

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL

MAÍSA GOMES CARNEIRO

**CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL E
LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO
RIO MOURÃO - PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

MAÍSA GOMES CARNEIRO

**CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL E
LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO
RIO MOURÃO - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão –PR.

Orientador: Dr. José Hilário Delconte Ferreira.
Co-orientadora: Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo.

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Ambiental - COEAM
Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

CLASSIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL E LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO - PARANÁ

por

MAÍSA GOMES CARNEIRO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28/02/2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr. José Hilário Delconte Ferreira
Orientador

Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo
Co-orientadora

Dr. Eudes José Arantes
Membro titular

Dra. Maria Cleide Baldo
Membro titular

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão,
por todo apoio, incentivo e carinho durante a
longa caminhada até a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força sempre e por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho. Desde a fase de vestibular eu sinto que está presente em tudo o que faço, conquisto e aprendo, tanto nas vitórias como nas derrotas.

Aos meus pais, Graziela Gomes e José Eugênio Carneiro, por toda estrutura oferecida desde sempre, por nunca desistirem de mim e por serem as pessoas que mais me influenciam em tudo o que faço e planejo.

Ao meu irmão Anderson Gomes Carneiro, por ser meu melhor amigo e a pessoa mais parceira que tenho na vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira, por me dar suporte desde o início da graduação e ter tido paciência para me auxiliar sempre que precisei.

À minha Co-orientadora Profa. Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo, por ter sempre demonstrado interesse e incentivo em projetos e publicações, me abrindo oportunidades para o futuro.

Aos meus amigos e amigas por estarem sempre presentes durante toda a graduação e por terem contribuído, de forma agregadora, na permanência em Campo Mourão. Foram realmente uma família que vou guardar para sempre no coração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica e recursos financeiros para o projeto.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram e participaram da minha fase de graduação e para a realização deste trabalho.

RESUMO

CARNEIRO, Maísa, G. **Classificação da vulnerabilidade geoambiental e levantamento do uso e ocupação do solo da bacia do rio Mourão - PR.** 2014. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Os estudos de vulnerabilidade geoambiental de uma bacia hidrográfica servem como suporte para o planejamento e gestão ambiental. A vulnerabilidade da bacia remete-se aos elementos de geologia, geomorfologia, declividade, classes de solo e textura de solos, que quando combinados e associados ao tipo de uso e ocupação da terra podem fornecer informações importantes para recomendações mais adequadas de manejo e uso. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento da vulnerabilidade geoambiental da bacia rio do Mourão, a qual foi associada ao tipo de uso e ocupação do solo atual. A bacia de estudo tem forte representatividade no contexto de abastecimento hídrico e elétrico da região. O trabalho foi desenvolvido por meio da criação de um banco de dados geográfico, contendo as informações de declividade, classes de solo e textura de solo da bacia para que fosse possível a geração da carta de vulnerabilidade geoambiental, em escala de 1:250.000. O uso e ocupação do solo foi feito com imagens recentes do LandsatTM5. Os resultados mostraram que vulnerabilidade geoambiental da bacia é variada, tendo sua área com, aproximadamente, 0,02% de muito alta, 2,98% de alta, 10% de intermediária, 63% de baixa e 24% de muito baixa vulnerabilidade. Ou seja, a bacia apresenta a maior parte de seu território com muito baixa e baixa vulnerabilidade à erosão. Os uso e ocupações do solo também são variados, apresentando predomínio de agropecuária (73,4%). O grau de vulnerabilidade à erosão é influenciado pelas características geoambientais, devendo ser levadas em consideração para práticas de manejo adequadas com as categorias de capacidade de uso.

Palavras-Chave: Vulnerabilidade geoambiental. Bacia hidrográfica. Uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

Carneiro, Maisa, G. **Rating geoenvironmental vulnerability and investigates the use and occupation of the watershed of the river Mourão - PR.** 2014. 50f. Term Paper, Bachelor of Environmental Engineering, Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2014.

Geo-environmental studies vulnerability of a watershed serve as support for planning and environmental management. The vulnerability of the basin refers to the elements of geology, geomorphology, slope, soil types and soil texture, which when combined and associated with the type of use and occupation of land can provide important information to more appropriate recommendations for management and use. Within this context, this study aimed to map the geo-environmental vulnerability of the river Mourao, which was associated with the type of use and occupancy of the current soil basin. The basin study has strong representation in the context of water and electricity supply in the region. The work was developed through the creation of a geographic database containing information of slope, soil types and soil texture of the bowl to make possible the generation of the letter of Geo-environmental vulnerability, scale 1:250,000. The use and occupation of land was made to recent pictures LandsatTM5. The results showed that geo-environmental vulnerability of the basin is varied, having its area of approximately 0.02% too high , 2.98 % high , 10% intermediate 63% low and 24% of very low vulnerability . I.e., the basin has most of its territory with very low and low vulnerability to erosion. The use and occupation of the soil are also varied, with a predominance of agriculture (73.4 %). The degree of vulnerability to erosion is influenced by geo-environmental characteristics should be taken into consideration for appropriate management practices with the categories of usability.

Key words: geo-environmental vulnerability, Watershed, use and land cover.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da bacia do rio Mourão em relação ao estado do Paraná.....	15
Figura 2 - Municípios com partes de seus territórios inseridos na bacia do rio Mourão.....	16
Figura 3 - Classes de solo da bacia do Rio Mourão, Paraná.	25
Figura 4 - Texturas de solo da bacia do rio Mourão, Paraná.....	26
Figura 5 - Declividade da bacia do rio Mourão, Paraná.	31
Figura 6 - Vulnerabilidade geoambiental da bacia do rio Mourão, Paraná.	33
Figura 7 - Uso e ocupação do solo da bacia do rio Mourão, Paraná.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hierarquização da vulnerabilidade por horizontes diagnósticos de subsuperfície..	20
Tabela 2 - Hierarquização da vulnerabilidade por textura.	20
Tabela 3 - Hierarquização da vulnerabilidade por classe de declividade	20
Tabela 4 - Matriz de tabulação entre as unidades de solo e textura.....	21
Tabela 5 - Matriz de tabulação entre unidade de solo e declividade. Classes de vulnerabilidade obtidas: Vulnerabilidade I – 11, 12, 21 e 22 / Vulnerabilidade II - 13, 23, 31, 32, 33 Vulnerabilidade III - 14, 15, 24, 25, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53, 54.....	22
Tabela 6 – Categorias de terras de acordo com sua aptidão, capacidade produtiva e limitações de acordo Lepsch et al. (1991).	36
Tabela 7 – Classes de terras de capacidade de uso de acordo Lepsch et al. (1991).....	37
Tabela 8 - Síntese da caracterização geoambiental, uso e ocupação do solo e categorias de acordo com sua aptidão,	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDG - Banco de Dados Geográfico

Cfa – Clima temperado subtropical, com verão quente

Cfb – Clima temperado com verão ameno

Cwa – Clima temperado subtropical de inverno seco

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística

Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências

IVDN - Índice Normalizado de Vegetação

Labgeo - Laboratório de Geoprocessamento da UTFPR - Campo Mourão

Landsat - *Land Remote Sensing Satellite*

Legal - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

MNT - Modelo Numérico de Terreno

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

Sirgas - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

Spring - Sistema de Informação Georreferenciadas

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

TFSA - Terra fina seca ao ar

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UTM - Universal Transversa de Mercator

WMO - *World Meteorological Organization*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
4 MATERIAS E MÉTODOS	15
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.2 PROCESSAMENTO DAS CARTAS TEMÁTICAS	18
4.2.1 Declividade, solos, geologia e geomorfologia	18
4.2.2 Vulnerabilidade Geoambiental	19
4.2.3 Uso e Ocupação do Solo.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 CARTAS TEMÁTICAS AUXILIARES PARA A VULNERABILIDADE	24
5.2 CARTA DE VULNERABILIDADE	32
5.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	34
5.4 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES DA BACIA DO RIO MOURÃO.....	36
5.5 VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	43
5.5.1 Planalto de Campo Mourão.....	43
5.5.2 Planalto de Apucarana	44
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental de um território tem sua eficiência dependente, em grande parte, do levantamento de dados e estudos prévios do terreno. Deve abordar os principais elementos do meio para que proporcione uma melhor identificação de sua situação ambiental.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos para oferecer novas soluções e técnicas metodológicas em relação ao planejamento e gestão ambiental, com o foco de compreender e minimizar as influências antrópicas sobre o ambiente e seus processos. Dentro dessas diversas novas técnicas o geoprocessamento é um recurso muito utilizado, pois possibilita a interação de diversas características ambientais, fornecendo uma avaliação dos recursos físicos, naturais e bióticos de um local.

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem em vista a necessidade de se ter conhecimento do meio físico da bacia do rio Mourão. A opção de estudar esta bacia hidrográfica se justifica pelo fato dela contribuir para o abastecimento água e hidrelétrico da região. Também, pelo fato de que uma bacia hidrográfica contempla elementos físicos, biológicos, químicos e socioeconômicos de uma região, fornecendo informações que contribuem para uma melhor eficácia de projetos de planejamento e gestão ambiental.

A identificação das características ambientais de uma bacia e suas vulnerabilidades podem ser utilizadas para indicar as potencialidades e limitações para o uso e ocupação do solo. No caso deste estudo, a vulnerabilidade da bacia envolve a análise integrada dos elementos de geologia, geomorfologia, declividade, classes de solo e textura de solos. Esses elementos quando combinados e associados ao tipo de uso e ocupação fornecem informações importantes para recomendações mais adequadas quanto ao uso e ocupação do terreno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar a classificação da vulnerabilidade geoambiental e do uso e ocupação do solo da bacia do rio Mourão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organizar um Banco de Dados Geográfico (BDG) da bacia hidrográfica do rio Mourão no software Spring (Sistema de Processamento de Informação Georreferenciadas), versão 5.2.5, com informações de declividade, classes e textura de solo;
- Gerar um mapa de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio mourão, na escala de 1:250.000, adaptando a metodologia de Santos et al. (2007), utilizada para o estado do Paraná;
- Fazer o levantamento da atual situação do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Mourão, em escala de 1:250.000, utilizando imagens recentes do LandsatTM5 (*Land Remote Sensing Satellite*);
- Relacionar a vulnerabilidade geoambiental com o uso e ocupação do solo da bacia, dentro dos limites da escala utilizada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Existem diversas definições de bacia hidrográfica na literatura. Para Tucci (1997 apud PORTO et al., 2008), a bacia hidrográfica é a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, ou seja, compõe-se de um conjunto de superfícies (vertentes) e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Sobre o território de uma bacia hidrográfica se desenvolvem diversas atividades, ou seja, contempla áreas urbanas, industriais, agrícolas e de preservação. Segundo Porto et al. (2008), é possível afirmar que o exutório de uma bacia hidrográfica representa a soma dos processos que fazem parte do seu sistema, ou seja, trata-se de uma consequência da ocupação do solo e da forma de utilização das águas que para ele convergem.

Seguindo a ideia de Yassuda (1993) sobre bacia hidrográfica, pode-se considerar que é um local de interação das águas com o meio físico, biótico, social, econômico e cultural.

A utilização de bacia hidrográfica como unidade integradora de aspectos diversos (físicos, sociais e econômicos), foi abordada pela WMO - *World Meteorological Organization* (1992 apud PORTO, 2008).

A gestão de recursos hídricos baseada no recorte territorial das bacias hidrográficas ganhou força no início dos anos 1990, quando os Princípios de Dublin foram acordados na reunião preparatória à Rio-92. Diz o Princípio número 1 que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas.

Calijuri et al. (2007), afirmam que os estudos que sustentam a avaliação do meio físico natural, juntamente com as atividades humanas, se mostram importantes para o planejamento e ordenamento do uso do solo, integrando o desenvolvimento social e econômico com a conservação do meio. Neste contexto, as ideias de Spörl

& Ross (2004, p.40) sobre as “vulnerabilidades e potencialidades” devem ser levadas em conta.

A identificação dos ambientes naturais e suas vulnerabilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

O significado e vulnerabilidade não é consenso nos estudos sobre o tema, o que pode dificultar a comparação dos resultados de trabalhos semelhantes. Para Lima et al. (2000), a vulnerabilidade de um geossistema é a análise conjunta das características dos meios físicos (solo, rocha, relevo, clima e recursos hídricos), biótico (tipo de vegetação) e antrópico (uso e ocupação do solo). Tais características podem tornam o alteram a estabilidade do relevo, tornando-o mais ou menos sujeito aos processos de erosão.

Na literatura é possível verificar que o conceito de vulnerabilidade está associado a determinadas questões, problemas e/ou impactos ambientais, tais como mudança climática, erosão, queimadas, desmoronamentos, enchentes, entre outros. Segundo Gallopin (2006), é importante delimitar quais perturbações serão estudadas, pois um ambiente pode se apresentar vulnerável a um tipo de problema, enquanto a outros não.

Segundo Santos et al. (2006), a vulnerabilidade ambiental tem como objetivo essencial indicar as potencialidades e limitações do uso e ocupação do solo na área de estudo, ou seja, contribuir para o entendimento da realidade espacial e possíveis intervenções na mesma.

Dentro deste contexto a carta de Vulnerabilidade Geoambiental funciona como ferramenta importante para o entendimento da vulnerabilidade de uma área de estudo, uma vez que a intervenção desordenada de atividades humanas sobre os recursos naturais sinaliza para a necessidade de práticas de planejamento ambiental. O uso indiscriminado do solo contribui para a modificação das suas características, prejudicando o manejo e a conservação do mesmo, degradando-o.

Segundo Batista Filho (2007), o Brasil possui cerca de 20% dos solos agricultáveis do planeta. Os solos são um recurso estratégico, não renovável, de alta importância social, econômica e ambiental. Mesmo assim, de acordo com Garcia et al. (2005), a produção agrícola causa diversos impactos ao meio, como a

degradação dos solos, em função da utilização de métodos inadequados de uso e manejo.

Cassol e Lima (2003), afirmam que o manejo inadequado do solo favorece a ação do intemperismo, causando uma destruição gradual de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como aumentando os riscos de erosão. A erosão do solo, de acordo com Bertol et al. (2007), envolve desagregação, transporte e deposição de partículas. Sofre influência do regime pluviométrico, tipo de solo, topografia, cobertura e sistema de manejo.

Endres et al. (2006) descrevem que, a erosão pode ser minimizada em situações nas quais o solo apresenta proteção por cobertura vegetal e sistema radicular abundante. Baseado na afirmação de Cassol (1981) é possível verificar a importância da cobertura vegetal, pois ela intercepta as gotas de chuva, dissipando sua energia cinética e evitando impacto direto sobre a camada superficial do solo. Também permite que a velocidade de escoamento seja reduzida, o que diminui o grau de desagregação do solo e o arraste de sedimentos.

As geotecnologias entram nesse contexto como uma ferramenta para o planejamento e prevenção de áreas potencialmente de risco, bem como para conhecer seus usos e ocupações. Segundo Bezerra et al. (2011), a obtenção de informações sobre a ocupação do solo pode ser realizada com dados coletados por sensores remotos de satélite orbitais.

Dentro deste contexto e de acordo com Câmara e Medeiros (1998), as geotecnologias, apresentam crescente influência em análises ambientais, principalmente por serem tecnologias de levantamento de dados de custo relativamente baixo, nas quais são integradas técnicas computacionais e matemáticas para o levantamento de caracterização de uma área de estudo. Segundo Oliveira et al. (2010), os recursos tecnológicos atuais permitem o levantamento de informações com afastamento dos objetos de estudo, mas a pesquisa de campo é necessária para que se possa verificar e validar os resultados obtidos.

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Mourão drena uma área aproximada de 1.650 km² e faz parte da bacia do rio Ivaí. Está situada entre as longitudes O 52°30' e O 52°12' e latitudes S 23°44' e S 24°25', na mesorregião centro-ocidental do Paraná (Figura 1), abrangendo partes dos municípios de Engenheiro Beltrão, Luiziana, Mamborê, Quinta do Sol, Peabiru e Campo Mourão (Figura 2).

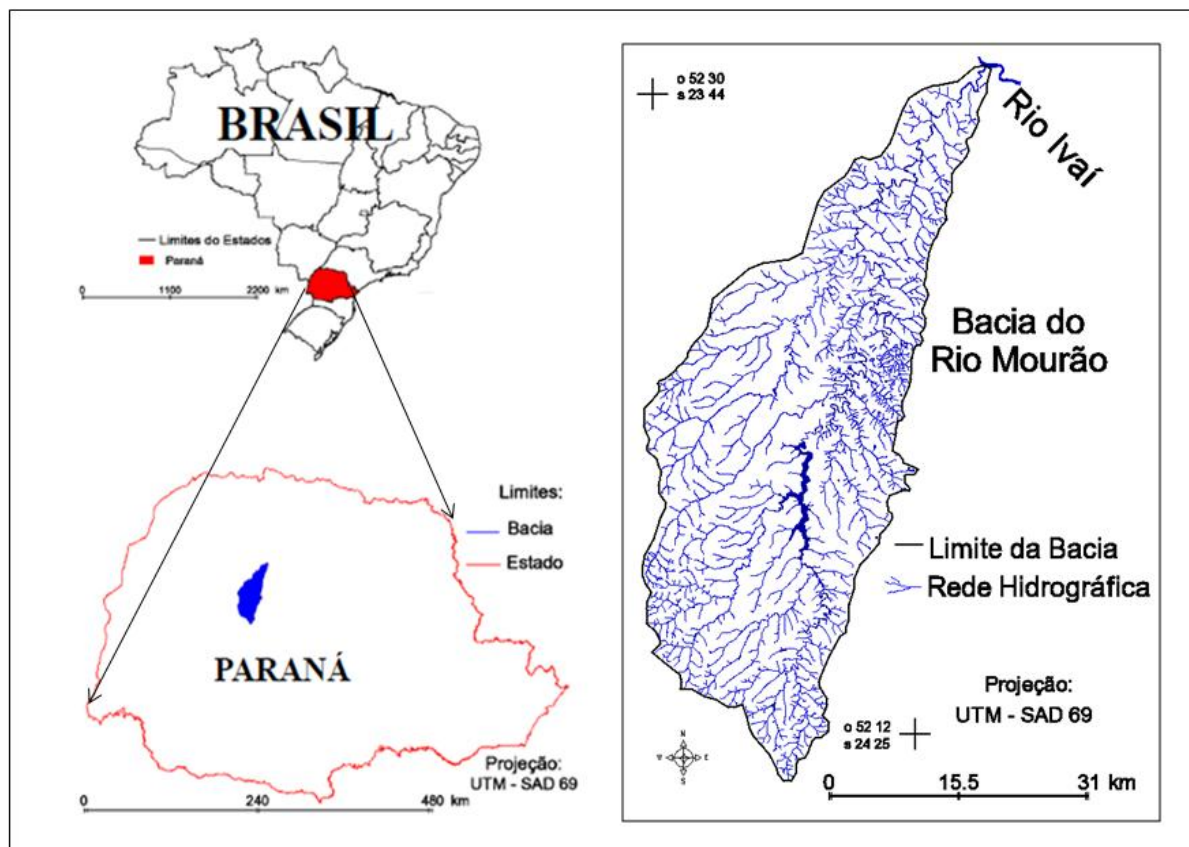


Figura 1 - Localização da bacia do rio Mourão em relação ao estado do Paraná.

Fonte: Adaptado de Labgeo - Laboratório de Geoprocessamento da UTFPR - Campo Mourão.

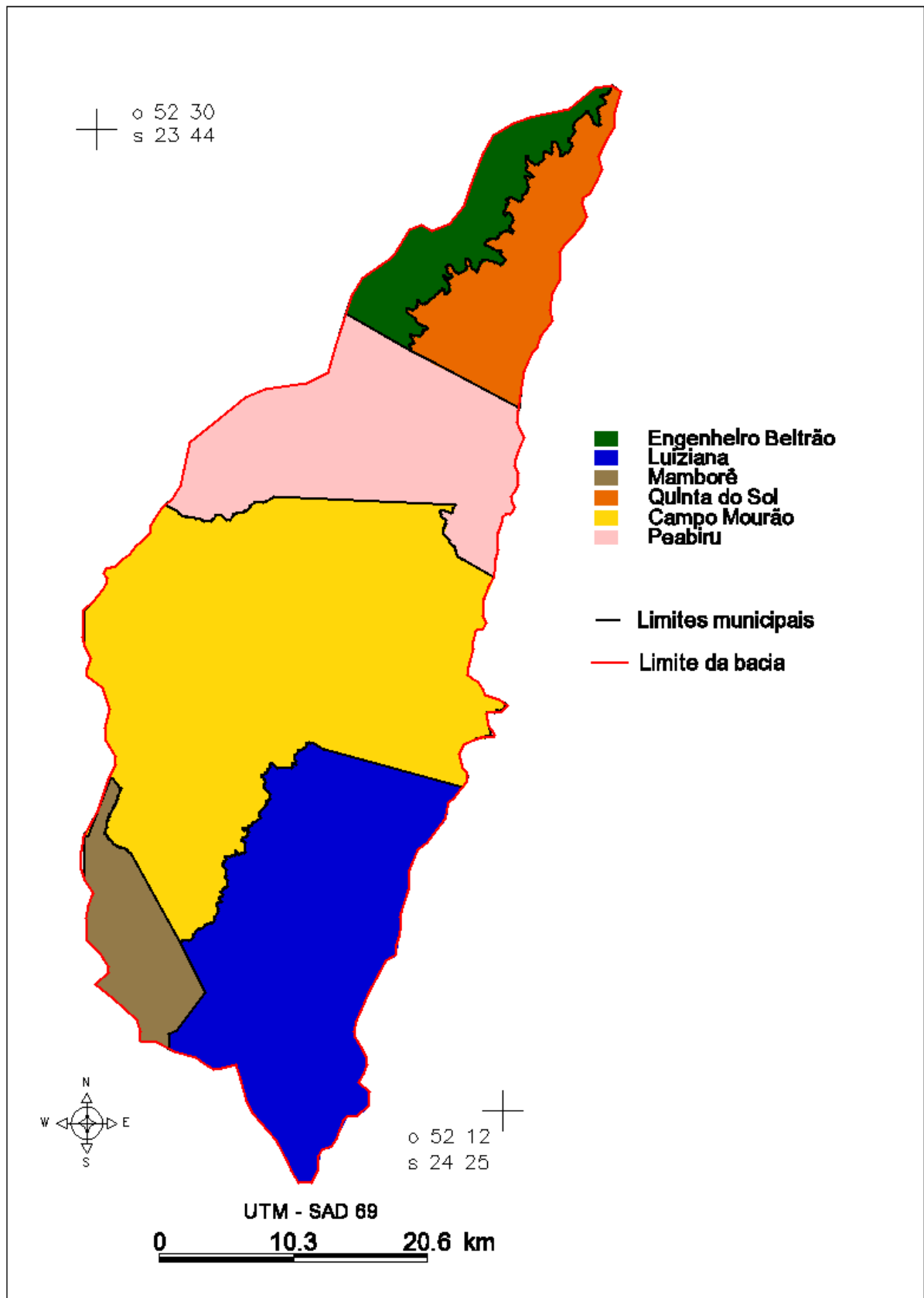


Figura 2 - Municípios com partes de seus territórios inseridos na bacia do rio Mourão.
 Fonte: Adaptado de Labgeo - Laboratório de Geoprocessamento da UTFPR - Campo Mourão.

A bacia de estudo apresenta importância para o abastecimento urbano e rural, pois contribui na captação de água utilizada para a irrigação, além de participar na produção de energia elétrica, tendo uma usina hidrelétrica (Usina Mourão I) e uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica Salto Natal), ambas instaladas no rio Mourão, principal rio da bacia.

Segundo Mezzomo (2013), o rio Mourão apresenta drenagem dendrítica e canal retilíneo e meandrante. As nascentes estão localizadas principalmente ao sul e sudoeste da bacia, abrangendo parte dos municípios de Luiziana e Mamborê. Em direção à foz corta os municípios de Campo Mourão e Peabiru e faz o limite natural entre os municípios de Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol, desaguando no rio Ivaí.

De acordo Caviglione et al. (2000), o clima também é variado, apresentando-se como Cfa, Cfb e Cwa. Segundo Koeppen (1948), o Cfa é subtropical, com verão quente, apresentando temperaturas superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco; o Cfb é temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas e sem estação seca; e o Cwa é subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C).

Com base nos dados do ITCG (2009), a fitogeografia da bacia apresenta 3 classes: Cerrado, Floresta Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista Montana. Dentro dos limites da bacia, os municípios de Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol pertencem à Floresta Semidecidual; Mamborê e Luiziana à Floresta Ombrófila Mista Montana; Peabiru, em sua maioria, pertence à Floresta Semidecidual, apresentando pequena porção de Floresta Ombrófila Mista Montana à sudoeste do município; e Campo Mourão possui a maior parte de seu território pertencente à Floresta Ombrófila Mista Montana, apresentando pequena porção de Floresta Semidecidual à nordeste de seu território e fragmentos de Cerrado. Ou seja, essa zona de transição climática faz da região um ecótono de vegetação entre a Floresta Estacional Semidecidual com a Floresta Ombrófila Mista, apresentando encraves de cerrado.

Segundo Roderjan et al. (2002), nas regiões norte e oeste do estado e nos vales dos rios, abaixo dos 800 metros de altitude, define-se a região com Floresta Estacional Semidecidual. Já na porção oeste da Serra do Mar, ocupando as áreas planálticas do estado, situa-se a região com Floresta Ombrófila Mista, ocorrendo entre 800 e 1200 metros de altitude, podendo ocorrer acima desses limites.

Roderjan *et al.* (2002) afirmam também que, na região oeste do Paraná a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual podem ser encontradas na forma de um ecótono, caracterizado como a interpenetração de espécies características das duas unidades.

4.2 PROCESSAMENTO DAS CARTAS TEMÁTICAS

4.2.1 Declividade, classes de solo

Para fazer a análise da bacia foi criado um Banco de Dados Geográfico (BDG) utilizando o *software* Spring, versão 5.3.5. Dentro do BDG foi criado um projeto com projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum Sirgas (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) 2000, sendo o retângulo envolvente do projeto com coordenadas planas x1: 343666.20, y1: 7289148.27, x2: 390920.98 e y2: 7378948.34.

Para o mapeamento da hidrografia da bacia foi necessário trabalhar primeiramente com as cartas topográficas SF- SS-Y-D-IV-2,3e4, SG-22-V-B-I-1,2e3 e SG-22-V-A-III-2e4, em escala 1:50000, obtidas através do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e que já estavam armazenadas em formato digital no laboratório de geoprocessamento da UTFPR, campus Campo Mourão, sendo necessário georreferenciá-las. Foram digitalizadas as linhas correspondentes aos rios e lagos da rede de drenagem do rio Mourão até a sua foz no rio Ivaí.

A delimitação da bacia foi feita a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução de 30 metros, disponível no site do *Jet Propulsion Laboratory*.

Para a criação da carta de declividade a imagem SRTM também foi utilizada. Criou-se no modelo de dados a categoria temática “Declividade-MNT” e foi utilizado o MNT (Modelo Numérico de Terreno), para a geração da grade de declividade.

Após a geração da grade foi possível identificar seus valores mínimos e máximos e, assim, realizar o fatiamento da grade de declividade para obtenção das classes.

Às classes temáticas, no botão “**visual**”, foram associadas cores, seguindo uma variação, desde o amarelo para áreas mais planas até o marrom para áreas mais acidentadas. As classes utilizadas para declividade foram as seguintes: plano ondulado (0-5%), suave ondulado (5-12%), ondulado (12-30%), forte ondulado (30-47%) e montanhoso (maior de 47%).

As informações para a criação da carta de classes de solos tiveram como base o material da Embrapa (2007). Foram obtidas em formato *Shape* as informações (linhas, polígonos e classes), em escala 1:250.000, as quais foram importadas para o BDD utilizando um retângulo envolvente com as coordenadas geográficas que englobassem o projeto da bacia de estudo

4.2.2 Vulnerabilidade Geoambiental

Foram importados, da Embrapa (2007), os dados de textura dos solos da bacia do rio Mourão. A carta de vulnerabilidade geoambiental da bacia hidrográfica do rio Mourão foi gerada com base na metodologia utilizada para o estado do Paraná por Santos et al. (2007, em escala 1:250.000, por meio do correlacionamento dos dados de declividade, textura e classes do solo. Para a correlação foi utilizada álgebra de mapas e inferência geográfica usando a linguagem Legal (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico).

Para a hierarquização das unidades de solos foi utilizada a proposta de Santos et al. (2007), adaptando para 5 classes de vulnerabilidade geoambiental, que considerou a declividade, as classes de solo (Tabela 1) e as classes de textura de solo (Tabela 2). Foram atribuídos pesos em relação à vulnerabilidade aos processos de erosão.

Tabela 1 - Hierarquização da vulnerabilidade por horizontes diagnósticos de subsuperfície

Unidade de solo	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Neossolo (litólico e quartzarênico)	Muito Alta	5
Argissolo	Intermediária	3
Cambissolo	Intermediária	3
Espodossolo	Muito Alta	5
Gleissolo	Muito Alta	5
Latossolo	Muito Baixa	1
Nitossolo	Baixa	2
Organissolo	Muito Alta	5

Fonte: Santos et al., 2007.

Tabela 2 - Hierarquização da vulnerabilidade por textura.

Textura do solo	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Argilosa	Muito Baixa	1
Argilosa/ Média	Baixa	2
Média e/ ou Siltosa	Intermediária	3
Arenosa/ Média	Muito Alta	5
Arenosa	Muito Alta	5

Fonte: Santos et al., 2007.

A Carta de vulnerabilidade foi definida seguindo as matrizes anteriormente apresentadas e a matriz de declividade (Tabela 3).

Tabela 3 - Hierarquização da vulnerabilidade por classe de declividade

Classe de declividade	Hierarquia de vulnerabilidade	Peso
Inferior a 5%	Muito Baixa	1
5 a 12%	Baixa	2
12 a 30%	Intermediária	3
30 a 457%	Alta	4
Superior a 47%	Muito Alta	5

Fonte: Santos et al., 2007.

Na tabela 4 foram tabuladas as unidades de solos com a textura, resultando em cinco agrupamentos (I, II, III, IV e V), que representam uma hierarquização crescente da vulnerabilidade, considerando que, quanto maior a textura maior o valor de vulnerabilidade. E, dependendo da classe de solo vai ser acrescido maior ou menor vulnerabilidade..

Tabela 4 - Matriz de tabulação entre as unidades de solo e textura

Textura	Unidade de solo				
	Latossolo	Nitossolo	Argissolo e Cambissolo	Gleissolo e Alissolo	Neossolo (litólico e quartzarênico), Espodossolo, Organossolo, Solos de Mangues indiscriminados e Afloramentos de rocha
Argilosa	11	12	13	14	15
Argilosa/ Média	21	22	23	24	25
Média e/ ou Siltosa	31	32	33	34	35
Arenosa/ Média	41	42	43	44	45
Arenosa	51	52	53	54	55

Fonte: Santos et al., 2007.

Agrupamento dos resultados obtidos da tabela 4: Agrupamento I - 11 / Agrupamento II - 12, 21 e 22 / Agrupamento III - 13, 23, 31, 32, 33 / Agrupamento IV - 14, 24, 34, 41, 42, 43 e 44 / Agrupamento V – 15, 25, 35, 45, 51, 52, 53, 54, e 55. Para o agrupamento foi feita uma correlação entre as informações de classes de solo e classes de textura de solo, resultando em novos valores de acordo com o peso (valor) de cada classe.

Na tabela 5 foram tabulados os agrupamentos anteriores (I, II, III, IV e V) com a declividade, originando cinco classes de vulnerabilidade geoambiental: muito baixa, baixa, intermediária, alta e muito alta.

**Tabela 5 - Matriz de tabulação entre unidade de solo e declividade. Classes de vulnerabilidade obtidas: Vulnerabilidade I – 11, 12, 21 e 22 / Vulnerabilidade II - 13, 23, 31, 32, 33
Vulnerabilidade III - 14, 15, 24, 25, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53, 54**

Declividade	Agrupamentos				
	I	II	III	IV	V
Inferior a 5%	11	12	13	14	15
5 a 12%	21	22	23	24	25
12 a 30%	31	32	33	34	35
30 a 47%	41	42	43	44	45
Superior a 47%	51	52	53	54	55

Fonte: Santos et al., 2007.

4.2.3 Uso e Ocupação do Solo

Para a elaboração da Carta de uso e ocupação do solo foram utilizadas as imagens LandsatTM5, com resolução de 30 metros, cenas 223/76 e 223/77 (ambas de 2011), as quais foram importadas para o BDG no Spring e pré-processadas através de procedimentos de restauração, realce e contraste.

Foi gerada imagem IVDN - Índice Normalizado de Vegetação, com o objetivo amenizar a interferência do solo, a influência atmosférica e as variações zenitais do sol, apesar de sua característica de saturação em casos de vegetação com alta densidade e em multicamadas.

Foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3, do sensor TM do Landsat5, em uma composição RGB. Essas bandas, juntamente com o IVDN foram segmentadas e criadas as classes temáticas para o uso e ocupação do solo. Optou-se por utilizar as seguintes classes: urbano, água, florestal, silvicultura e agropecuária.

Foram criados arquivos de contexto para ambas as cenas (223/76 e 223/77), para os quais foram utilizadas as bandas 30, 40, 50 e IVDN (todas com realce) e as suas respectivas segmentações. Foram adquiridas amostras para cada tema criado,

com exceção do urbano, o qual foi feito de forma manual posteriormente (edição matricial).

Com a aquisição de amostras realizadas foi possível gerar as imagens de classificação de uso e ocupação do solo. Foi optado por utilizar classificação do tipo Bhattacharya que é uma classificação semi automática, gerando classes, mas dependendo do classificador para a aquisição de amostras. Após a geração das imagens classificadas foram associados os temas adquiridos com as classes de uso e ocupação do solo, através de Mapeamento de classes para imagens temáticas, sendo os resultados pertencentes à categoria “**Uso_do_solo**”.

Com esses procedimentos feitos foi possível realizar a correção manual das imagens classificadas. A correção manual se faz necessária pelo fato de que o pré-processamento associa aglomerados de pixels semelhantes, mas nem sempre essas associação representa a classes verdadeira do aglomerado, sendo necessária a comparação da classificação com as imagens sintéticas geradas.

Após a definição de classes de vulnerabilidade e do levantamento de classes de uso e ocupação do solo foram atribuídas categorias de terras de acordo com as características das classes de solo, declividade e vulnerabilidade geoambiental à erosão, tendo como base o Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso de Lepsch et al. (1991).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARTAS TEMÁTICAS AUXILIARES PARA A VULNERABILIDADE

Conforme a proposta do trabalho, após análise e tratamento das informações coletadas e geradas foi possível elaborar as cartas temáticas para a análise da vulnerabilidade da bacia, ou seja, as de classes de solo (Figura 3), texturas de solo (Figura 4) e declividade (Figura 5), utilizadas para gerar a carta de vulnerabilidade.

De acordo com o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (OKA-FIORI et al., 2006), o território em que se encontra a bacia hidrográfica em estudo, pertence à unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná e à unidade morfoescultural Terceiro Planalto Paranaense, envolvendo as unidades morfológicas Planalto de Campo Mourão e Planalto de Apucarana.

O Planalto de Campo Mourão envolve partes dos territórios de Engenheiro Beltrão, Quinta do Sol, Peabiru, Campo Mourão, Mamborê e Luiziana. Já o Planalto de Apucarana envolve os territórios dos mesmos municípios, com exceção de Mamborê.

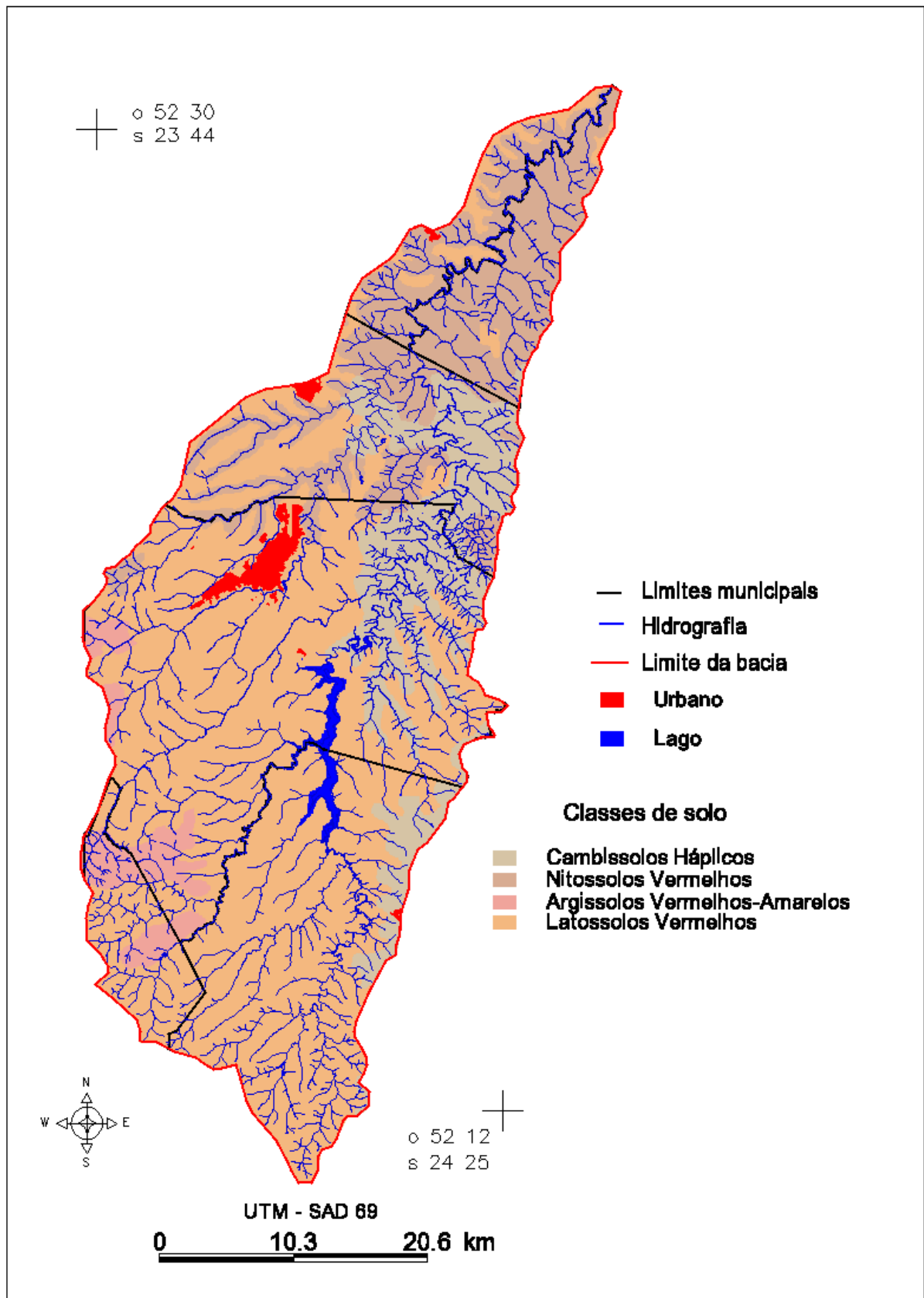


Figura 3 - Classes de solo da bacia do Rio Mourão, Paraná.

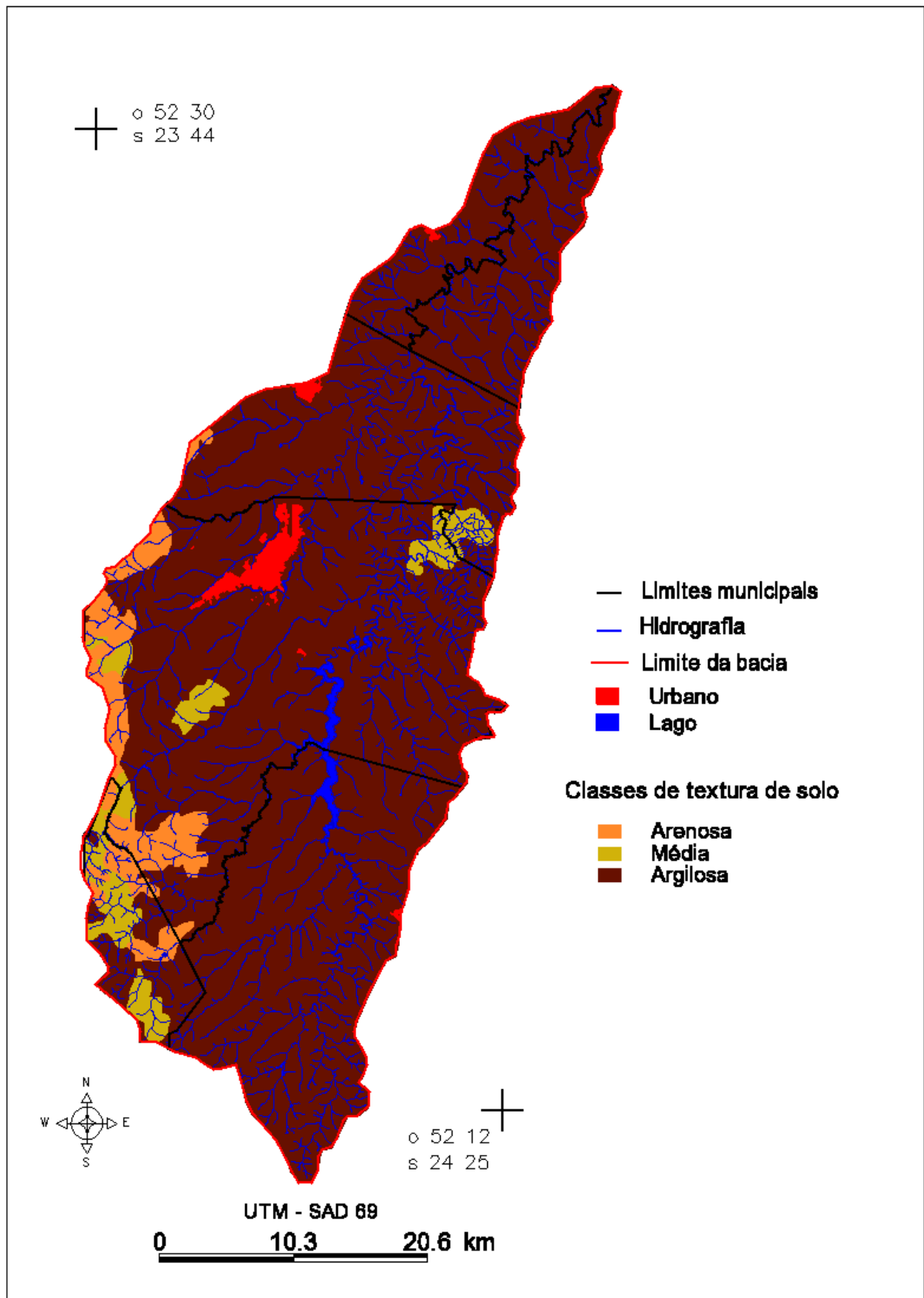


Figura 4 - Texturas de solo da bacia do rio Mourão, Paraná.

Em termos geológicos, a bacia apresenta Aluviões de terraço , Aluviões atuais, Coluviões, Grupo Bauru (Formação Caiuá) e Grupo São Bento (Formação Serra Geral).

Segundo o glossário da Mineropar (2014), aluviões são depósitos de origem fluvial ou lacustre, constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas das planícies de inundação e do sopé dos montes e das escarpas. Já o Coluvião é um solo ou fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas de morros, devido à ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas subjacentes. Grandes massas de materiais formados por colúviação diferencial podem receber o nome de coluviões.

De acordo com Mineropar (2001), nas áreas pertencentes ao Grupo Bauru (Formação Caiuá) há ocorrência de rochas sedimentares de idade recente (Cenozóico). As rochas dessa formação compreendem sequência litoestratigráfica composta por arenitos de coloração vermelho-arroxeadado, altamente friável.

Ainda segundo Mineropar (2001), o grupo São Bento (Formação Serra Geral) apresenta rochas ígneas extrusivas de idade Jurássico- Cretáceo, constituídas por basalto. Os sucessivos derrames de material magmático e diferenciações de resfriamento favorece a estrutura fraturada, intercalando com vesiculares e maciças.

A bacia de estudo apresenta quatro classes predominantes segundo a escala utilizada: Cambissolos Háplicos, Nitossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos–Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Os Cambissolos, segundo Embrapa (2006), são constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Podem ser húmicos quando apresentam horizonte, flúvicos quando com caráter flúvico dentro de 120cm a partir da superfície do solo ou háplicos, quando não se enquadram nas classes anteriores.

De acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (2007), os Cambissolos são solos que apresentam grande variação de profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação às demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B

incipiente (Bi), também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos.

Lima et al. (2012) também destacam que os Cambissolos quando pouco profundos e em relevos inclinados são muito susceptíveis à erosão, o que facilita o assoreamento dos rios e lagos. As áreas declivosas, nas quais este tipo de solo é mais raso, devem ser destinadas à preservação da fauna e flora ou pastagem (culturas perenes). Ocupações urbanas neste tipo de solo representam problemas sanitários e de deslizamento, em decorrência do relevo e/ou profundidade.

De acordo com Embrapa (2006), os Nitossolos apresentam 350g/kg ou mais de argila, inclusive no horizonte A, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150cm da superfície do solo. Os Nitossolos Vermelhos são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (exclusive BA).

O IBGE (2007) afirma que, os Nitossolos apresentam um horizonte B nítico, que é um horizonte subsuperficial com moderado ou forte desenvolvimento estrutural do tipo prismas ou blocos e com a superfície dos agregados reluzentes, relacionadas a cerosidade ou superfícies de compressão. Têm textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva. Os Nitossolos Vermelhos (anteriormente a classificação de solos da Embrapa em 1999, eram descritos como Terras Roxas Estruturadas e Terras Roxas Estruturadas Similares) têm ocorrência em praticamente todo o País.

Segundo a Embrapa (2006), os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

O IBGE (2007) afirma que, os Argissolos têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escuras. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos e profundos. São verificados em praticamente todas as regiões do Brasil.

A Embrapa (2006) afirma que, os Latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. Os Latossolos Vermelhos são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). De acordo com o IBGE (2007), os Latossolos Vermelhos são, em geral, muito intemperizados, profundos, de boa drenagem e quase sempre com baixa fertilidade, necessitando de correções químicas para o uso agrícola. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil. Distribuem-se por amplas superfícies no território nacional, ocorrendo em praticamente todas as regiões, diferenciando-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro.

Lima et al. (2012) afirmam que, suas características fazem com que sejam os muito utilizados na produção rural. Apresenta alta estabilidade, baixo risco de erosão e grande capacidade para suportar estradas, construções, além de ser local favorável para instalação de aterros sanitários.

Segundo Embrapa (2003), a textura do solo refere-se à proporção relativa em que se encontram, em determinada massa de solo, os diferentes tamanhos de partículas. Para simplificar as análises, principalmente quanto às práticas de manejo, a Embrapa agrupa os solos em três classes de textura: Arenosa, Média e Argilosa.

A Embrapa (2003) afirma que, os solos de textura Arenosa (solos leves) possuem teores de areia superiores a 70% e o de argila inferior a 15%. São permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica. Altamente susceptíveis à erosão, necessitando de cuidados especiais na reposição de matéria orgânica, no preparo do solo e nas práticas conservacionistas. São limitantes ao método de irrigação por sulcos, devido à baixa capacidade de retenção de água, o que ocasiona uma alta taxa de infiltração de água no solo e conseqüentemente elevadas perdas por percolação.

Os solos de textura Média (solos médios) são solos que apresentam certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila. Normalmente, apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade.

Portanto, não necessitam de cuidados especiais, adequando-se a todos os métodos de irrigação (EMBRAPA, 2003).

Ainda segundo a Embrapa (2003), os solos de textura argilosa (solos pesados) são solos com teores de argila superiores a 35%. Possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, o que além de dificultar a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos, dificultando os trabalhos de mecanização. Embora sejam mais resistentes à erosão, são altamente susceptíveis à compactação, o que merece cuidados especiais no seu preparo, principalmente no que diz respeito ao teor de umidade, no qual o solo deve estar com consistência friável. Apresentam restrições para o uso da irrigação por aspersão quando a velocidade de infiltração básica for muito baixa (EMBRAPA, 2003).

Já em relação a declividade (Figura 5) da bacia do rio Mourão esta varia de plano ondulado à montanhoso, sendo que as duas classes com maior representatividade são, em sequência, plano ondulada e suave ondulada. Foi possível verificar que a bacia apresenta regiões onduladas em áreas de nascentes, principalmente nos municípios de campo Mourão e Peabiru. No território de Luiziana, as áreas onduladas estão próximas ao rio Mourão.

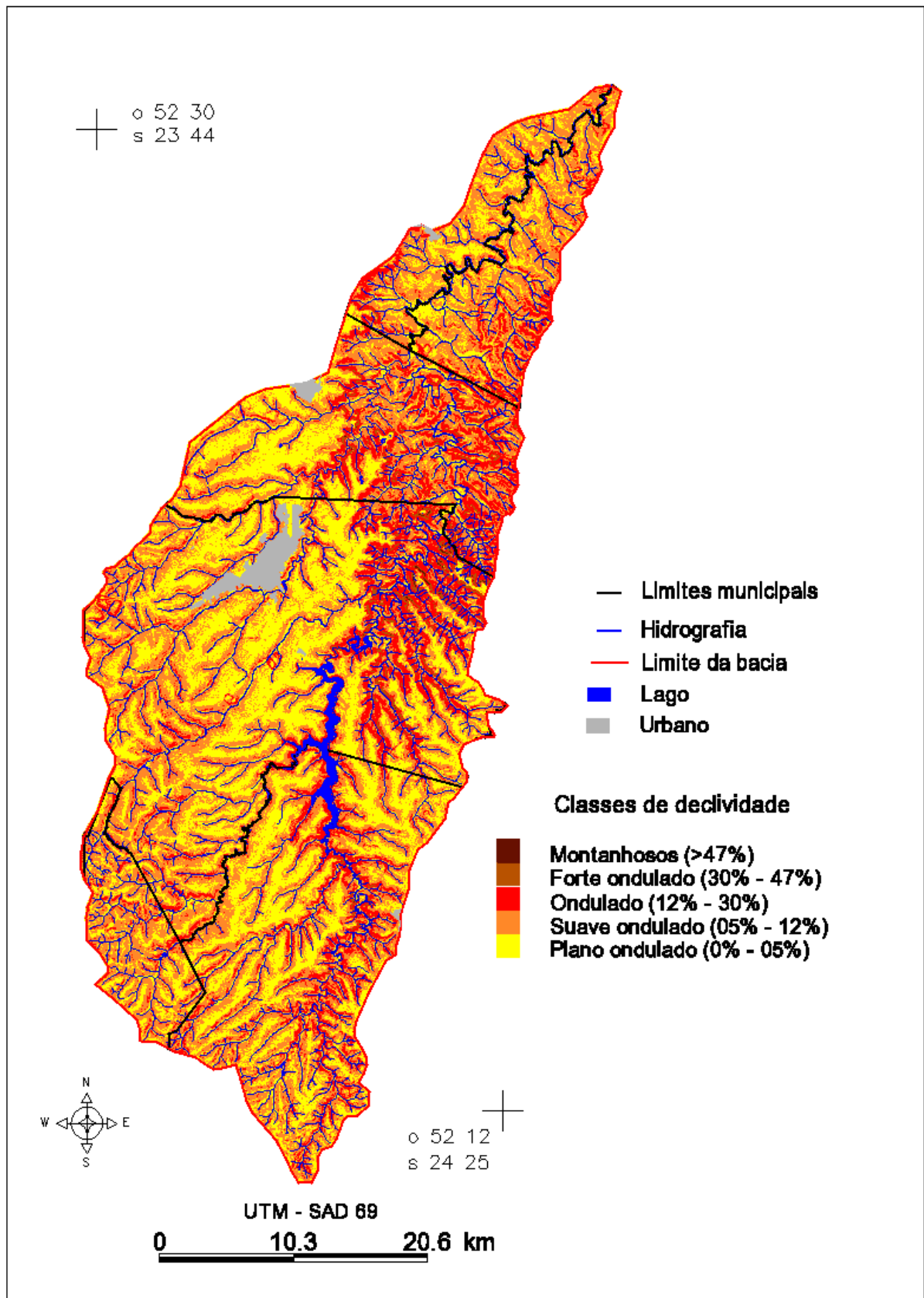


Figura 5 - Declividade da bacia do rio Mourão, Paraná.

5.2 CARTA DE VULNERABILIDADE

A vulnerabilidade da bacia do rio Mourão (Figura 6) foi condicionada à erosão, fornecendo subsídio importante para o planejamento regional. Por outro lado, não substitui a necessidade de estudos mais detalhados que foquem na utilização do solo para fins urbanos e rurais, tendo em vista que a escala utilizada no trabalho não fornece um detalhamento suficiente para tal.

A carta de vulnerabilidade mostra que a área da bacia é representada por, aproximadamente, 0,02% de muito alta, 2,98% de alta, 10% de intermediária, 63% de baixa e 24% de muito baixa vulnerabilidade. Ou seja, a bacia apresenta a maior parte de seu território com muito baixa e baixa vulnerabilidade à erosão.

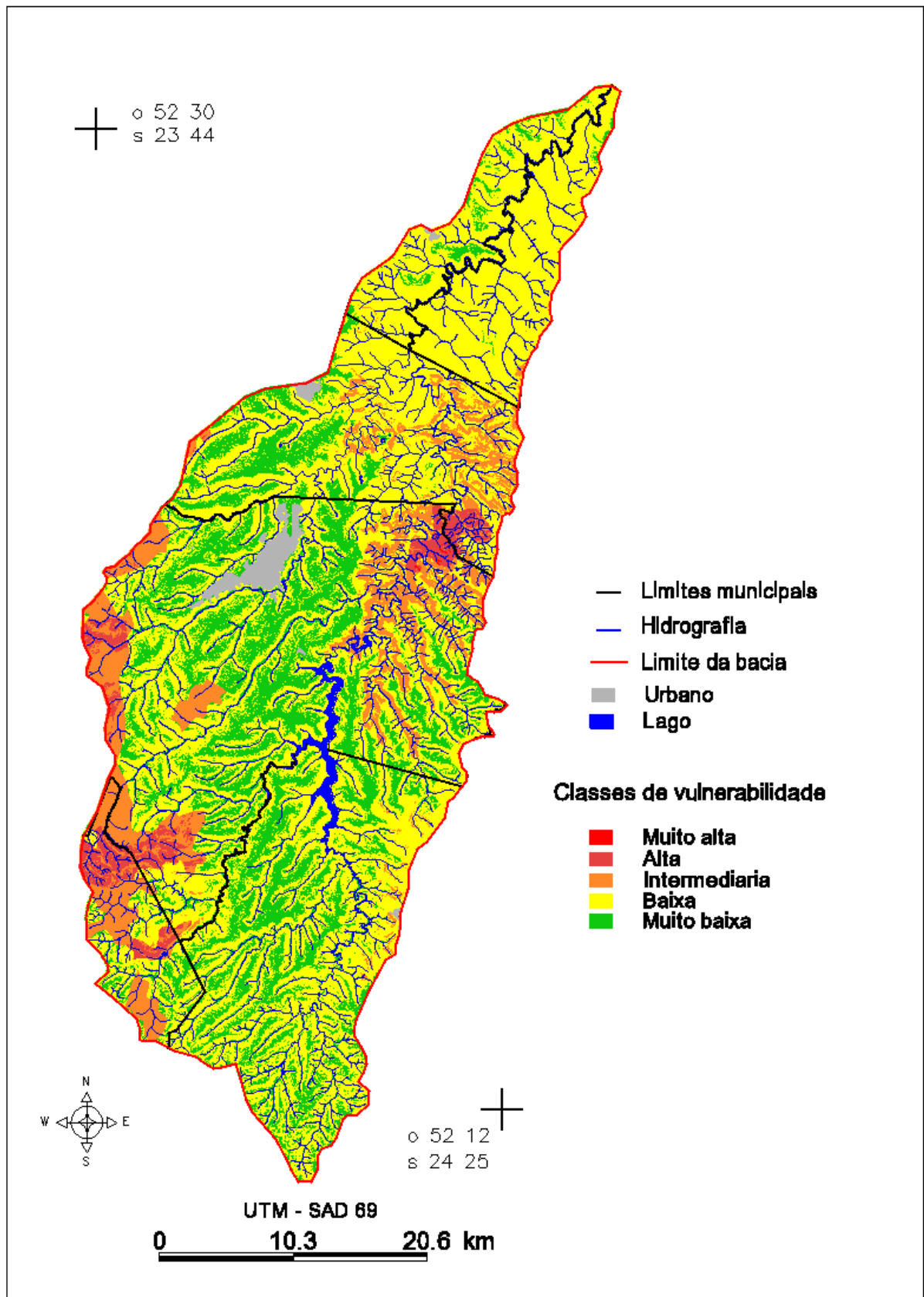


Figura 6 - Vulnerabilidade geoambiental da bacia do rio Mourão, Paraná.

5.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A carta de uso e ocupação do solo mostra que a bacia do rio Mourão possui seu solo coberto por aproximadamente 70,4% de agropecuária, 0,3% de silvicultura, 24% de florestal, 0,9% de água e 1,4% de áreas urbanas (Figura 7). Isso mostra que a bacia tem seu solo coberto principalmente por áreas de agricultura e pastagens.

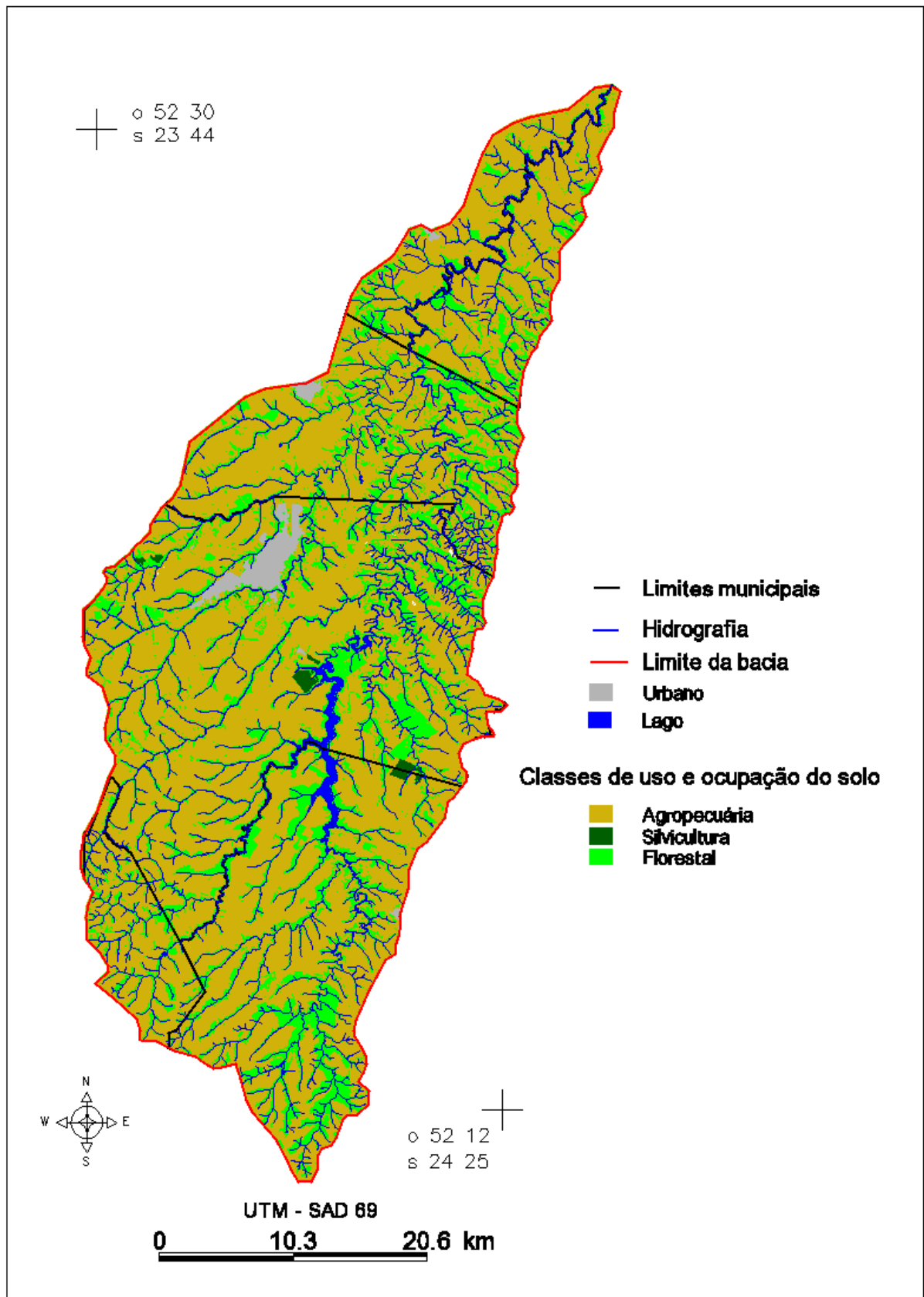


Figura 7 - Uso e ocupação do solo da bacia do rio Mourão, Paraná.

5.4 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES DA BACIA DO RIO MOURÃO COM CLASSIFICAÇÃO DE CATEGORIAS DE CAPACIDADE DE USO

O Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso, de Lepsch et al. (1991), agrupa os solos, levando em consideração os fatores de classes de solo, declividade, ocorrência de erosão, pedregosidade, drenagem e outros fatores. A classificação do Manual apresenta e diferencia três categorias de acordo com sua aptidão, capacidade produtiva e limitações (Tabela 6), abrangendo 8 classes de capacidade de uso (Tabela 7), havendo da primeira para a última um aumento constante no número e ou intensidade de limitações.

Tabela 6 – Categorias de terras de acordo com sua aptidão, capacidade produtiva e limitações de acordo Lepsch et al. (1991).

Categoria	Descrição
Categoria A	Terras próprias para culturas , pastagens e florestas. Nesta categoria estão incluídas as classes I, II, III e IV.
Categoria B	Terras impróprias para culturas, mas próprias para pastagens e florestas. Compreendem as Classes V, VI e VII.
Categoria C	Terras impróprias para qualquer exploração agrícola, servido apenas de abrigo para a vida silvestre (caça e pesca) ou recreação, e representado pela classe VIII.

Tabela 7 – Classes de terras de capacidade de uso de acordo Lepsch et al. (1991).

Classe	Descrição
Classe I	Terras sem problemas de conservação, apresentam solos muito profundos (mais de 2m), relevo praticamente plano (0-2%), altamente produtivo, sem erosão aparente, bem drenada, sem pedras e fáceis de trabalhar.
Classe II	Terras com problemas simples de conservação, apresenta solos profundos (1 a 2m), são produtivas, tem declives suaves (2% a 5%), erosão ligeira, são livre de pedras, menos de 1% da área e facilmente trabalháveis (práticas simples como plantio em nível, cultura em faixas, adubação de manutenção).
Classe III	Terras com problemas complexos de conservação, apresentam solos moderadamente profundos (0,5 a 1m), produtividade razoável, declives moderados (5% a 10%) e erosão é moderada, ou planas e mal drenadas, presença de pedras dificultando mecanização total. Exigem práticas como, terraceamento, cordões de contorno, drenagem artificial, irrigação.
Classe IV	Terras com problemas sérios de conservação, apresentam solos profundos (1 a 2m) e rasos (25 a 50cm), são em geral pouco produtivas, ou com boa produtividade mas com problemas de forte declividade (10% a 20%) ou outros como: erosão acentuada, pequena profundidade dos solos, presença de pedras (em 10 a 30% da área). São terras que não devem ser aradas todos os anos, podendo ser melhor utilizadas com culturas perenes e práticas intensivas.
Classe V	Terras inadequadas para culturas e próprias para pastagens e florestas. São terras de boa fertilidade, planas, não sujeitas a erosão, porém, com problemas de drenagem, sendo sujeitas a inundação freqüentes, ou por serem muito pedregosas. Não apresentam restrições ao uso para pastagens e florestas. Apresentam solos rasos, boa fertilidade, são planos, não sujeitas a erosão, porém, com problemas de drenagem, sendo sujeitas a inundação freqüentes, ou por serem muito pedregosas. Não apresentam restrições ao uso para pastagens e florestas.
Classe VI	Terras para pastagem e florestas com restrições moderadas ao uso. São no geral de baixa produtividade, ou quando de boa produtividade, com problemas de declividade 20 a 40%, ou pedregosidade ou solo raso (25 a 50cm), ou moderadamente profundo (0,5 a 1m), com 30 a 50% de pedras, ou com erosão severa. As restrições no uso com a pastagem, diz respeito principalmente ao ajuste do número de cabeças/ha, divisão dos pastos, e práticas mecânicas de controle de erosão.
Classe VII	Terras somente aproveitáveis para pastagens ou florestas, porém com severas restrições ao uso apresentando solo raso (25 a 50cm), ou moderadamente profundo (0,5 a 1m). A produtividade pode ser boa, porém, no geral com declividades muito íngrimes (acima de 40%), ou muito erodidas, ou ainda muito pedregosas. O uso em pastagens exige muito cuidado. É mais aconselhável o reflorestamento.
Classe VIII	Servem somente para abrigo da vida silvestre ou recreação. Afloramento de rocha, brejo, pântanos, declives excessivamente íngrimes, ou severamente erodidos. Servem para construções de represas.

Para determinar essas oito classes. Lepsch et al. (1991) utilizam dados de solo (textura, profundidade efetiva, permeabilidade, etc.), declividade, drenagem, ocorrência de grau de erosão e pedregosidade. É importante observar que a indicação das categorias e classes representa apenas uma sugestão, por depender também do nível de detalhe desejado para o trabalho em execução.

No trabalho foram utilizadas apenas as categorias de Lepsch et al. (1991) para analisar a bacia do rio Mourão. As características geoambientais, o uso e ocupação do solo e as categorias do sistema de capacidade de uso foram sintetizadas na tabela 8.

Tabela 8 - Síntese da caracterização geoambiental, uso e ocupação do solo e categorias de acordo com sua aptidão,

Unidade morfo-estrutural/ morfo-escultural	Unidades geomorfológicas	Município	Solos	Declividade predominante	Vulnerabilidade à erosão predominante	Uso e ocupação predominante	Categorias de terras de acordo com sua aptidão, capacidade produtiva e limitações
Bacia Sedimentar do Paraná/ Terceiro Planalto Paranaense	Planalto de Campo Mourão	Engenheiro Beltrão	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Baixa/ Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Nitossolo Vermelho	Suave ondulado/ Ondulado	Baixa	Florestal	Categoria A
		Quinta do Sol	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa/ Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Nitossolo Vermelho	Suave ondulado/ Ondulado	Baixa	Florestal	Categoria A
		Peabiru	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave	Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A

Bacia Sedimentar do Paraná/ Terceiro Planalto Paranaense	Planalto de Campo Mourão	Peabiru	Cambissolo Haplíco	Suave ondulado/ Ondulado	Baixa/ Intermediária	Agropecuária	Categoria A e B
			Nitossolo Vermelho	Suave	Baixa/ Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa/ Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
		Campo Mourão	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Florestal/ Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Argissolo Vermelho-Amarelo	Suave ondulado	Alta	Agropecuária	Categoria C
			Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Intermediária	Agropecuária	Categoria B
			Latossolo Vermelho	Suave ondulado	Intermediária	Agropecuária	Categoria B
		Mamborê	Latossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Baixa/ Intermediária	Agropecuária	Categoria A e B
			Argissolo Vermelho-Amarelo	Suave/ Suave ondulado	Alta	Agropecuária	Categoria C
			Latossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Intermediária/ Baixa	Agropecuária	Categoria B e A
			Argissolo Vermelho-Amarelo	Suave ondulado	Alta	Agropecuária	Categoria C
			Latossolo Vermelho	Suave	Muito Baixa/ Baixa	Agropecuária	Categoria A

Bacia Sedimentar do Paraná/ Terceiro Planalto Paranaense		Luiziana	Latossolo Vermelho	Suave ondulado/ Ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
	Planalto de Apucarana	Engenheiro Beltrão	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave	Muito Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Nitossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
		Quinta do Sol	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado/ Ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave/ Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Cambissolo Haplico	Ondulado	Intermediária	Agropecuária/ Florestal	Categoria B
		Peabiru	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave ondulado/ Ondulado	Muito Baixa/ Baixa	Agropecuária	Categoria A
			Cambissolo Haplico	Suave ondulado/ Ondulado	Intermediária/ Baixa	Agropecuária/ Florestal	Categoria B e A
			Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Florestal	Categoria A
		Campo Mourão	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado	Baixa	Agropecuária/ Florestal	Categoria A
			Latossolo Vermelho	Suave	Muito Baixa/ Baixa	Agropecuária com algumas partes de Silvicultura	Categoria A
			Cambissolo Haplico	Ondulado	Intermediária com algumas partes Altas	Agropecuária/ Florestal	Categoria B e C

Bacia Sedimentar do Paraná/ Terceiro Planalto Paranaense	Planalto de Apucarana	Luiziana	Latossolo Vermelho	Suave/ Ondulado	Muito Baixa/ Baixa	Agropecuária com algumas partes de Silvicultura	Categoria A
			Cambissolo Haplico	Suave/ Suave ondulado	Baixa com algumas partes Intermediárias	Agropecuária	Categoria A e B

5.5 VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A textura foi analisada para toda a bacia, visualizando que as regiões com presença de texturas arenosa e média apresentaram vulnerabilidade predominantemente Intermediária, com presença de Alta e Muito Alta em menores proporções. Já as regiões com textura argilosa, maioria da bacia, apresentou predomínio de vulnerabilidade Muito baixa e Baixa. Tais fatos podem ser explicados pelos teores de areia, silte e argila presentes em cada classe, que quanto mais partículas de areia maior será a vulnerabilidade à erosão.

As demais características foram analisadas para de acordo com a divisão municipal da bacia, apresentando características diferenciadas entre os municípios para solo, e declividade, sendo também identificados deferentes usos e ocupações predominantes.

5.5.1 Planalto de Campo Mourão

As áreas dos municípios de Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol, dentro da bacia de estudo apresentaram classes de vulnerabilidade predominantemente variadas em Baixa e Muito baixa, principalmente devido aos tipos de solos (Nitossolo e Latossolo) e à baixa declividade que apresentam. O uso e ocupação do solo desses municípios (agropecuária) se mostram compatíveis com categoria A, segundo a classificação proposta por Lepsh et al. (1991).

O município de Peabiru apresentou predominância de Baixa e Muito baixa vulnerabilidade geoambiental, também pelos motivos dos tipos de solos e declividade que possui. Essas áreas apresentam forte presença de agropecuária. Na região em que apresenta Cambissolo Háplico foi constatada a presença de agropecuária com vulnerabilidade Intermediária e Alta em uma área de declividade suave ondulada e ondulada. Essas classes de vulnerabilidade podem ser explicadas

pelo fato de o Cambissolo ser mais susceptível à erosão quando encontrado em locais declivosos e deveriam ter usos compatíveis com a categoria A e B.

Em Campo Mourão, as áreas com declividade suave ondulada apresentou agropecuária e classes de Baixa e Muito baixa para as regiões com Nitossolo e Latossolo, respectivamente, compatíveis com as categorias A e B de aptidão, capacidade produtiva e limitações. Na região com Argissolos foi encontrada a predominância de declividade suave ondulada, vulnerabilidade geoambiental Alta e uso e ocupação com predominância de agricultura. Devido às suas características, os Argissolos quando situados em terrenos mais declivosos favorecem muito à erosão, sendo recomendadas práticas de manejo e conservação adequadas para a categoria C.

Ainda no município de Campo Mourão, foram encontradas áreas de agropecuária e classes de Intermediária (Nitossolo e Latossolo com declividade suave ondulada) e Alta vulnerabilidade (Argissolo e suava ondulada declividade). Nessas áreas o uso e ocupação devem ter ações de manejo adequadas para que o solo não seja prejudicado com a erosão, de acordo com as categorias B e C.

O município de Mamborê apresentou características semelhantes ao município de Campo Mourão, apenas não apresentando o Argissolo. Para o município de Luiziana foi contatada apenas a ocorrência de Latossolo, fator que contribui para que a vulnerabilidade de maior destaque seja Baixa, seguida da Muito Baixa. O uso e ocupação predominante de agropecuária se justifica pelas características geoambientais do município e o enquadramento na categoria A da classificação de Lepsch et al. (1991).

5.5.2 Planalto de Apucarana

Nesta unidade geomorfológica, o município de Engenheiro Beltrão apresentou Nitossolo com Baixa vulnerabilidade geoambiental, com uso e ocupação predominante de agropecuária. A agropecuária, neste caso, deve ser utilizada, pois as características locais não favorecem muito à erosão e a região se enquadra na categoria A.

Quinta do Sol apresentou presença de Nitossolo e Latossolo, com classes de vulnerabilidade Baixa, cobertas por agropecuária, compatíveis com a categoria A. Na área em que apresenta Cambissolo a vulnerabilidade se mostrou com presença de fragmentos de classe Intermediária, declividade ondulada e solo coberto principalmente por agropecuária e florestal. Tal vulnerabilidade pode ser explicada por o Cambissolo favorecer à erosão quando encontrado em áreas mais declivosas, sendo necessárias práticas adequadas com a categoria B. O mesmo ocorreu para o município de Peabiru.

Em Campo Mourão as áreas com Nitossolo e Latossolo apresentaram classes de Baixa e Muito baixa vulnerabilidade à erosão, compatíveis com a categoria A. Já as áreas com presença de Cambissolo e declividade ondulada mostraram presença de algumas áreas de vulnerabilidade Intermediária e Alta (categoria B e C). A agropecuária é predominante no município, devendo ser adotados usos ou práticas de manejo compatíveis com as categorias encontradas.

O município de Luiziana apresentou Latossolo com declividade ondulada e vulnerabilidade baixa. O Latossolo, neste município de apresenta predomínio de agropecuária, uso e ocupação adequando para a categoria encontrada para essas áreas (categoria A). O município também apresenta Cambissolo com suave e suave ondulada declividade, nos quais a vulnerabilidade é Baixa com algumas partes Intermediárias. Isso se explica pelo fato de o Cambissolo quando raso favorecer à processos geotécnicos, devendo ter manejo adequado para as categorias A e B conforme a classificação de Lepsh et al. (1991).

6 CONCLUSÃO

A identificação do grau de vulnerabilidade geoambiental, para as áreas dos municípios pertencentes à bacia do rio Mourão, serve como subsídio relevante ao planejamento regional, pois aponta os motivos de instabilidade ou não de cada área, fornecendo condições de manejo e planejamentos mais adequados. Mesmo assim, é importante lembrar que não substitui a necessidade de estudos de maior detalhe, até mesmo à campo, tendo em vista o pouco detalhamento da escala utilizada.

A bacia do rio Mourão apresenta, em maior parte do seu território, as classes de Muito Baixa e Baixa vulnerabilidade geoambiental à erosão com agropecuária, características compatíveis com a categoria A da classificação de Lepsch et al. (1991). As regiões de Intermediária e Alta vulnerabilidade, encontradas nos municípios de Peabiru, Campo Mourão e Mamborê, devem ter seus usos, ocupações e práticas de manejo compatíveis com as categorias B e C.

O uso e ocupação do solo devem ser baseados na vulnerabilidade geoambiental e nas categorias de aptidão, capacidade e limitação. Ações como manter a cobertura vegetal em áreas com maior declividade ou pastagem em áreas de suave ondulação, planejar a intervenção rural e urbana de acordo com a capacidade geoambiental da região, monitorar as alterações do uso e ocupação do solo e realizar reflorestamento em áreas devastadas (principalmente em áreas com classes de Alta e Muito Alta vulnerabilidade geoambiental), podem servir para que a erosão seja controlada e minimizada.

REFERÊNCIAS

BATISTA FILHO, Malaquias. O Brasil e a segurança alimentar. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 7, n. 2, p. 121-122, abr/jun 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-38292007000200001&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BERTOL, Ildegardis; COGO, Neroli P.; SCHICK, Jefferson; GUDAGNIN, Jean C.; AMARAL, André J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/14.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

BEZERRA, Marcus V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, Bergson G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e IVDN obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n. 7, p. 709 – 717, 2011.

CALIJURI, Maria. L.; ALVES, José E. M.; BAPTISTA, Alessandra C.; SANTIAGO, Aníbal da F.; LOURES, Samuel S. P. Proposta metodológica da carta de Fragilidade Ambiental, utilizando lógica fuzzy e combinação linear ponderada. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, SC. Anais...21-26 abr., 2007. Disponível em: <<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.15.54/doc/3311-3318.pdf>>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. APLICAÇÕES NA AGRICULTURA**. Editado POR Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano. 2 ed., e ampl.- Brasília: Embrapa - SPI/ Embrapa – CPAC, 1998. 434p.

CASSOL, Elemar. A. A experiência gaúcha no controle da erosão rural. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSÃO, 2., 1981, São Paulo. **Anais...** p.149-81.

_____.; LIMA, Vladimir S.de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n1/a16v38n1.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000, Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 12 de mar. de 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Algodão: Sistemas de Produção 3**, versão eletrônica. Jan 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado/solos.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

_____. **Mapas de solo do estado do Paraná**. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª edição. Brasília, DF. 2006.

ENDRES, Paula F.; PISSARRA, Teresa C. T.; BORGES, Maurício J.; POLITANO, Walter. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca – SP. **Artigos científicos – Topografia, Fotogrametria e Sensoriamento remoto. Eng. Agrícola**. Vol. 26 n. 1. Jaboticabal. Jan/Abr 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30111.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

GALLOPIN, Gilberto. C. **Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity**. *Global Environmental Change*, v. 16, n.3, p. 293- 303, 2006.

GARCIA, Gilberto J.; ANTONELLO, Sérgio L.; MAGALHÃES, Mônica G. M. Nova versão do sistema de avaliação de terras – SIAT. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 516-529, mai. - ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n2/26515.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2007.

ITCG - Instituto da Terras, Cartografia e Geociência. **Formações fotogeográficas**. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fi_togeografico_A3.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.

KÖPPEN, W. **Climatologia. Com um estúdio de los climas de la tierra**. México. CE. 1948. p. 482-487.

LEPSCH, Igo F.; BELLINAZI Jr. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2 impressão.rev. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS. Campinas, 1991, 175p.

LIMA, Luiz C.; MORAIS, Jáder. O. de; SOUZA, Marcos. J. N.de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: UNECE, 2000.

LIMA, Valmiqui C.; LIMA, Marcelo R.; MELO, Vander de F. Conhecendo os principais solos do Paraná: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. **Socienda Brasileira de Ciência do Solo**. Curitiba, 1 ed., 2012. Disponível em: <http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/cartilha_solos_pr.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2014.

MEZZOMO, Maristela M. Caracterização geocológica do trecho superior da bacia hidrográfica do rio Mourão - PR: subsídio ao planejamento da paisagem. **Geingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Maringá, v.5, n.1, p. 18 – 38, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/view/19886>>. Acesso em: 5 nov. 2013.

MINEROPAR. **Glossário A**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=A>>. Acessado em: 17 Jan. 2014.

_____. **Glossário C**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=C>>. Acessado em: 17 Jan. 2014.

NASA - *National Aeronautic And Space Administration*: **Jet Propulsion Laboratory**. *SEMT*. Disponível em: <<http://www.jpl.nasa.gov>>. Acesso em: 9 out. 2014.

OLIVEIRA, Ana I. L.; ROCHA-FRANCA, Washington da; VALE, Raquel C. do. Integração de dados geoprocessados para mapeamento geomorfológico da folha Mucugê – BA. In.: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, mai. 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema2/ana_isabel>. Acesso em: 14 mar. 2014.

OKA FIORI, Chisato SANTOS, Leonardo J. C.; CANALI, Naldy. E.; FIORI, Alberto P.; SILVEIRA, Claudinei T. da; BRISKI, Sandro J.; FELIPE, Rogério da S.; SILVA, Julio M. F. da; ROSS, Jurandyr L. S. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: Mineropar, 2006. 56 p. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf>. Acesso em: 16 Jan. 2014.

PORTO, Mônica F. A.; PORTO, Rubens La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200004&script=sci_arttext> Acesso em: 21 jan. 2014.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, jan./jun. 2002.

SANTOS, Leonardo J. C. et al. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 37, n. 4. Dez. 2007. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol37_down/3704/7971.pdf>. Acesso em: 10 set. 2013.

SANTOS, Pollyana. A. F.; CANALI, Naldy. E.; OKA FIORI, Chisato. Fragilidade Ambiental da bacia do Rio Ipiranga – PR. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology. Goiânia, 2006, Goiânia. Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology, 2006. v. II. p. 1-11.

SPÖRL, Christiane & ROSS, Jurandyr L.S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geosp/Geosp15/Artigo3.pdf>> . Acesso em: 22 jan. 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Col. **ABRH de Recursos Hídricos**, 2.ed., v.4, Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. The Dublin Statement and Report of the Conference. *International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century*. Dublin, Irland: 26-31 Jan. 1992.

YASSUDA, Eduardo. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista Adm. Púb.**, Rio de Janeiro, v.27, n.2, abr/jun 1993. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/viewFile/8663/7394>>. Acesso em: 20 jan. 2014.