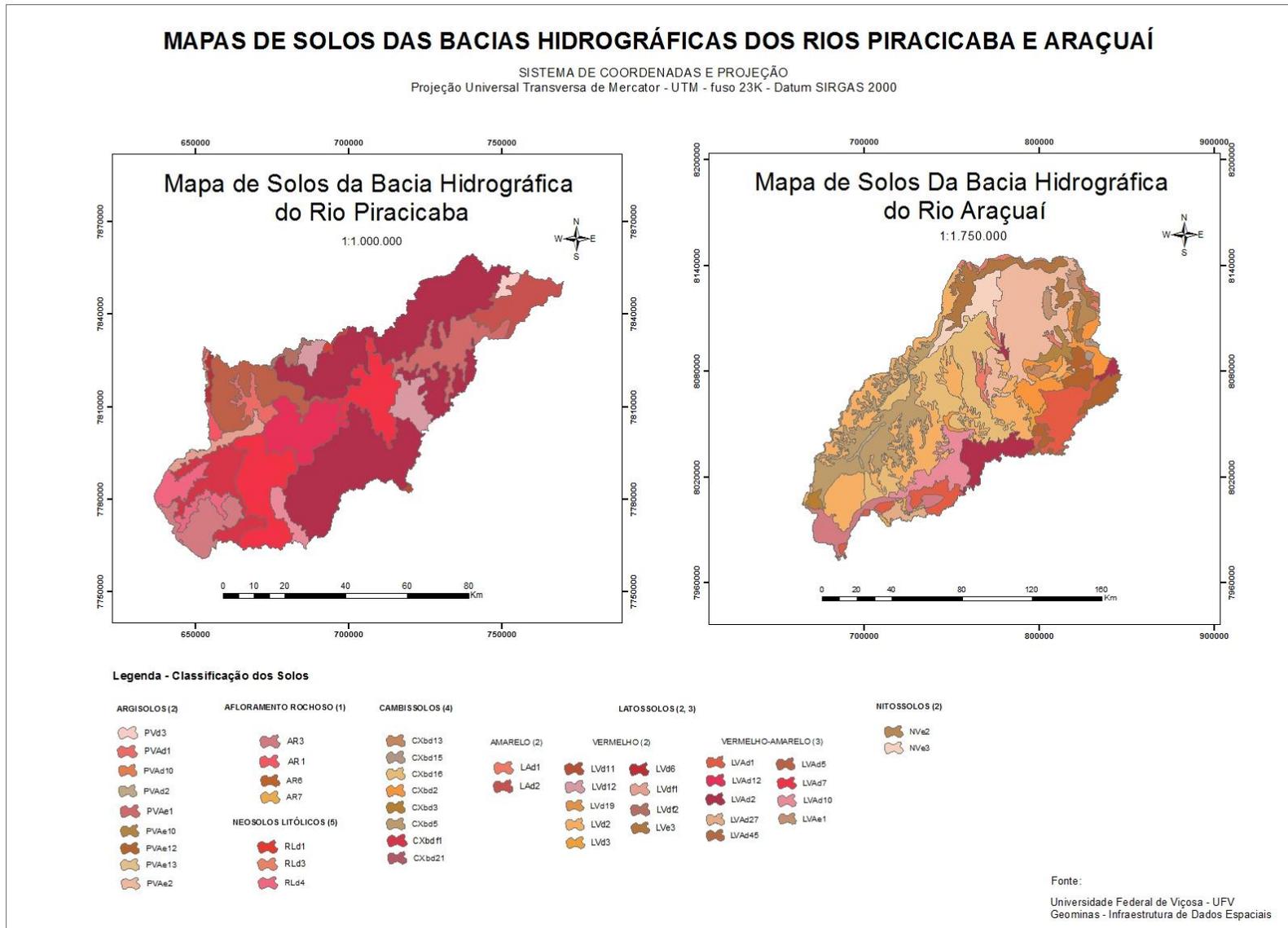
Para o mapa de solos, foi adaptado o critério proposto por Ross (1996), realizando o agrupamento dos tipos de solos em classes e atribuindo a cada uma delas a notas de acordo com seu grau de fragilidade, conforme tabela 1. Os mapas de solos de cada bacia estão representados pela figura 3.

Tabela 1 – Notas para Unidades de Mapeamento

| Nota | Grau de Fragilidade | Unidades de Mapeamento Embrapa | Tipo de Solo |
|-------|---------------------|--------------------------------|--------------|
| 1 | Muito Baixa | Afloramentos Rochosos | AR1 |
| | | | AR3 |
| | | | AR6 |
| | | | AR7 |
| 2 | Baixa | Argisolos | PVd3 |
| | | | PVAd1 |
| | | | PVAd10 |
| | | | PVAd2 |
| | | | PVAe1 |
| | | | PVAe10 |
| | | | PVAe12 |
| | | | PVAe13 |
| | | | PVAe12 |
| | | Nitosolos | NVe2 |
| | | | NVe2 |
| | | Latosolos Amarelo | LAd1 |
| | | | LAd2 |
| | | Latosolos Vermelho | LVd11 |
| | | | LVd12 |
| | | | LVd19 |
| | | | LVd2 |
| | | | LVd3 |
| | | | LVd6 |
| LVdf1 | | | |
| LVdf2 | | | |
| LVe3 | | | |
| 3 | Média | Latosolos Vermelho-Amarelo | LVAAd1 |
| | | | LVAAd12 |
| | | | LVAAd2 |
| | | | LVAAd27 |
| | | | LVAAd45 |
| | | | LVAAd5 |
| | | | LVAAd7 |
| | | | LVAAd10 |
| LVAe1 | | | |
| 4 | Forte | Cambissolos | CXbd13 |
| | | | CXbd15 |
| | | | CXbd16 |
| | | | CXbd2 |
| | | | CXbd3 |
| | | | CXbd5 |
| | | | CXbd21 |
| | | | CXbdf1 |
| 5 | Muito Forte | Neossolo Litólico | RLd1 |
| | | | RLd3 |
| | | | RLd4 |

Fonte: Adaptado de Ross (1994) e Embrapa (2010)

Figura 3 – Mapas de Solos



Conforme figura 4 é possível observar a distribuição da cobertura vegetal/uso do solo nas bacias do Rio Piracicaba e do Rio Araçuaí. As notas que cada tipo de cobertura/uso do solo receberam são informadas na tabela 2 e obedeceram a classificação proposta por Ross (1996).

Tabela 2 - Notas, para Tipo de Cobertura Vegetal/Usado do Solo

| Nota | Grau de Fragilidade | Tipo de Cobertura Vegetal/Usado da Terra |
|------|---------------------|--|
| 1 | Muito Baixa | Água |
| | | Floresta Estacional Semidecidual Montana |
| | | Floresta Estacional Semidecidual Sub Montana |
| | | Floresta Estacional Decidual Sub Montana |
| | | Floresta Estacional Decidual Montana |
| 2 | Baixa | Campo Cerrado |
| | | Campo |
| | | Cerrado |
| | | Vereda |
| 3 | Média | Sem classificação |
| | | Pinus |
| 4 | Alta | Eucalipto |
| 5 | Muito Alta | Urbanização |

Fonte: Adaptado de Ross (1996) e ZEE-MG, 2014

De acordo com Ross (1996), os mapas de “Declividades”, ilustrado pela figura 5, foram gerados em concordância com os Índices de Dissecção do Relevo representados na tabela 3.

Tabela 3 – Notas para Índices de Dissecção do Relevo

| Nota | Grau de Dissecção | Tipos de Morfologia e Morfometria |
|------|-------------------|--|
| 1 | Muito Fraca | Declividades até 5% |
| 2 | Fraca | Declividades oscilando entre 5% e 10% |
| 3 | Média | Declividades oscilando entre 10% e 20% |
| 4 | Forte | Declividades entre 20% e 30% |
| 5 | Muito Forte | Declividades acima de 30% |

Fonte: Adaptado de Ross (1996)

As notas e a distribuição das precipitações para cada região podem ser visualizadas pela tabela 4 e figura 6.

Considerando-se a importância do desenvolvimento sustentável e levando-se em conta a melhoria da qualidade de vida e o atendimento às necessidades humanas, do que trata a variável Componente Humano, segundo o ZEE, junto à justiça social, emprego e renda, acesso aos serviços sociais básicos voltados à construção da cidadania e redução da pobreza,

foi incorporado à essa metodologia, o Componente Humano, que recebe notas inversas à condição que varia entre muito precária e muito favorável, representado adiante, através da tabela 5 e figura 7.

Tabela 4 – Notas para Precipitação

| Nota | Grau de Fragilidade | Precipitação (mm) |
|-------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | Muito Fraca | 733 - 847 |
| 1 | Fraca | 848 - 962 |
| 2 | Fraca | 963 - 1076 |
| 3 | Média | 1077 - 1190 |
| 4 | Forte | 1191 - 1305 |
| 5 | Muito Forte | 1306 - 1419 |
| 5 | Muito Forte | 1420 - 1533 |

Tabela 5 – Notas para Componente Humano

| Nota | Grau de Fragilidade | Componente Humano |
|-------------|----------------------------|--------------------------|
| 5 | Muito Alto | Muito precário |
| 4 | Alto | Precário |
| 3 | Médio | Pouco Favorável |
| 2 | Baixo | Favorável |
| 1 | Muito Baixo | Muito Favorável |

Figura 4 – Mapas da Cobertura Vegetal/Usos do Solo

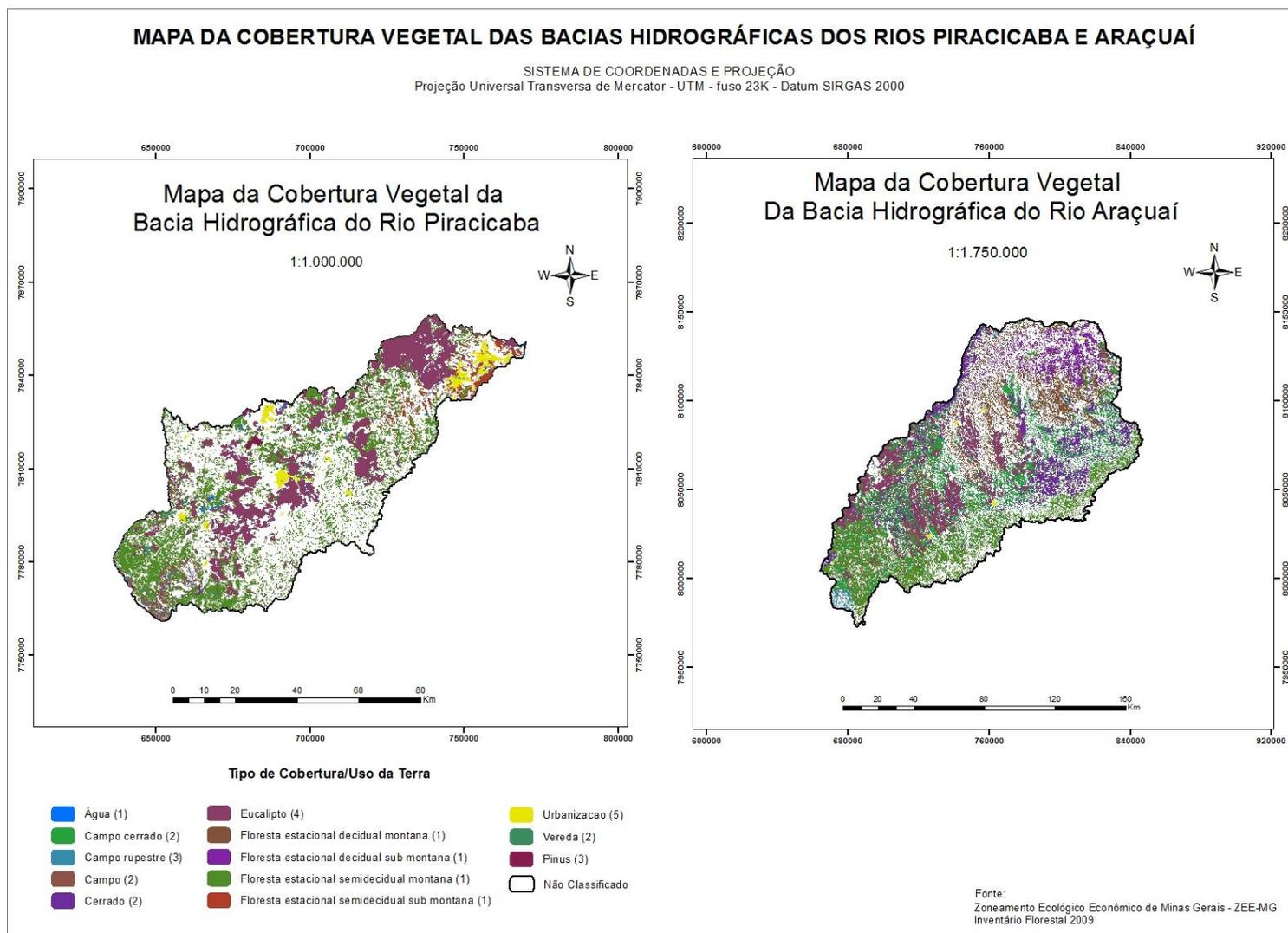


Figura 5 – Mapas de Declividades

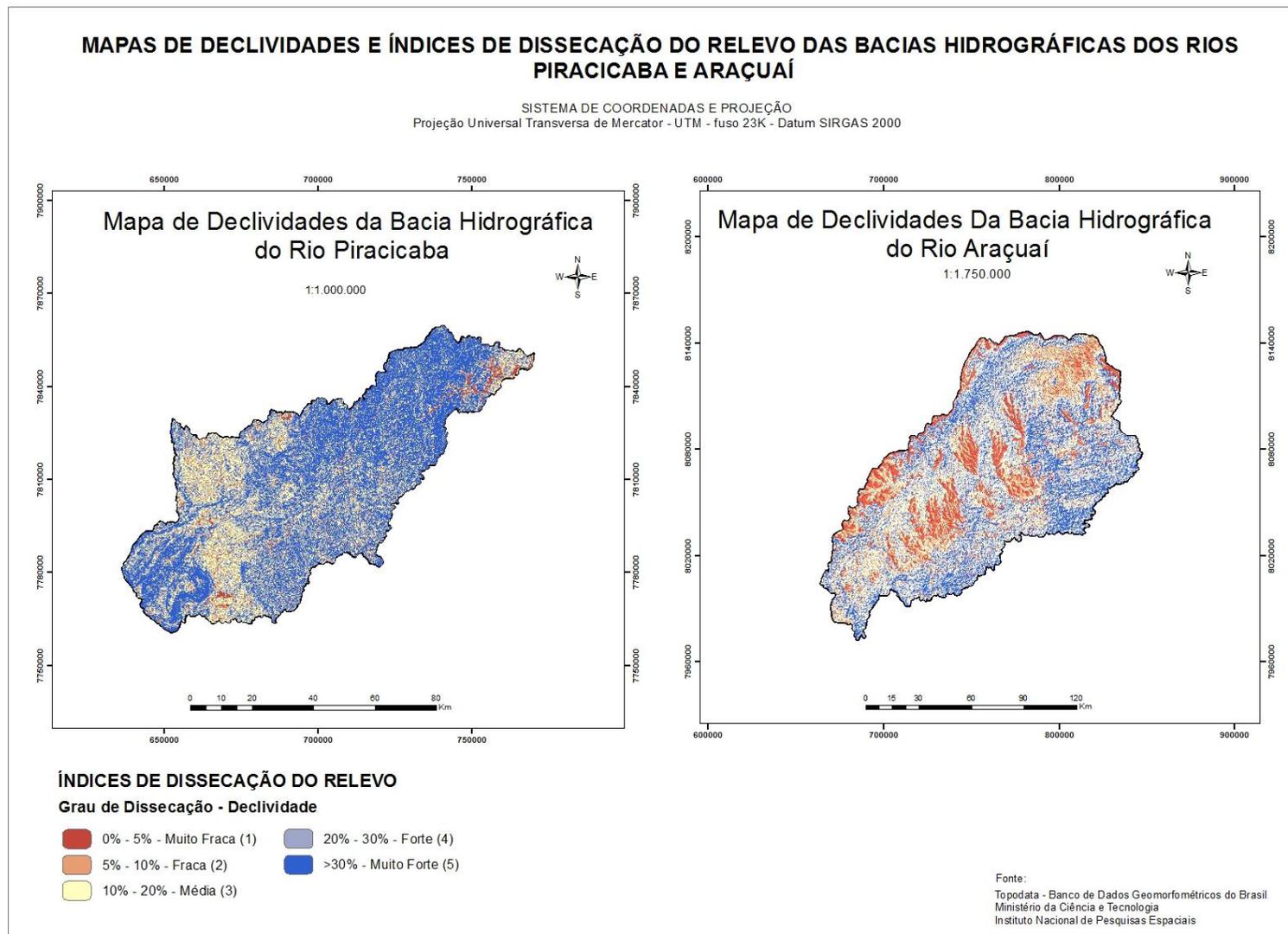


Figura 6 – Mapas da precipitação média anual

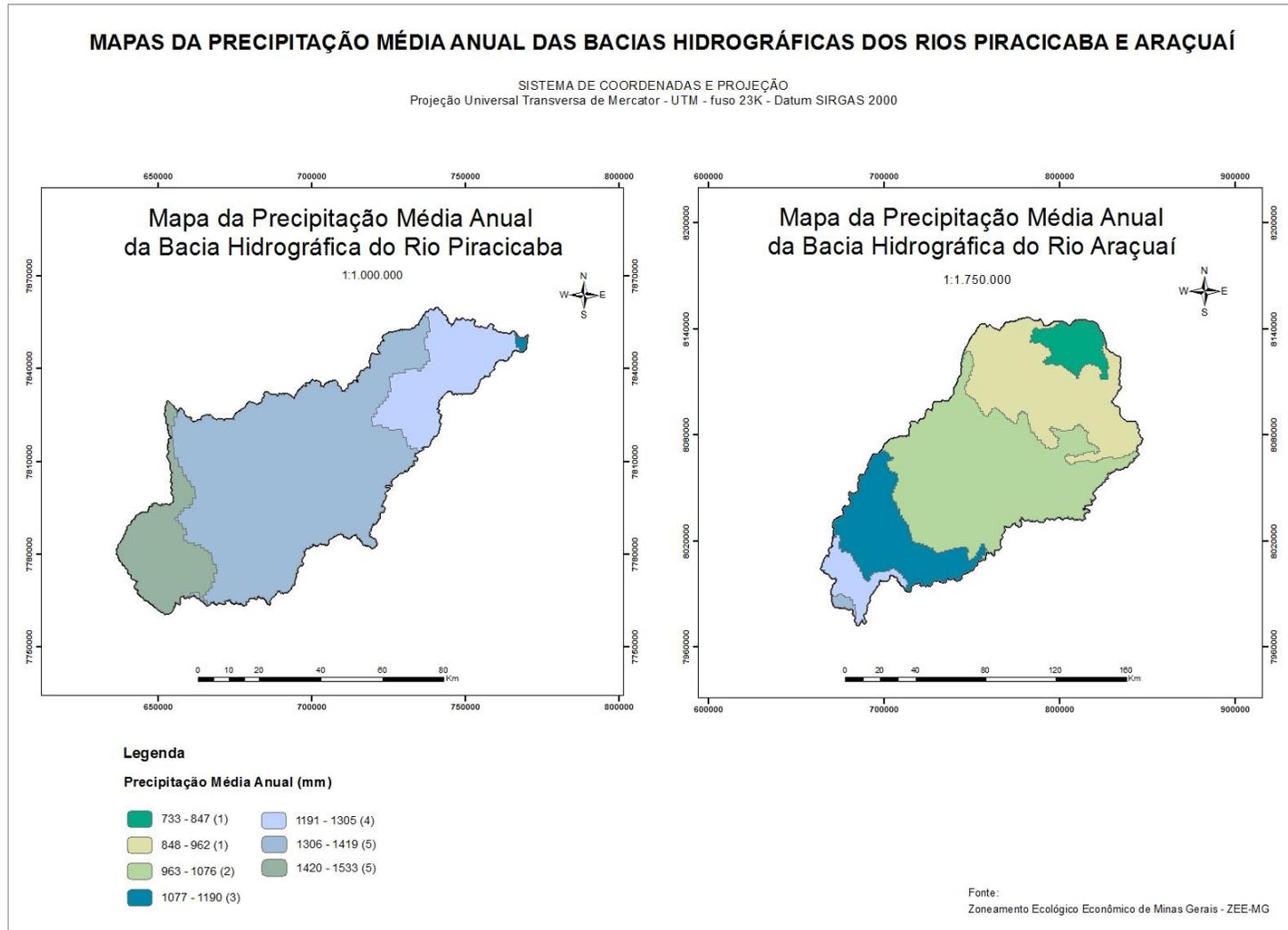
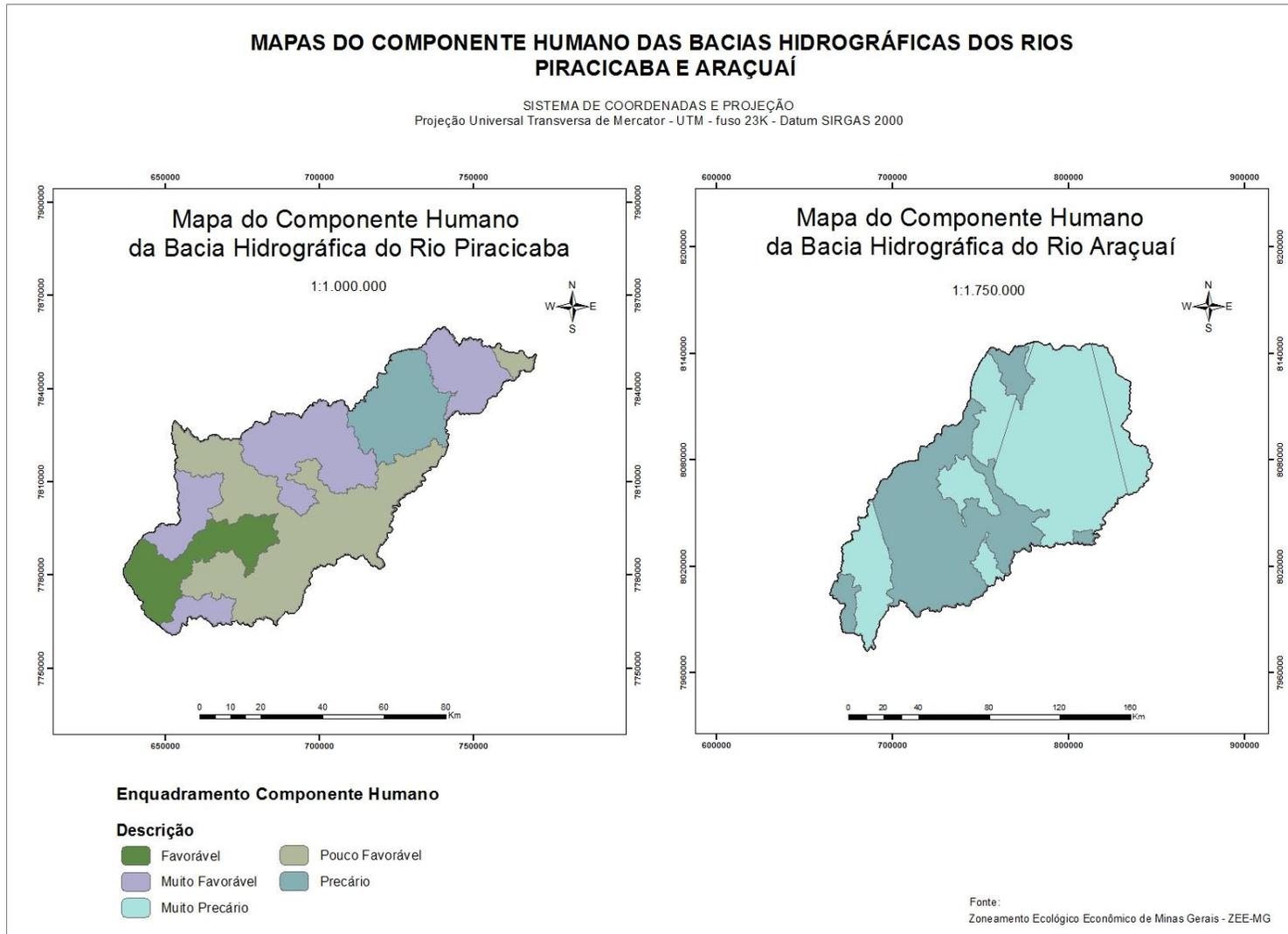


Figura 7 – Mapas do Componente Humano



O software ArcMap 10 (ArcGIS) foi utilizado para processamento e organização dos dados. Os arquivos de todas as variáveis utilizadas foram convertidos para o mesmo sistema de projeção cartográfica (SIRGAS 2000). Foi executado o corte utilizando a ferramenta “*clip*” de todos os arquivos para o enquadramento dentro dos limites das bacias de cada um dos temas. Os mapas de solos e vegetação foram gerados a partir de arquivos no formato shapefile (.shp). O mapa de declividades foi gerado a partir da criação de um mosaico de imagens “*topodata*” e posterior aplicação do método TIN - Triangular Irregular Network, com a reclassificação das classes de declividade, a fim de atender ao critério de Ross (1994) e atribuição das notas.

4.4 EXECUÇÃO DA ÁLGEBRA DE MAPAS

Todos os dados em formato shapefile foram convertidos para arquivos de imagem, do tipo “*raster*” adotando resolução espacial de 30 metros de acordo com a precisão cartográfica da imagem “*topodata*” utilizada para a elaboração do mapa de declividades. Após a conversão para arquivos “*raster*”, os dados foram reclassificados através da ponderação das variáveis com atribuição das notas definidas para cada uma delas utilizando a função denominada “*reclassify*” no software ArcMap 10, de acordo com o modelo proposto por Ross (1996), e posterior cruzamento dos dados no procedimento de álgebra de mapas utilizando equação de soma.

A definição dos pesos adaptou os resultados da aplicação de análise multicritérios elaborada por Silva (2010), em seu trabalho de identificação de Fragilidades Ambientais na bacia do ribeirão São Bartolomeu, pelo método do Ordenamento dos Critérios que apresentou resultados que indicaram a ordem de importância das variáveis sendo Vegetação/Usos do Solo > Declividade > Precipitação > Tipo de Solo. A tabela 5 mostra a distribuição dos pesos para adaptação da escala diferencial semântica de Silva (2010).

Tabela 6 – Pesos para determinação da Fragilidade Ambiental

| Variável | Peso | Porcentagem (%) |
|------------------------|------|-----------------|
| Vegetação/Usos do Solo | 0,39 | 39 |
| Declividade | 0,25 | 25 |
| Solo | 0,16 | 16 |
| Precipitação | 0,20 | 20 |

Fonte: Adaptado de Silva (2010)

Para a produção dos mapas da Fragilidade Ambiental, elaborou-se primeiramente para cada bacia, o produto do cruzamento dos dados de dissecação do relevo x dados do solo x dados de precipitação, ligados à Fragilidade Potencial, em que se considera apenas os aspectos naturais, e dos dados da Fragilidade Emergente, representados pelo Mapa de Vegetação/Cobertura Vegetal. A figura 8 ilustra a síntese da Fragilidade Ambiental.

Por fim, adaptou-se ao modelo de Fragilidade Ambiental de Ross (1996) o Componente Humano, realizando o cruzamento das informações contidas em ambos. Tal variável foi considerada de maior importância em relação ao produto da Fragilidade Ambiental por entender que a equação visa atender a necessidade de se combater a desigualdade social, representada também pelos resultados do Componente Humano do ZEE, tomando porém, o cuidado de não tirar o foco da realidade analisada. Assim, a equação para a produção do mapa de Fragilidade Sócio Ambiental, estabeleceu pesos diferentes para a equação e cruzamento dos dados, sendo o do Componente Humano = 60% e o da Fragilidade Ambiental = 40%. O resultado desse último processo é o Mapa de Fragilidade Sócio Ambiental, representado pela figura 9.

Figura 8 – Mapas da Fragilidade Ambiental

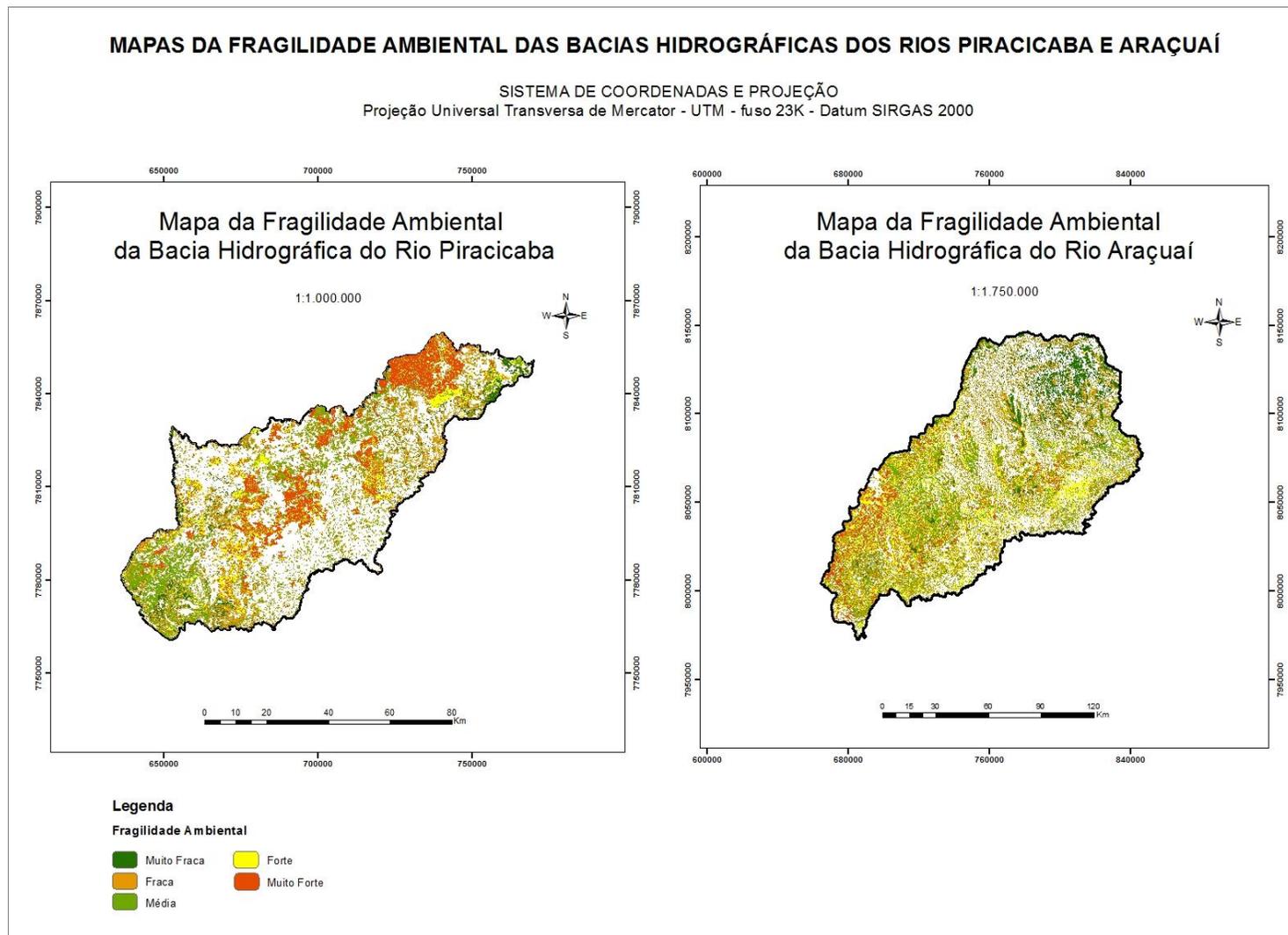
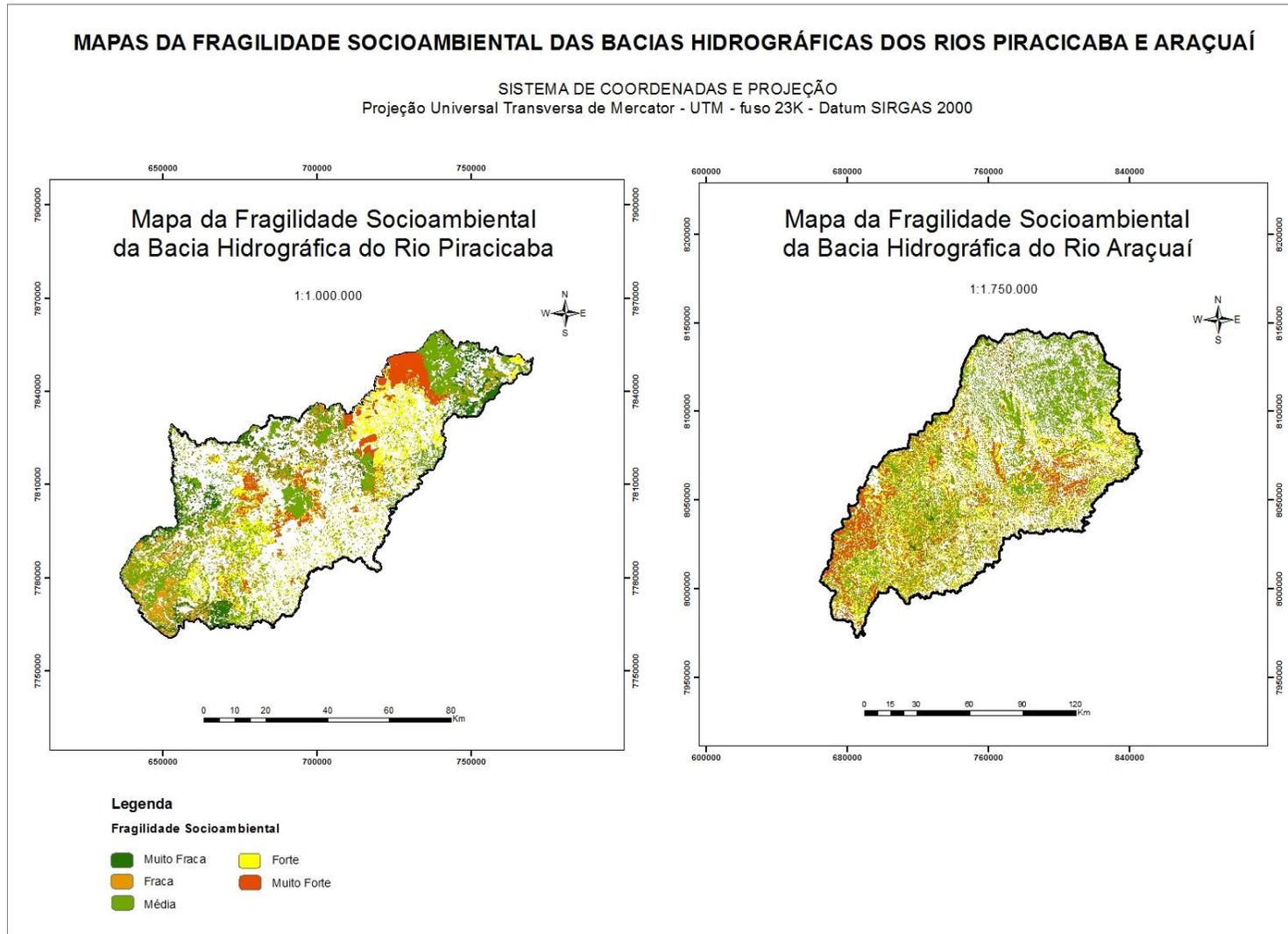


Figura 9 – Mapas da Fragilidade Socioambiental



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa síntese de fragilidade ambiental, para as duas bacias escolhidas para a elaboração deste trabalho, apresentou um resultado em que se pode observar que as regiões consideradas de menor precariedade do ponto de vista social possuem maior fragilidade ambiental. Acredita-se que esse fato se deve ao maior índice de chuvas associado aos índices de dissecação do relevo, o que resulta em maiores riscos de ocorrência de processos erosivos. Nesse contexto, a avaliação da fragilidade ambiental levaria a se pensar em uma maior parcela de recursos financeiros distribuídos aos proprietários inscritos no Programa Bolsa Verde inseridos na bacia do rio Piracicaba, embora ali se encontrem em melhores condições sociais. No caso em questão, nota-se que a para a região do rio Araçuaí, o indicador de Fragilidade Ambiental não levaria a um impacto positivo quando se pretende reduzir as mazelas sociais ali presentes.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi adotado pelo Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais – ZEE e sua proposta levou em conta critérios ecológicos e critérios socioeconômicos (Oliveira et. al. 2007).

Diante do exposto e considerando a relevância do conceito do desenvolvimento sustentável, que também possui viés de redução da pobreza, o presente trabalho julga de importância equivalente à ambiental, a condição social, portanto, a incorporação de um indicador que refletisse as condições sociais das regiões em estudo, no caso, o componente humano gerado pelo ZEE, ao modelo de fragilidade ambiental proposto por Ross (1996), permitindo a elaboração de uma mapa síntese que aponte áreas que além de ambientalmente frágeis possuam também condição social desfavorável. Em sua publicação para o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais, (Oliveira et. al. 2007) ressalta:

“...o Componente Humano corresponde, especialmente, aos objetivos de desenvolvimento ligados à satisfação das necessidades humanas, melhoria da qualidade de vida e justiça social, ou seja, a geração de emprego e renda, redução da pobreza e acesso aos serviços sociais básicos, todos voltados para a construção da cidadania.”

Portanto, à luz do desenvolvimento sustentável foi gerado, através da adaptação do modelo de classificação da fragilidade ambiental, um mapa síntese de fragilidade socioambiental e o resultado permite a visualização as áreas contempladas por 5 diferentes classes de fragilidade socioambiental. Para a interpretação dos resultados, deve-se levar em conta as que as áreas das bacias não são as mesmas. Dessa forma, entende-se que o julgamento dos resultados deve considerar valores percentuais.

A tabela 6 revela as áreas e sua classificação quanto ao grau de Fragilidade Socioambiental.

Tabela 7 – Áreas quanto à classificação de Fragilidade Socioambiental

| Fragilidade Socioambiental | Bacia do Rio Piracicaba | | Bacia do Rio Araçuaí | |
|----------------------------|-------------------------|----------|----------------------|----------|
| | Área (ha) | Área (%) | Área (ha) | Área (%) |
| Muito Fraca | 36.411,20 | 6,38 | 21.514,59 | 1,32 |
| Fraca | 39.714,62 | 6,96 | 86.526,80 | 5,32 |
| Média | 110.210,30 | 19,31 | 446.352,90 | 27,43 |
| Forte | 65.668,74 | 11,51 | 261.745,60 | 16,08 |
| Muito Forte | 39.308,59 | 6,89 | 191.121,00 | 11,74 |
| Área calculada | 291.313,45 | 51,05 | 1.007.260,89 | 61,90 |
| Área total da Bacia | 570.600 | | 1.627.300 | |

Entende-se que uma distribuição mais justa dos recursos destinados ao Pagamento por Serviços Ambientais significa atribuir maior valor de uso da terra, através de critérios específicos aos programas de preservação e recuperação, a regiões em que se identificam com menor qualidade socioambiental.

Diante deste contexto, uma possível alternativa para o planejamento da distribuição e quantificação dos recursos do programa Bolsa Verde a serem destinados a cada região poderia ser considerada a partir do enquadramento das Unidades Regionais de Planejamento de Recursos Hídricos – UPGRH do estado de Minas Gerais, identificando as Bacias Hidrográficas que possuem maiores áreas de Fragilidade Socioambiental.

Uma outra proposta seria de que a análise contemplasse o cruzamento dos polígonos de propriedade da cada inscrito com os resultados da síntese de fragilidade socioambiental, já que o mapa apresenta manchas para cada faixa classificada de muito fraca a muito forte.

6 CONCLUSÃO E CRÍTICAS

O resultado alcançado para a contemplou 50,05% de sua área total e 61,90% da Bacia do Rio Araçuaí devido ao mapa de cobertura vegetal disponibilizado pelo ZEE ainda não abrange todo o estado de Minas Gerais. Esse fato prejudica o cálculo da Fragilidade Socioambiental para todas as regiões dentro das Bacias, pois as áreas não contempladas não foram computadas no cálculo realizado pela álgebra de mapas, portanto, para uma análise mais criteriosa seriam necessários dados que contemplassem todo tipo de uso do solo para as regiões em estudo. A análise de imagens de satélite como possível alternativa para solucionar esse problema tornou-se inviável para este trabalho, já que não há um banco de imagens de alta resolução disponíveis para download e mesmo por haver a necessidade de um especialista que possa identificar com segurança todas as feições da vegetação. Esse fato não inviabiliza a continuação do estudo, já que este trabalho sugere apenas uma discussão para aplicação de uma metodologia que possa auxiliar na compreensão da importância de classificação das condições de fragilidade socioambiental para um planejamento mais justo para a análise das propostas e distribuição dos recursos do programa de PSA.

No estado de Minas Gerais, através dos editais 2010/2011 para o programa Bolsa Verde foi atribuído o valor de R\$ 200 reais/ha, que deveria ser repassado a cada proprietário inscrito e aprovado no programa, independente da área, localização e tipo de uso da sua propriedade, o que pode interferir no alcance do repasse de recursos a regiões com maior necessidade de atenção, tanto do ponto de vista ambiental, no que tange à preservação dos recursos naturais, quanto no que diz respeito à diminuição da pobreza e aumento da qualidade de vida no campo.

Para um planejamento mais adequado, a utilização das técnicas e das ferramentas do geoprocessamento podem auxiliar a identificar regiões com maiores prioridades quanto ao recebimento de repasses oriundos do programa, a fim de destinar os recursos de forma proporcional à necessidade, do ponto de vista da fragilidade sócio ambiental de cada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em 10 out. 2014.

CÂMARA E MONTEIRO. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. Divisão de Processamento de Imagens – DPI. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>. Acesso em 25 nov. 2014.

GUATTARI, F. **As três ecologias**. Indicadores de desenvolvimento sustentável - IBGE. Rio de Janeiro: 2002. Campinas: Papirus, 1990.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Bases Cartográficas Digitais. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads>. Acesso em 10 out. 2014.

MINAS GERAIS. Decreto-lei Nº 45.113, de 05 de junho de 2009. Estabelece normas para a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, de que trata a Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008. Diário Oficial de Minas Gerais, 08 de junho de 2009.

MINAS GERAIS. Lei 17.727, de 13 de agosto de 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários rurais, sob a denominação de Bolsa verde, para os fins que especifica, e altera as Leis Nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Diário Oficial de Minas Gerais, 14 de agosto de 2009.

MINAS GERAIS. Projeto de Lei Nº 9/2007. Dispões sobre a Bolsa Verde, o Programa de Identificação, Catalogação e Preservação de Nascente de Água no Estado de Minas Gerais. Diário Oficial de Minas Gerais, 09 agosto de 2008.

MORATO et. Al. **O geoprocessamento como subsídio ao estudo da fragilidade ambiental.** X Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. Departamento de Geografia - UERJ-Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2013.

NETO, M. **Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB - Brasil).** Natal/RN, 2013. 117 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLIVEIRA et. a.l. **Componente Humano.** Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais. Disponível em: http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componente_socio_economico/4componente_humano.pdf. Acesso em 08 set. 2014.

ROSS, J. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia. Departamento de Geografia - FFLCHJ-USP. p.63-74. 1994.

ROSS, J. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo. Contexto, 1996.

SACHS, I. **Repensando o crescimento econômico e o progresso social: o papel da política.** In: ABRAMOVAY, R. et al. (Orgs.). Razões e ficções do desenvolvimento. São Paulo: Editora UNESP; Edusp, 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro. IBGE, 97 p. 1997.

VECCHIATI, K. Três fases rumo ao desenvolvimento sustentável do reducionismo a valorização da cultura. **São Paulo em Perspectiva**. 18(3): 90-95, 2004

WUNDEN, S. 2005. *Payments for environmental services: Some nuts and bolts*. CIFOR - Center for International Forestry Research Occasional Paper No. 42. Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor Barat 16680, Indonesia.

SILVA, J. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA-RJ**. Rio de Janeiro. p. 42-44, 2009.

SILVA, C. **Identificação de Fragilidades Ambientais na bacia do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG utilizando análise multicritério**. Viçosa/MG, 2010. 109 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Geografia, no. 54, jul/set 1992. p. 47-61.

Universidade Federal de Viçosa – UFV. Infraestrutura de dados espaciais IDE Geominas. Disponível em: <http://www.ide.ufv.br/geominas/srv/br/main.home>. Acesso em 30 out 2014.

Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais – ZEE-MG.. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em 08 set. 2014.