

FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO BENTO DA RESSACA, MUNICÍPIO DE FRUTAL - MG

Juliana Gonçalves Santos

Mestranda em Geografia
Universidade Federal de Uberlândia
juliana.udi@hotmail.com

Luiz Antônio de Oliveira

Doutor em Geociências
Professor da Universidade Federal de Uberlândia
luizantonio@ig.ufu.br

Resumo

Esse trabalho teve por objetivo avaliar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca, localizada no município de Frutal, Minas Gerais. Para a realização desse trabalho foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994) de avaliação de fragilidade ambiental, que se baseia na visão sistêmica do ambiente e na teoria do equilíbrio dinâmico. Utilizando ferramentas de Geoprocessamento, o Mapa de Fragilidade Potencial e Emergente da área de estudo foi elaborado a partir do cruzamento dos produtos cartográficos intermediários: Mapa de Geomorfologia, Mapa de Solos e Mapa de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal. Os resultados demonstraram que a bacia apresenta fragilidade variando entre as classes muito baixa e média, evidenciando um relativo equilíbrio ambiental em decorrência das características naturais da bacia: baixo gradiente topográfico, baixa declividade e a formação de latossolos. As áreas que apresentaram maior fragilidade se localizavam em áreas com maior declividade e ocupação urbana e industrial.

Palavras chave: Fragilidade ambiental. Bacia hidrográfica. Frutal.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE RIBEIRÃO SÃO BENTO DA RESSACA WATERSHED, CITY OF FRUTAL - MG

Abstract

The following work had as an objective to evaluate the environmental fragility of the Ribeirão São Bento da Ressaca watershed, located in Frutal, Minas Gerais State. To develop this work a methodology of evaluation of environmental fragility proposed by Ross (1994) was used based in the systemic view of the environment and in the dynamic equilibrium theory. Using tools of GIS – Geographical Information System, the potential fragility and emergent map of the study area was drawn from the relation of the cartographic intermediate results: Geomorphology, Soil and Land Use Maps. The overall result shows an oscillation of fragility between lower and medium that evidence a relative environment balance because of the natural characteristics of the watershed: low topographic gradient, low slope and oxisols formation. The areas which illustrate a bigger fragility were located in areas with high slopes and urban and industrial occupation.

Key words: Environmental fragility. Watershed. Frutal.

Introdução

Para os diversos setores do planejamento, o conhecimento do meio físico-social representa um instrumento fundamental, o que pode ser observado no planejamento do uso do solo rural e urbano, na construção de obras de engenharia e no zoneamento ambiental. Dessa maneira, o diagnóstico do meio ambiente é premissa para o planejamento ambiental, como afirma Christofolletti (2005, p. 429): “A realização de análise ambiental, considerando as transformações possíveis em função dos projetos de uso do solo, nas suas diversas categorias, é exigência que se encaixa como medida preliminar, em face da política de desenvolvimento sustentável”.

Inicialmente, nos estudos de análise do meio socioambiental, especialmente estudos geomorfológicos, é necessário conceber o ambiente na sua totalidade, levando em consideração todas as variáveis que o influenciam. Para isso, a melhor maneira é trata-lo como um sistema.

Um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema [...] o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação (TRICART, 1977, p. 19).

Partindo da abordagem sistêmica de análise do meio ambiente é necessário estabelecer uma categoria de análise geográfica para a realização dos estudos. Nesse sentido, o geosistema é a unidade de análise ideal. Bertrand (2004) define o geosistema como uma unidade da paisagem que compreende de alguns quilômetros a poucas centenas de quilômetros e é consequência da combinação dinâmica de fatores do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica. Ainda de acordo com o autor, é a escala ideal de análise, onde se encontra a maior parte dos fenômenos resultantes da dinâmica entre os elementos da paisagem, sendo de fundamental interesse para o geógrafo. O potencial ecológico está associado aos elementos: geomorfologia, clima e hidrologia. Os fatores relacionados à exploração biológica compreendem a vegetação, o solo e a fauna.

A fragilidade ambiental, também denominada de vulnerabilidade ou susceptibilidade, é um importante instrumento para se observar as condições de determinado ambiente de forma

integrada e dinâmica. Tamanini (2008) discorre sobre o conceito de fragilidade ambiental como sendo a vulnerabilidade do ambiente em sofrer qualquer tipo de dano, relacionado tanto às condições naturais (declividade, cobertura vegetal, tipo de solo, dentre outros) quanto as condições antrópicas (uso do solo). De acordo com Ross (1994), os estudos relativos à fragilidade, representados em cartogramas e textos, são instrumentos extremamente relevantes para o planejamento ambiental, quando há interesse no desenvolvimento sustentável.

Para desenvolver uma metodologia de análise da fragilidade ambiental, Ross (1994) se baseou nos estudos de Tricart (1977), autor que discorre a respeito das Unidades Ecodinâmicas, conceito que é relacionado ao de ecossistemas. Esse conceito tem como base o sistema e trata da dinâmica e fluxos de energia e matéria no meio ambiente e suas relações mútuas. A partir dessa visão dinâmica do meio ambiente, Tricart (1977), faz uma classificação do meio de acordo com suas características de estabilidade e a relação morfogênese-pedogênese em três grandes tipos: meios estáveis, meios intergrades e meios instáveis. Os meios estáveis se caracterizam por uma evolução lenta e constante, ocorrendo em áreas com cobertura vegetal preservada e uma dissecação moderada do relevo. Já nos meios instáveis, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, sendo o fator determinante na qual os outros elementos do sistema estão subordinados. Os meios intergrades representam uma passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. Nesse meio a morfodinâmica pode acelerar, a ponto de superar a pedogênese, se tornando instável.

De acordo com Ross (1994), a partir da Teoria Ecodinâmica, a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. Baseado na teoria dos sistemas, as trocas de energia e matéria se dão através de relações de equilíbrio dinâmico e as intervenções do homem tornam o ambiente desequilibrado temporariamente ou até permanentemente. Christofolletti (2007, p. 168) define o conceito de equilíbrio dinâmico:

A teoria do equilíbrio dinâmico considera o modelado terrestre como um sistema aberto, isto é, um sistema que mantém constante permuta de matéria e energia com os demais sistemas componentes de seu universo. A fim de que possam permanecer em funcionamento, necessitam de ininterrupta suplementação de energia e matéria, assim como funcionam através de constante remoção de tais fornecimentos.

Para avaliar a fragilidade ambiental de determinado ambiente, Ross (1994) utiliza uma metodologia que leva em consideração o meio ambiente como produto dinâmico da interação entre os seus elementos: geomorfologia, os solos e o uso do solo/cobertura vegetal.

O ambiente, segundo o grau de fragilidade é, então, classificado em Unidades Ecodinâmicas. As Unidades Ecodinâmicas Estáveis estão em equilíbrio dinâmico e geralmente foram poupadas da ação humana. Já nas Unidades Ecodinâmicas Instáveis, o meio ambiente foi intensamente modificado pela ação humana e se encontra desequilibrado de forma que a morfogênese supera a pedogênese nos processos morfogenéticos (ROSS, 1994).

Outra classificação refere-se à fragilidade potencial e emergente, sendo que a primeira está relacionada à vulnerabilidade natural do ambiente e a segunda à vulnerabilidade natural associada à proteção correspondente aos tipos de uso do solo e da cobertura vegetal. Desse modo, as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou Instabilidade Emergente tem sua fragilidade subdividida em várias classes, desde muito fraca até muito forte. As Unidades Ecodinâmicas Estáveis também tem sua fragilidade avaliada de acordo com sua instabilidade potencial, desde muito fraca até muito forte (ROSS, 1994).

Levando-se em consideração as diferentes variáveis que exercem influência sobre a paisagem, a abordagem geossistêmica e a fragilidade ambiental, segundo Valente e Castro (1981), a bacia hidrográfica se constitui um modelo para estudo e planejamento dos recursos naturais, pois funciona como um ambiente integrado.

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um único leito. (TUCCI, 2009, p. 40).

De acordo Netto (2005), a água funciona como um elemento interligador dos fenômenos da paisagem, tanto na atmosfera inferior quanto na litosfera, interferindo na biota como um todo. A partir da interação com o meio e com a rede de drenagem, a água influencia no modelado do relevo, na vegetação, na dinâmica do solo e na organização social. Por isso, a bacia de drenagem é uma unidade importante para o conhecimento dos processos hidrológicos e geomorfológicos, afetando, sobremaneira o planejamento local e regional.

Em relação à análise do meio ambiente, a modelagem ambiental tem sido amplamente utilizada para estudos de planejamento, pois permite reproduzir matematicamente algum fenômeno. Nesse sentido Haggett e Chorley (1967; 1975 apud Christofolletti 1999, p. 8)

define que “modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes.” Em relação à modelagem ambiental cabe destacar a modelagem proposta por Ross (1994), através da mensuração da fragilidade ambiental em relação aos ambientes naturais e antropizados.

Desse modo, a análise espacial torna possível manipular dados espaciais e interpretá-los produzindo um conhecimento adicional. Dentre as funções da análise espacial está: a consulta de informações espaciais dentro de algumas áreas, a confecção de mapas e investigação de dados estatísticos, buscando entender melhor os fenômenos analisados. (BAILEY, 1994 apud ROCHA, 2004).

Para a aplicação de metodologias de análise espacial e modelagem ambiental, o Geoprocessamento, definido por Rosa e Brito (1996, p. 7) como “[...] o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação”, contribui significativamente para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a essa temática.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) são importantes ferramentas de trabalho do Geoprocessamento, pois permitem espacializar, relacionar e sobrepor os dados coletados em campo, a partir de imagens de satélite, cartas topográficas, dentre outros. De acordo com Rosa e Ross (1999, p. 78):

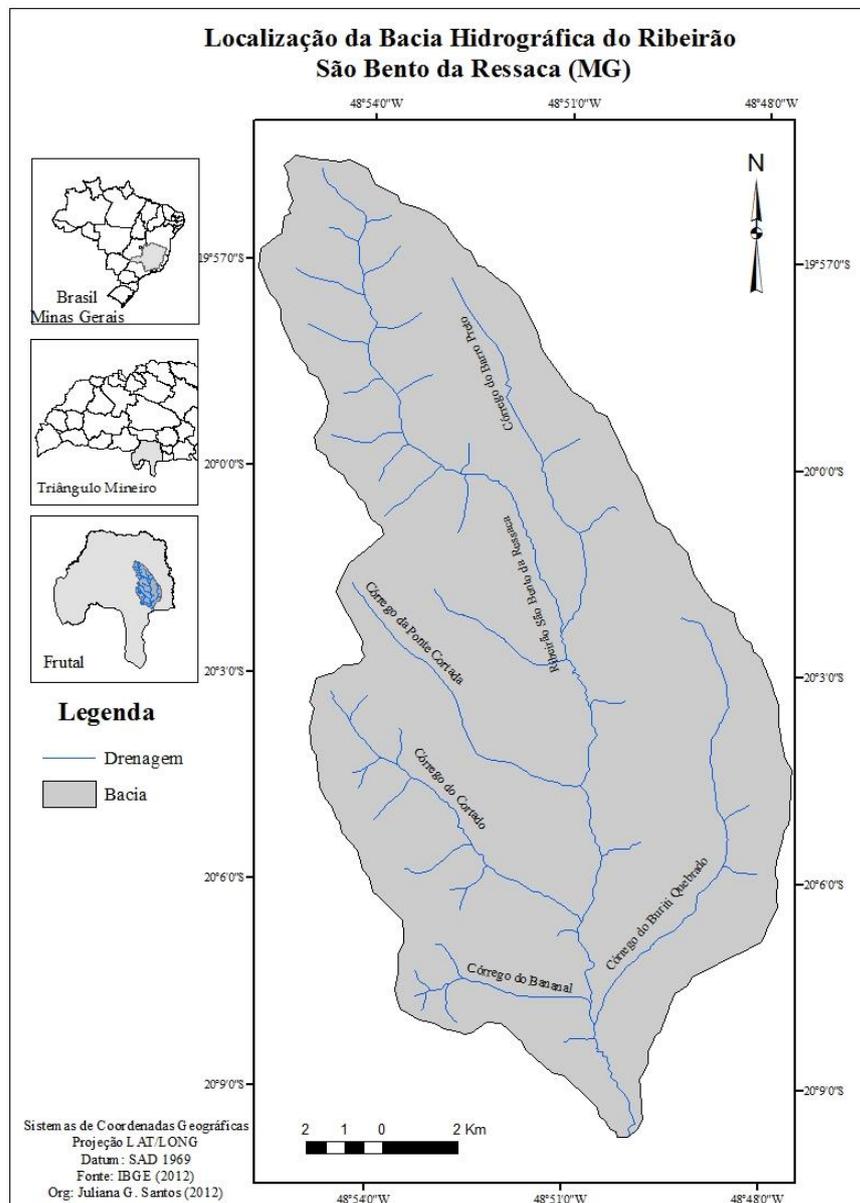
Os sistemas de Informações Geográficas (SIG's), tradução do Inglês *Geographic Information System (GIS)*, são sistemas computadorizados capazes de manipular informações geo-referenciadas. Isto compreende capturar, armazenar, gerenciar, analisar e exibir dados com um componente espacial, de localização e atributos que os descrevem construindo assim, um modelo digital de uma abstração do mundo real.

Assim, percebe-se que a Geografia, como ciência, desempenha a partir da visão geosistêmica, uma importante função na análise ambiental, mediante a utilização de diversas metodologias e ferramentas, servindo de forma prática no planejamento dos recursos naturais e do uso da terra.

A área de realização desse estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca, município de Frutal/MG (Mapa 1), que se localiza entre as coordenadas 19°55'30"S/ 48°55'45"W e 20°9'45"S/48°47'30"W e possui uma área de 205,6 km².

Nas últimas décadas, o meio rural do município de Frutal, tem tido suas características naturais alteradas pela ação antrópica, principalmente a partir de 1970, pelo avanço da fronteira agrícola, sobretudo do setor sucroalcooleiro. Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca esse cenário não é diferente do restante do município, onde as plantações de cana-de-açúcar ocupam a maior parte da área cultivada, seguida pelas plantações de laranja e a pecuária extensiva. A expansão da fronteira agrícola na região teve como consequência o desmatamento da cobertura vegetal original, tendo-a reduzido aos fragmentos de Áreas de Proteção Permanente (APP's) e Reserva Legal, quando existem.

Mapa 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.



Fonte: A autora.

O Ribeirão São Bento da Ressaca representa também um importante manancial hídrico para o município de Frutal, atualmente destinado principalmente à produção agropecuária e atividades agroindustriais. Entretanto, devido à proximidade com o município, num futuro próximo, com o crescimento populacional e concomitante aumento de demanda, a água produzida na bacia poderá ser utilizada para o abastecimento público.

Partindo do pressuposto, esse trabalho teve por objetivo avaliar a Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca, localizada no município de Frutal, estado de Minas Gerais.

Materiais e Métodos

Para a realização da pesquisa, primeiramente foi elaborado referencial teórico para o levantamento das informações e dos estudos já realizados sobre o tema tratado e da área de estudo, além de fundamentar a base metodológica da pesquisa.

Os trabalhos de campo foram fundamentais para se conhecer a área da bacia, além de confirmar informações levantadas em gabinete, oriundas de análise de outras pesquisas já realizadas na área de estudo.

A base cartográfica (drenagem, delimitação da área da bacia e das curvas de nível) foi confeccionada utilizando cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) escala de 1:50.000 e 1:100.000. Foram utilizadas as cartas Frutal, SF-22-X-B-II-1, escala 1:50.000, e Campo Florido, SE-22-Z-D-V, escala 1:100.000.

No ArcGis 9.3 foram elaborados os *layers* de declividade, solos e uso do solo. A configuração de referência espacial (datum e projeção) foi definida no arquivo *Geodatabase*, contendo respectivos *Feature Dataset* e *Feature Class*.

A carta de fragilidade foi resultado da integração dos mapas temáticos: carta geomorfológica, carta de solos e carta de uso da terra/cobertura vegetal. A metodologia de elaboração do mapa de fragilidade seguiu a proposta de Ross (1994). A metodologia propõe que na análise de bacias, com escalas de análises inferiores à 1:25.000, pode ser utilizado as classes de declividade para elaboração do mapa geomorfológico. No caso específico desse trabalho, não foram encontradas cartas nas escalas de 1:25.000, somente na escala de 1:50.000 com curvas de nível de 20 em 20 metros. Apesar de não ser a escala ideal, conforme Ross

(1994), a carta de 1:50.000 mostrou resultados satisfatórios para a geração da carta de declividade, em função do baixo gradiente topográfico da área de estudo.

A fragilidade ambiental do Mapa de Declividade foi estimada a partir dos intervalos reconhecidos a partir de estudos de capacidade uso/aptidão agrícola (Quadro 1) que levam em consideração a intensidade dos processos erosivos. Desse modo, a fragilidade das classes de declividade foi definida de muito fraca a muito forte (ROSS, 1994).

Quadro 1- Classes de Fragilidade e Declividade.

Classes de fragilidade	Declividade (%)
Muito Fraca	0-6 %
Fraca	6- 12%
Média	12-20 %
Forte	20 a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

Fonte: Ross, 1994.

Para a elaboração do mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca foi utilizado como base o mapeamento realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1980), na escala de 1:500.000, retificado e atualizado com dados levantados em campo por meio de indicadores como vegetação, declividade e geologia.

De acordo com Ross (1994), a fragilidade ou erodibilidade de solos podem ser classificadas nas classes de muito fraca a muito forte, levando em consideração uma série de fatores como as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura, além de características como relevo, litologia, clima, dentre outros fatores (Quadro 2).

Quadro 2- Classes de Fragilidade e Tipos de Solos

Classes de fragilidade	Tipos de Solos
Muito Fraca	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo com textura argilosa
Fraca	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/ argilosa
Média	Latossolo Vermelho-amarelo textura média/ argilosa
Forte	Podzólico Vermelho- amarelo textura média/arenosa, Cambissolos
Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: Ross (1994).

Para a elaboração do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal foi utilizado o software ENVI 4.2 e a imagem do satélite Landsat 5 disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). A imagem obtida estava na órbita 221/74 do dia 26/09/2011 contemplando o município de Frutal. As bandas utilizadas foram 1, 3 e 4, com composição da imagem R3G4B1.

A definição da classe de cobertura vegetal natural foi determinada utilizando o método supervisionado, com técnica de classificação pixel a pixel. O método supervisionado *maxver* possibilita maior eficácia na seleção das classes, além disso, nos trabalhos de campo foram verificadas as informações contidas nas imagens para uma melhor distinção nas classes de interesse e maior precisão na classificação. As demais classes foram delimitadas manualmente, com a demarcação das regiões de interesse (ROI). Posteriormente as classes demarcadas foram exportadas no formato de *shape* para o ArcGis 9.3 para o tratamento final do mapa e edição do *layout* do mapa.

Para determinação da fragilidade ambiental relacionada às classes de uso da terra, Ross (1994), definiu os graus de proteção resultantes dos diferentes tipos de cobertura vegetal (Quadro 3), com o qual foi confeccionado o mapa de fragilidade ambiental nas classes de muito fraca a muito forte.

Quadro 3- Classes de Fragilidade e Uso da terra.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
Muito Forte	Florestas/ Matas naturais
Forte	Pastagem
Média	Silvicultura e Culturas de ciclo longo (café, laranja)
Fraco	Culturas de ciclo curto (arroz, trigo, soja, milho, feijão, algodão)
Muito Fraco	Solo exposto, feições erosivas e áreas urbanas/indústrias

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Depois de elaborados os mapas de declividade, solos e uso da terra foi confeccionado um mapa síntese que indicou a fragilidade ambiental potencial e emergente, com classes variando de muito fraca a muito forte, de acordo com o Quadro 4 (ROSS, 1994).

Quadro 4- Classes de Fragilidade e Valor atribuído.

Fragilidade	Valor Atribuído
Muito Baixa	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito Alta	5

Fonte: Ross (1994).

O Mapa de Fragilidade Potencial foi resultado do cruzamento do mapa de declividade e o de tipo dos solos e indica a susceptibilidade das Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou em Instabilidade Potencial de desenvolver processos erosivos mais intensos. Esse mapa indica a fragilidade natural do ambiente, pois não leva em consideração as atividades de uso e ocupação do solo.

Já o mapa de Fragilidade Emergente é resultante do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial e do uso/ocupação do solo, e indica a susceptibilidade das Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou em Instabilidade Emergente de desenvolver processos erosivos mais intensos. Esse mapa indica a fragilidade natural do ambiente relacionado ao uso e ocupação do solo, evidenciando a influência do homem na configuração das paisagens.

Para a elaboração dos mapas de fragilidade potencial e fragilidade emergente foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator* do ArcGis 9.3. Para a fragilidade potencial foram cruzados os Mapas de Declividade e Solos, de modo que o sistema retorna a média da soma dos valores atribuídos a cada classe de fragilidade (Quadro 4), sendo que os valores maiores, em todos os mapas, representam as maiores fragilidades. O resultado do mapa de Fragilidade Potencial foi cruzado com o mapa de Uso da Terra, somando os valores atribuídos às duas variáveis e dividindo por dois, resultando no mapa de Fragilidade Emergente.

Resultados e Discussões

Geomorfologia

Ab'Sáber (1962) denominou o Triângulo Mineiro como inserido no “Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central”, que possui como característica um regime pluviométrico marcado por duas estações definidas e uma vegetação característica da zona

dos cerrados e florestas de galerias. Essa unidade morfoclimática, segundo Ab'Sáber (1962, p. 119), possui algumas características homogêneas em toda a área de abrangência:

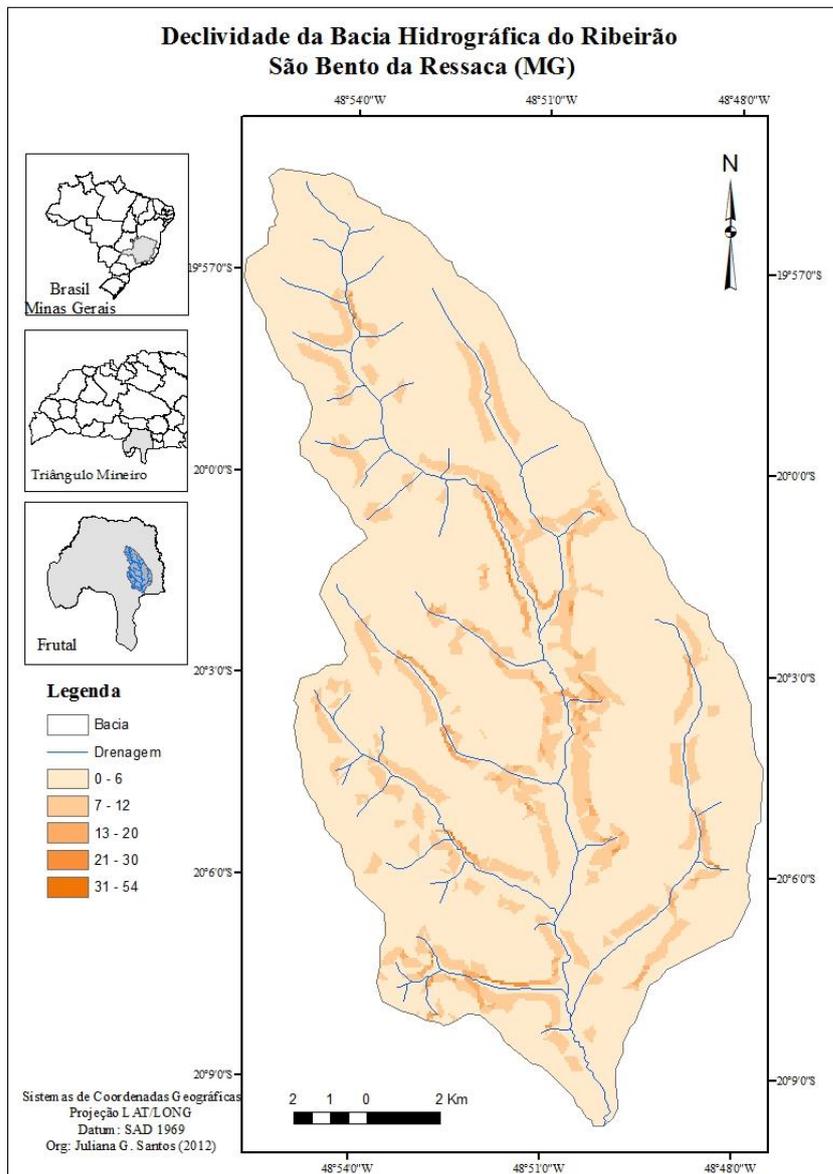
Nos interflúvios elevados dos “chapadões”, onde predominam formas topográficas planas e maciças, e solos pobres (latossolos e lateritas), aparecem cerrados, cerradões e campestres, os quais via de regra descem até a base das vertentes, cedendo lugar no fundo aluvial dos vales as florestas galerias, em geral largas e contínuas.

A formação desse relevo data do Terciário e Quaternário e foi condicionada por processos morfoclimáticos com pediplanações, pedimentação, laterização e dissecação. De acordo com Baccaro (1994 apud Guerra; Botelho, 1998, p. 207-208) o relevo do Triângulo Mineiro faz parte das:

Chapadas Sedimentares do Triângulo Mineiro, modeladas em rochas sedimentares, principalmente do Grupo Bauru, onde destacam-se os arenitos das formações Marília, Adamantina e Uberaba, além da Formação Botucatu do Grupo São Bento.

O mapa de Geomorfologia, utilizado para a realização da fragilidade ambiental, teve como base a declividade do terreno, de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994). A partir do mapa de Declividade (Mapa 2), observa-se que a maior parte da bacia encontra-se em declividades de 0 a 6% (85% da área de estudo), que pode ser classificada como área de relevo plano. Essas áreas são consideradas, de acordo com Ross (1994), com fragilidade muito baixa e não são áreas propensas à ocorrência de processos erosivos intensos. As áreas com declividade entre 7 e 12% correspondem à 12% da bacia (Mapa 2). Essas áreas são caracterizadas por um relevo suavemente ondulado e fragilidade baixa Ross (1994).

Mapa 2 - Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.



Fonte: A autora.

O relevo ondulado é encontrado em apenas 1,5% da área de estudo, caracterizada por declividade entre 13% e 20% (Mapa 2). Ross (1994) classifica essas áreas com fragilidade média. São áreas em que o relevo é suavemente ondulado e os leitos fluviais são mais definidos. As declividades entre 21% e 30% (Mapa 2) caracterizam um relevo muito ondulado e com fragilidade alta, Ross (1994). Acima de 31% as declividades são consideradas, de acordo com Ross (1994), com fragilidade muito alta e o relevo pode ser considerado como montanhoso. A ocorrência das classes de declividade com fragilidade alta e muito alta correspondem a áreas muito pequenas na bacia, 1% e 0,5% respectivamente. Esse

relevo é o mais dissecado, esculpido pela erosão fluvial, dessa forma, são áreas mais susceptíveis a processos erosivos.

Solos

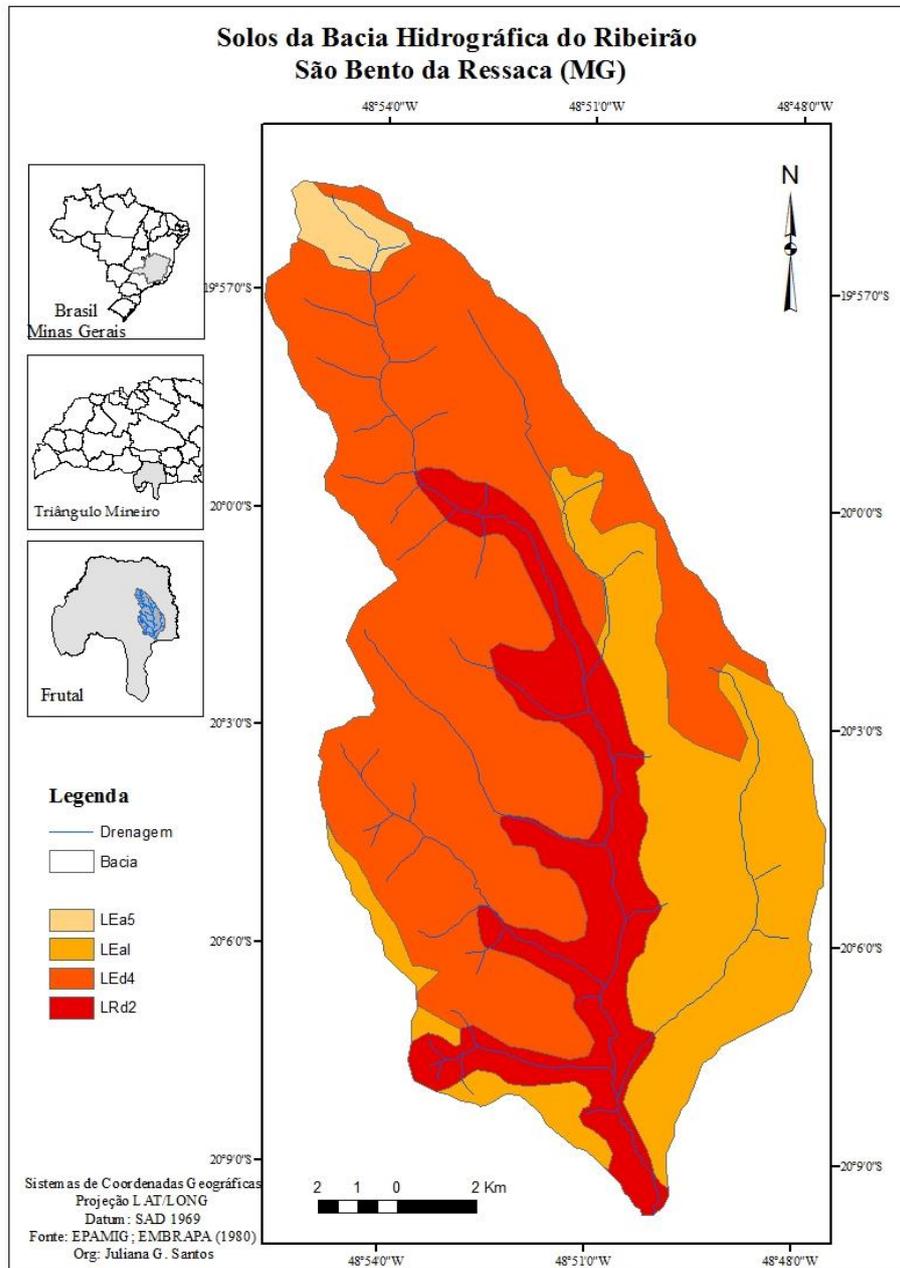
Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca predominam os Latossolos. Esse tipo de solo possui como características um avançado estágio de intemperização, perfil evoluído e profundo, e com pouca diferenciação entre os horizontes. Possui como característica também ser um solo bem drenado e fortemente ácido. São solos normalmente encontrados em zonas que apresentam uma estação de estiagem, formando frequentemente um relevo plano a suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006).

Dentre os tipos de Latossolos encontrados na bacia, foi possível identificar quatro grupos, como pode ser observado no Mapa de Solos (Mapa 3). Nas áreas de ocorrência de basaltos, pode ser encontrado o Latossolo Roxo Distrófico ou Álico (LRd2), que se caracteriza pelo horizonte A moderado, com textura muito argilosa e relevo plano a suave ondulado. Principalmente na porção leste da bacia, é encontrado o solo do tipo Latossolo Vermelho-Escuro Álico (Leal), o qual possui o horizonte A moderado, com textura média e relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 1980).

Na maior parte da bacia, sobre rochas do Grupo Bauru, ocorrem os Latossolos Vermelho-Escuros Álicos (LEa3). Esse solo se caracteriza pelo horizonte A moderado, com textura média e relevo plano a suave ondulado (EMBRAPA, 1980).

Por fim, na área norte da bacia, é encontrada em uma pequena porção solo representado pela sigla LEa5, resultante da associação do Latossolo Vermelho- Escuro Álico com horizonte A moderado, relevo plano e suavemente ondulado, associado ao solo do tipo Podzólico Vermelho- Amarelo Eutrófico Tb, que possui o horizonte A moderado, com relevo suave ondulado e ondulado, ambos textura média associado também com o Cambissolo Álico Tb podzólico, que possui horizonte A moderado, com textura média cascalhenta, relevo ondulado e forte ondulado, com substrato arenito (EMBRAPA, 1980).

Mapa 3 - Solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.



Fonte: A autora.

O Latossolo em geral não é um solo propenso à erosão, o que está relacionado à baixa diferença no teor de argila entre os horizontes A e B, a boa permeabilidade e a drenabilidade alta. (GUERRA; BOTELHO, 1998).

Uso da Terra

A partir do mapeamento do uso da terra, que pode ser observado no Mapa 4, verifica-se que atualmente predominam atividades como a agricultura e pecuária, destacando-se a agricultura de ciclo curto, principalmente de cana-de-açúcar.

A pastagem destinada à pecuária representa 12% da área de estudo com uma área de 24,6 km². Destaca-se a bovinocultura extensiva de leite e corte. As áreas de pasto se localizam em meio a áreas de culturas de ciclo longo e curto e se concentram na porção oeste da bacia.

A área representada pelo perímetro urbano e por indústrias na bacia é correspondente a apenas 1%, com 2,1 km². As atividades urbanas ainda não são as mais significativas no que se trata de impactos ambientais que estão relacionados principalmente aos empreendimentos agroindustriais.

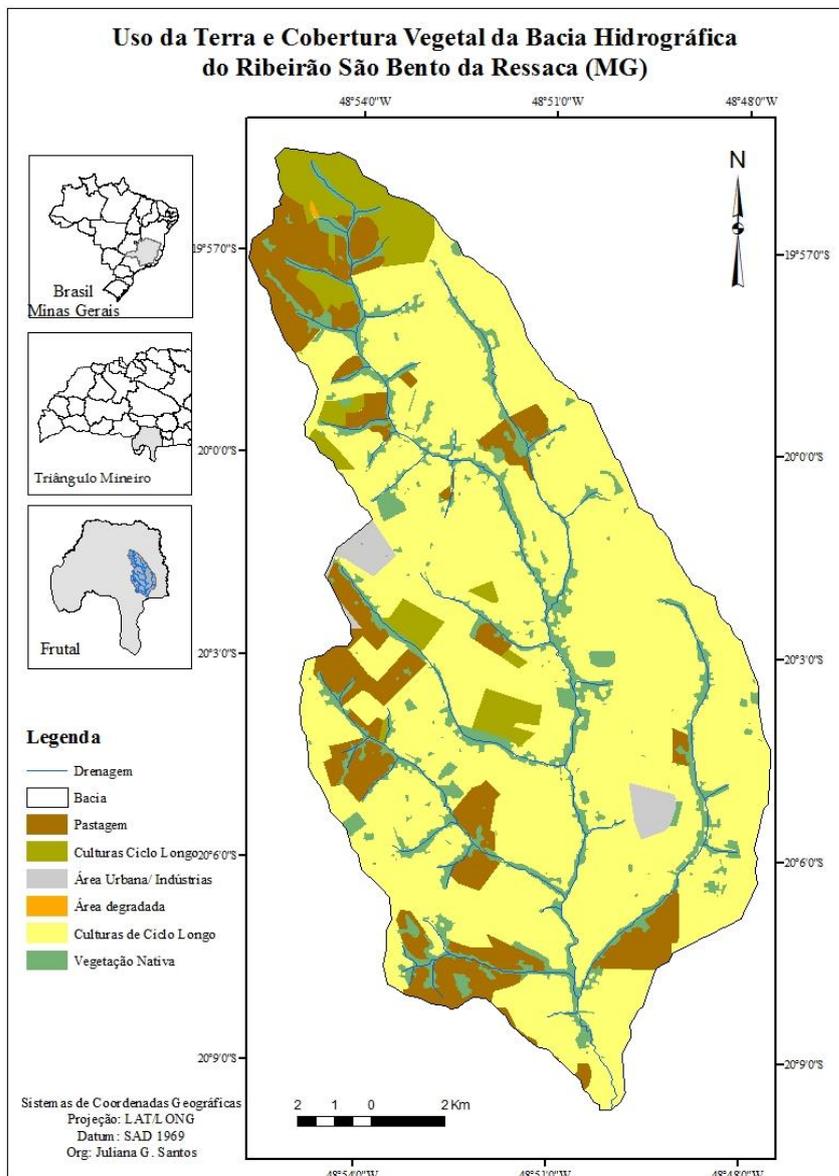
Nesse sentido, cabe destacar a instalação da Usina Frutal Açúcar e Álcool LTDA, pois esse é o empreendimento que mais influencia no uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca. Essa indústria está instalada desde o segundo semestre de 2007, licenciada para um processamento de 10.000 t cana/dia e geração de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar de 45MW (COPAM, 2008). No município de Frutal também está instalada desde 2007 a Usina Cerradão LTDA, com capacidade instalada de moagem para 11.040 t cana/dia (COPAM, 2007). Ambas as usinas produzem açúcar, destilam o álcool e produzem energia a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar. Nos últimos cinco anos é notória a influência da atividade sucroalcooleira na mudança da paisagem na área de estudos (Mapa 4).

Assim, a agricultura representa o maior uso do solo da Bacia do Ribeirão São Bento da Ressaca. Destaca-se a área plantada com cultura temporária sobre a permanente, 69% e 6% respectivamente. Atualmente, a área de plantio das culturas de ciclo longo, principalmente laranjas, ocupa 12,3 km², enquanto a área de cultivo de culturas de ciclo curto, principalmente cana de açúcar, corresponde a 141,5 km². A intensificação da ocupação nas últimas décadas e as atividades desenvolvidas, associadas às demais variáveis influentes na paisagem, trouxeram uma série de impactos sobre a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, especificamente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca. Dentre eles, o desmatamento é o mais significativo. Dessa forma, observa-se que a cobertura de vegetação nativa representa apenas 12% da área de estudo (24,6 km²), restrita às Áreas e Preservação Permanente e Reserva Legal, quando existem. Tais áreas se encontram expostas à erosão e

desprotegidas principalmente do pisoteio do gado, o que prejudica a qualidade dos recursos hídricos e intensifica a ocorrência de processos erosivos.

Foram observadas na área da bacia feições em sulcos, ravinas e voçorocas. No alto curso da drenagem principal, em latossolos desenvolvidos sobre arenitos do Grupo Bauru, ocorre processo erosivo de voçorocamento com dimensões consideráveis, equivalente à 600m² (Mapa 4).

Mapa 4 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.



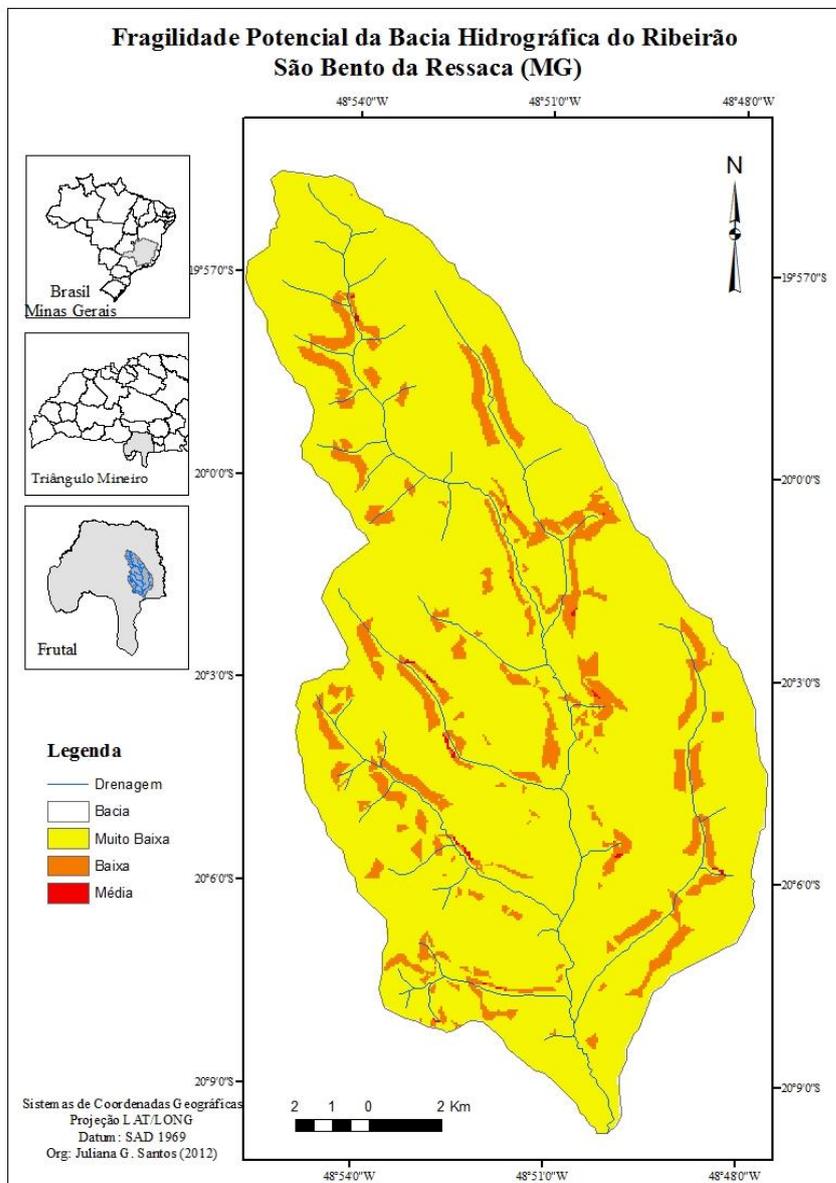
Fonte: A autora.

Fragilidade Ambiental

Fragilidade Potencial

O cálculo da fragilidade potencial a partir dos Mapas de Declividade e Solos demonstrou que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca possui uma fragilidade natural variando das classes de muito baixa a média (Mapa 5).

Mapa 5 - Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.



Fonte: A autora.

No Mapa 6 observa-se predomínio da classe fragilidade potencial muito baixa, representando 90% da área da bacia, com 185 km². A classe fragilidade baixa é encontrada, sobretudo, ao longo das vertentes, onde predominam as declividades mais altas da bacia, ocupando 10% da área da bacia, com 18,5 km². As áreas ocupadas com a classe de fragilidade média representando 1% do total (2,1 km²) estão localizadas em áreas com declividade acentuada.

A análise dos resultados demonstra que os solos e o relevo predominante na bacia não são fatores importantes para a susceptibilidade a processos erosivos e à fragilidade ambiental, pois a maioria da área da bacia possui uma declividade considerada muito baixa e baixa, com valores atribuídos 1 e 2 de fragilidade. Além disso, os Latossolos, solos predominantes, com valores de fragilidade entre 1 e 2, também não configuram em um fator negativo para a fragilidade ambiental. Assim, as áreas com maior fragilidade se localizam próximo aos cursos d'água, nos locais onde há uma maior declividade e onde se observa a presença de um latossolo mais arenoso.

Fragilidade Emergente

A fragilidade emergente possibilita observar a influência das atividades e ocupação humana no meio. Desse modo, o mapa 6 representa o resultado do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial e o mapa de Uso da Terra.

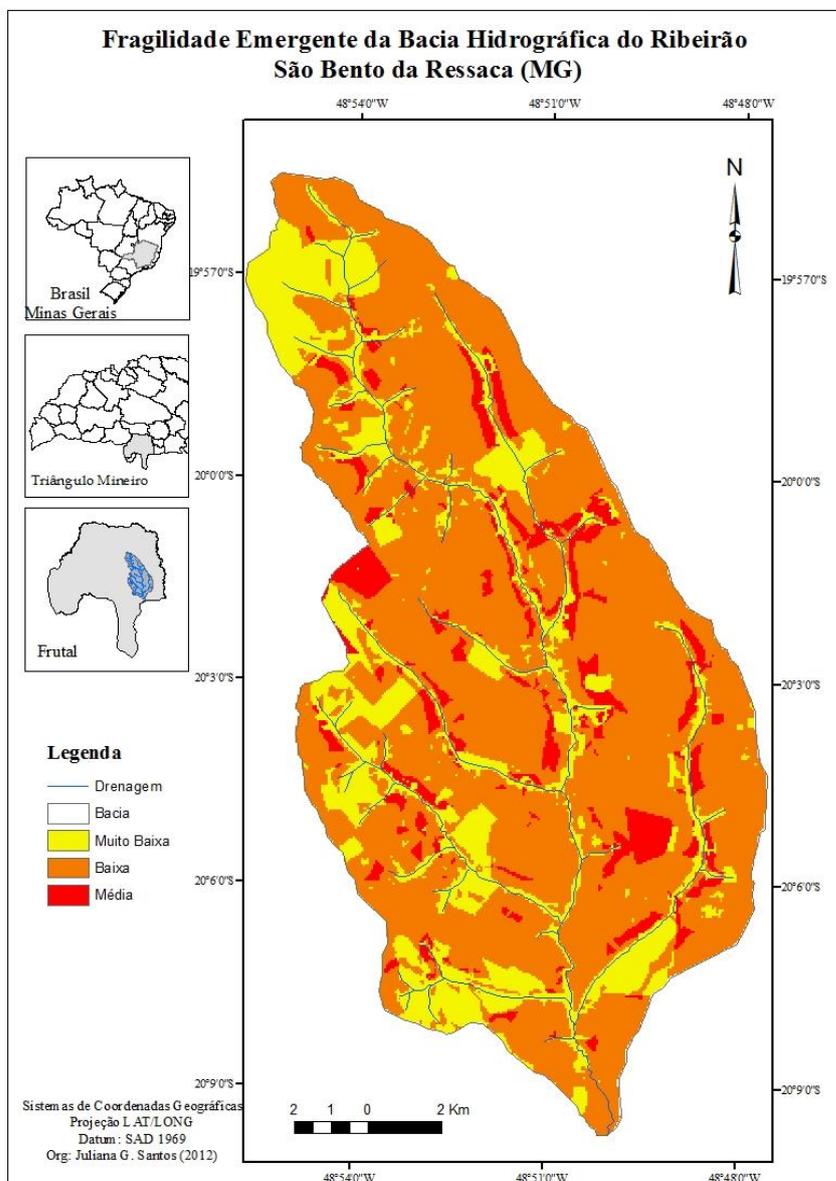
A Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca possui uma fragilidade emergente que varia de muito baixa a média como pode ser observado no mapa 6. Assim, 22% da área, equivalente a 45,2 km² representa uma fragilidade considerada muito baixa. As áreas com fragilidade considerada baixa correspondem a maior área da bacia, 70% equivalente a 143,9 km². A minoria da área de estudo corresponde à fragilidade média, 8 % (16,4 km²).

Apesar do mapa de Fragilidade Emergente não apresentar áreas com fragilidade alta e muito alta, nota-se que as atividades antrópicas já modificaram a fragilidade natural da bacia. Observando o mapa de Fragilidade Potencial, ou seja, da fragilidade natural do ambiente e o mapa de Fragilidade Emergente, resultado da fragilidade natural associada ao uso e ocupação antrópica, percebe-se que 90% da área que, naturalmente configurava uma fragilidade muito baixa no mapa de Fragilidade Potencial, com as alterações antrópicas, se reduziu a apenas 22% da bacia, no mapa de Fragilidade Emergente.

Em relação às áreas com fragilidade baixa, no mapa de Fragilidade Potencial correspondiam a apenas a 9%, já no mapa de Fragilidade Emergente são equivalentes a 70% da bacia.

Do mesmo modo, as áreas de fragilidade média no mapa de Fragilidade Potencial que representavam uma área de apenas 1%, com a inserção das atividades de uso e ocupação na bacia passou a configurar 8% da área no mapa de Fragilidade Emergente.

Mapa 6 - Fragilidade Emergente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca (MG).



Fonte: A autora.

Observa-se, que a configuração do mapa de Fragilidade Emergente foi fortemente condicionada pela atividade predominante na bacia, as culturas de ciclo curto, sobretudo da cana-de-açúcar, visto que a mesma apresenta um fraco grau de proteção. As áreas de vegetação nativa, pastagem e culturas de ciclo longo mantiveram a fragilidade que naturalmente, era muito baixa, pois essas apresentaram um maior grau de proteção.

Considerações Finais

A aplicação da metodologia da fragilidade ambiental mostrou-se uma importante ferramenta para a análise ambiental, a partir da abordagem sistêmica de estudo da paisagem natural e antropizada.

Em relação à Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca, esse trabalho foi importante para fazer um diagnóstico, conhecendo as diferentes variáveis que influenciam na sua dinâmica. As baixas declividades e a formação de Latossolos na bacia demonstram uma característica comum ao Triângulo Mineiro, sendo pouco susceptíveis à erosão. Foi possível observar também o predomínio de atividades de uso e ocupação da bacia, em especial, a influência da expansão do setor sucroalcooleiro e sua influência na fragilidade ambiental.

Em relação às alternativas de uso e ocupação, um aspecto importante a ser considerado é a manutenção e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e das áreas de Reserva Legal, visto que a bacia conta somente com 12% da área total coberta por vegetação nativa. Além disso, nas áreas com maiores declividades o uso da terra deveria ser restrito, sendo que, em áreas com forte dissecação, a vegetação nativa deveria ser preservada. Nas áreas com declividade média, o ideal seria que predominasse as atividades com menores impactos sobre o solo, como as pastagens. As áreas com menores declividades são propícias ao desenvolvimento da agricultura, de ciclo curto e de ciclo longo. Por fim, nas áreas onde já se observa a ocorrência de processos erosivos em grau avançado, como no caso da voçoroca da porção norte da bacia, é necessária maior atenção e investimento para sua recuperação por parte dos órgãos de planejamento, especialmente a prefeitura. Além disso, seria necessário o apoio da população rural e da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), que poderia desenvolver pesquisas e projetos na área de estudo.

Espera-se com esse trabalho, oferecer subsídios aos órgãos de gestão, especialmente à Prefeitura de Frutal, para ação e planejamento dos recursos naturais da bacia, buscando

sempre o equilíbrio dinâmico da paisagem, conhecendo as fragilidades naturais e as potencialidades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa de pesquisa de Iniciação Científica processo nº FAPEMIG2012- HUM008, sem a qual não seria possível a realização desse trabalho.

Referências

AB'SÁBER, A. N. Contribuição à geomorfologia da área do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1., 1962. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1962, p. 117-124.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **RÁEGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. aplicabilidade dos conhecimentos geomorfológicos nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 415-440.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. **Pauta da 38ª reunião ordinária da Unidade Regional Colegiada Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba do Conselho Estadual de Política Ambiental**. Uberlândia, 2007. Disponível em: <<http://www.semاد.mg.gov.br/copam/urcs/triangulo-mineiro>>. Acesso em: 1 ago. 2012.

_____. **Pauta da 44ª reunião ordinária da Unidade Regional Colegiada Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba do Conselho Estadual de Política Ambiental**. Uberlândia, 2008. Disponível em: <<http://www.semاد.mg.gov.br/copam/urcs/triangulo-mineiro>>. Acesso em: 1 ago. 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS)**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG. **Mapa de reconhecimento dos solos do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, 1980. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos Solos. In: CUNHA, S. D.; GUERRA, A. J. T. (Org) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 181- 228.

IBGE. **Acervo mapas**. 2012. Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 1 Jun. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Geração de Imagens. **Catálogo de Imagens**. 2012. Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30 jun. 2012

NETTO, A. L. C. Hidrologia De Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 93-148.

ROCHA, M. M. **Modelagem da dispersão de vetores biológicos com emprego da estatística espacial**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica)- Instituto Militar de Engenharia-IME, Rio de Janeiro. 2004.

ROSA, R. M; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 13, p. 77-105, 1999.

ROSA, R.; BRITO; J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia: EDUFU, 1996.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p. 63-74, 1994.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE. 1977.

TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 2009.

VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 40-45, mar. 1981.