

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**INDICADORES DE FRAGILIDADE À EROSÃO
NO APOIO À DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RIOS**

TESE DE DOUTORADO

Josita Soares Monteiro

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

PPGEEF/UFSM, RS

MONTTEIRO, Josita Soares

DOCTORA

2014

**INDICADORES DE FRAGILIDADE À EROSÃO
NO APOIO À DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE EM RIOS**

por

Josita Soares Monteiro

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal**

Orientador: Prof^a. Dr^a Jussara Cabral Cruz

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Soares Monteiro, Josita

INDICADORES DE FRAGILIDADE À EROSÃO NO APOIO À
DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RIOS /
Josita Soares Monteiro.- 2014.

172 f.; 30cm

Orientador: Jussara Cabral Cruz

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2014

1. Área de Preservação Permanente 2. Curso d'água 3.
Estabilidade de Taludes Fluviais 4. Protocolo de
Avaliação Rápida 5. Indicadores de fragilidade à erosão I.
Cabral Cruz, Jussara II. Título.

© 2014

Todos os direitos reservados a Josita Soares Monteiro. Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor.

Endereço: Rua Ernesto Pereira, n.100, Apto 205. Camobi - Santa Maria, RS.

Fone: (0xx55) 9627.7381; Endereço Eletrônico: jositasm@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

**INDICADORES DE FRAGILIDADE À EROSÃO
NO APOIO À DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE EM RIOS**

elaborada por
Josita Soares Monteiro

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutora em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jussara Cabral Cruz, Dr^a.
(Presidente/Orientador)

Rudiney Soares Pereira, Dr. (UFSM)

Alessandro Carvalho Miola, Dr. (UFSM)

Masato Kobiyama, Dr. (UFRGS)

Rafael Cabral Cruz, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2014.

DEDICATÓRIA

Esta tese é dedicada aos meus amores: meu pai, Jucevelte, minha mãe, Tereza, e meu marido, André. E, em especial, à memória de meu avô, Glodomiro Rodrigues Monteiro. Sua presença nunca me faltou e sempre que me sentia frágil, o pensamento no senhor me fazia retomar a fé e a coragem.

AGRADECIMENTOS

A ideia inicial de uma Tese pode surgir de um único indivíduo, no entanto, a trajetória para desenvolvê-la dificilmente percorre-se sozinho. O questionamento inicial que levou à hipótese deste estudo acompanhou-me desde a graduação, esperando o momento em que encontrasse o caminho, tendo ao meu lado parceiros de caminhada.

Apesar de ter consciência de que a tentativa de listar todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal durante esses quatro anos é uma tarefa arriscada, não poderia deixar de destacar alguns indivíduos e instituições, dentre os quais há incentivadores e aqueles que caminharam ao meu lado durante este percurso, que não é finito.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Jussara Cabral Cruz, meu muito obrigada pela amizade, carinho, paciência e orientação ao longo de todos esses anos.

Agradeço aos demais professores da UFSM, em especial aos integrantes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - PPGEF;

Um agradecimento especial aos membros da banca examinadora que, de forma muito atenciosa, disponibilizaram seu tempo para contribuir com o enriquecimento desta tese;

Serei eternamente grata à Universidade Federal de Santa Maria, pelas inúmeras oportunidades proporcionadas;

Agradeço ao CNPq, pela bolsa de estudos, o que viabilizou a realização deste trabalho, nos anos iniciais;

Muito obrigada àqueles colegas da Prefeitura Municipal de Itaara, local onde trabalho, que sempre me incentivaram.

Obrigada aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais, especialmente às secretárias do PPGEF, Cerlene (Tita) e Rone;

Tenho muito a agradecer a uma pessoa especial, que no início era uma colega de laboratório, em seguida passou a ser uma amiga querida e hoje se tornou minha irmã loira: Damáris Gonçalves Padilha. Sem tua ajuda acredito que não teria conseguido. Obrigada não só pela amizade, pelo carinho e pelo auxílio técnico, mas, principalmente, pelo incentivo, pelo sorriso e pela presença constantes.

Preciso homenagear, ainda, os amigos queridos que de uma forma ou de outra contribuíram com sua força e estímulo para que eu conseguisse completar este percurso. Em especial aos integrantes do GERHI. Em nome de Edner Baumhardt (quem me apresentou o

GERHI, obrigada!), Elisandra Maziero, João Francisco C. Horn, Régis Leandro Lopes da Silva, Pedro Pascotini, Karla Campagnolo, Maicon Silveira, Pamina Lampert, Carine Baggiotto, Mirian Valente, Calinca Barão, Romário Carvalho e Prof. Mário Trevisan, agradeço e homenageio a todos.

Queridos amigos Catize Brandelero (e família), Fernanda Oliveira Brüning (e família) e Erni Milani (e família) obrigada por fazerem parte da minha vida, a alegria de vocês é contagiante.

Agradeço ao colega Eng. Florestal, Msc. Júlio César W. Soares, pela realização da análise granulométrica do solo.

E um agradecimento mais do que especial à minha família:

- aos meus pais que nunca me deixaram faltar nada de que precisei, principalmente amor! Sempre me apoiaram em todos os momentos e ensinaram-me a seguir meus passos com responsabilidade e retidão.

- ao meu irmão Gilnei, minha cunhada Viviane e meu sobrinho Gabriel, pelo carinho com que entenderam minha ausência em alguns momentos.

- ao André, pela coragem de ter passado de namorado a marido no decorrer do meu processo de doutoramento. Brincadeiras à parte, só tenho a agradecer-te pelo amor, pelo carinho, pelo incentivo e por tantas vezes ter aberto mão da minha companhia para que eu pudesse dedicar-me à tese.

Epígrafe

“Tudo parece impossível até que seja feito”

(Nelson Mandela)

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

INDICADORES DE FRAGILIDADE À EROSÃO NO APOIO À DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RIOS

AUTORA: Josita Soares Monteiro

ORIENTADORA: Jussara Cabral Cruz

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2014.

A proteção aos cursos d'água é motivada por instrumentos legais que instituem áreas de preservação permanente (APPs) ao longo dos mesmos, sendo essas definidas a partir da largura do curso d'água. Contudo, acredita-se que há outros fatores a serem considerados, como os serviços ecossistêmicos oferecidos pelas APPs. Com o objetivo de desenvolver uma metodologia de aplicação fácil e que apoie a identificação de serviços ecossistêmicos promovidos pelas APPs ao longo de cursos d'água, em particular a estabilidade dos taludes fluviais, este estudo desenvolveu um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), composto por 7 parâmetros - *vegetação, textura do solo, trecho do rio, inclinação do talude, profundidade do solo no talude, largura do curso d'água e, uso e cobertura da terra*, atribuindo a eles pesos de 0 a 4, em função da influência de suas categorias na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais. O PAR foi aplicado em 40 unidades amostrais na microbacia do Arroio Val de Buia, no município de Silveira Martins, RS. O resultado final do PAR para cada unidade amostral permitiu a criação de classes de suscetibilidade à erosão: “estável”, “susceptível” e “instável”. Simultaneamente, desenvolveu-se a programação de um algoritmo em linguagem *Python 2.6* (ArcGIS® 10), a fim de determinar indicadores de fragilidade à erosão de áreas vertentes ao curso d'água e a contribuição dos mesmos na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais. A análise estatística (teste *t*) evidenciou diferenças significativas entre as unidades avaliadas pelo PAR. A partir das técnicas de Análise Hierárquica de Agrupamentos (AHA) e de Análise de Componentes Principais (ACP), foi possível observar a ocorrência de agrupamento entre as diferentes unidades amostrais, em duas classes distintas, de acordo com as categorias de suscetibilidade à erosão resultantes do PAR. Os parâmetros fundamentais que determinaram os agrupamentos foram: solo, profundidade do solo no talude, vegetação, trecho do curso d'água e uso e cobertura da terra. A ACP mostrou ainda que a primeira componente principal (CP1) explicou 43,54% da variância total dos dados, enquanto a segunda explicou 25,93%, as quais evidenciaram as semelhanças entre as unidades amostrais “estáveis” e “instáveis”, respectivamente. Para os indicadores de fragilidade à erosão, foram obtidas as seguintes informações: comprimento máximo de vertente afluente; declividade média da vertente de comprimento máximo; área de drenagem afluente acumulada; declividade média da área de drenagem afluente acumulada e; velocidade média de vertente de comprimento máximo. A contribuição dos indicadores de fragilidade na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais pode ser intensificada ou atenuada em função das categorias dos parâmetros avaliados no PAR. Cabe destacar ainda, que um dos produtos deste trabalho foi a programação do algoritmo que originou os mapas relativos aos indicadores de fragilidade à erosão de vertente. Por fim, conclui-se que o protocolo proposto apresentou-se como uma boa ferramenta de avaliação rápida de rios com características semelhantes às do Arroio Val de Buia, e útil para o zoneamento e a hierarquização de áreas prioritárias para o gerenciamento ambiental e a recuperação de áreas degradadas, especialmente aquelas ligadas a obras de engenharia natural, podendo ser difundido e aplicado, desde que adaptado às características regionais.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente. Curso d'água. Estabilidade de Talude Fluvial. Protocolo de Avaliação Rápida. Indicadores de fragilidade à erosão.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Graduate Program in Forestry
Federal University of Santa Maria

INDICATORS BRITTLINESS EROSION IN SUPPORT OF DEFINITION OF PERMANENT PRESERVATION AREAS IN RIVERS

AUTHOR: Josita Soares Monteiro

ADVISOR: Jussara Cabral Cruz

Defense Date and Place: Santa Maria, February 28, 2014.

The protection of watercourses is motivated by legal instruments establishing permanent preservation areas (PPAs) along them, being defined from the width of the waterway. However, it is believed that there are other factors to consider, such as ecosystem services offered by PPAs. With the objective of developing a methodology for easy application that supports the identification of ecosystem services promoted by APPs along watercourses, in particular the stability of river embankments, this study developed a Rapid Assessment Protocol (RAP), compound for 7 parameters - *vegetation, soil texture, stretch of river, slope inclination, soil depth in slope, width of the stream and, use and land cover*, assigning them weights 0-4, depending on influence of their categories in the susceptibility to erosion of river embankments. The RAP was applied in 40 sampling units in the watershed of the Arroio Val de Buia, in Silveira Martins, RS. The end result of the RAP for each sample unit allowed the creation of classes of susceptibility to erosion, "stable", "susceptible" and "unstable". Simultaneously, we developed an algorithm programming in *Python 2.6* (ArcGIS ® 10) language in order to determine indicators of fragility erosion of slopes of the watercourse areas and the contribution of these in susceptibility to erosion of river embankments. Statistical analysis (*t* test) revealed significant differences between the units evaluated by RAP. From the techniques of Hierarchical Cluster Analysis (HCA) and Principal Component Analysis (PCA), we observed the occurrence of clustering between different sampling units into two distinct classes, according to the categories of susceptibility to erosion resulting RAP. The basic parameters that determine the groupings were: soil, soil depth on slope, vegetation, portions of the stream and use and land cover. The PCA also showed that the first principal component (PC1) explained 43.54 % of the total variance, while the second explained 25.93 %, which showed the similarities between the "stable" sample units and "unstable", respectively. For indicators of fragility to erosion, the following information was obtained: maximum length of the tributary side, average steepness of maximum length side, accumulated tributary drainage area, average steepness of the cumulative tributary drainage area and, average velocity of maximum length side. The contribution of indicators of fragility in susceptibility to erosion of river embankments can be enhanced or attenuated depending on the category of the parameters evaluated in the RAP. It also pointed out that one of the products of this work was the algorithm programming that originated maps on indicators of fragility erosion down slope. Finally, it is concluded that the proposed protocol was presented as a good tool for rapid assessment of rivers with similar characteristics to Arroio Val de Buia, and useful for zoning and hierarchy of priority areas for environmental management and recovery degraded areas, especially those related to works of natural engineering, may be disseminated and applied, provided to regional characteristics.

Keywords: Permanent Preservation Area. Watercourse. River Slope Stability. Rapid Assessment Protocol. Indicators of fragility to erosion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Diferentes tipos de leito, quanto ao perfil transversal de um curso d'água.	29
Figura 3-2 - Perfil longitudinal, vista superior do curso e perfil transversal do Rio Soturno, localizado na região central do RS; principais atividades processuais e granulometria do material depositado nas diferentes seções.	30
Figura 3-3 - Desenhos esquemáticos que mostram o predomínio da componente perpendicular (a) e o predomínio da componente paralela (b).	34
Figura 3-4 - Declividades de rampas (vertentes) côncava-retilínea, as consequentes diferenças de larguras de APPs, em função da maior ou menor tensão ecológica de cada vertente.	36
Figura 3-5 - Diferentes espessuras do solo de rampas (vertentes) convexo-retilínea, as consequentes diferenças de largura de APPs.	36
Figura 3-6 - Diferentes texturas de solo de rampas (vertentes) convexo-retilínea, as consequentes diferenças na largura da APP.	37
Figura 4-1 - Fluxograma dos passos seguidos no decorrer do trabalho de tese.	51
Figura 4-2 - Localização da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, na Bacia Hidrográfica do Arroio Grande.	52
Figura 4-3 - Vegetação original do Rio Grande do Sul.	56
Figura 4-4 - Perfil geológico no sentido Sul-Norte desde a Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense até o Rebordo do Planalto (Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná).	58
Figura 4-5 - Aspecto geral da paisagem encontrada na região localizada entre Santa Maria e Silveira Martins – RS, onde é possível observar a conformação do relevo face ao controle oferecido pelas Formações Geológicas.	59
Figura 4-6 - Fluxograma de passos da rotina em <i>Python</i> , a partir de mapas oriundos do geoprocessamento, até a obtenção do mapa do comprimento máximo de vertente afluente, mapa da declividade média da maior vertente, mapa da área de drenagem afluente e, mapa da declividade média de área de drenagem afluente.	65
Figura 4-7 - Direções de fluxo na célula (a) e (b) e distâncias na célula (c).	65
Figura 4-8 - Fluxograma de passos da rotina em <i>Python</i> , a partir de mapas oriundos do geoprocessamento, até a obtenção do mapa de velocidade média da maior vertente afluente a cada célula da drenagem.	67

Figura 4-9 - Representação esquemática do mapa do <i>comprimento máximo de vertente afluente</i> (mapaPmax), valores em metros. As células com os valores diferentes de zero e destacados em vermelho correspondem às células formadoras da drenagem.	68
Figura 4-10 - Desenho esquemático que mostra como se deve ocorrer o armazenamento das informações nas células do mapa MapaPrio, MapaPriolinha, MapaPriocoluna. ..	69
Figura 5-1 - Mapa com as curvas de nível, a rede de drenagem e as APPs ao longo dos cursos d'água, na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.....	83
Figura 5-2 - Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, segmentado em 3 trechos distintos, em função da diferença de declividade.....	85
Figura 5-3 - Áreas que deveriam estar destinadas à preservação permanente ocupadas por agricultura (a – P8D, Trecho I), construções (b – Trecho I; c – P8E, Trecho I) e pastoreio (d – P17D, Trecho III), na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.....	87
Figura 5-4 - Mapa do Modelo Numérico do Terreno na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.	88
Figura 5-5 - Mapa da área de contribuição de cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, na microbacia do Arroio Val de Buia Silveira Martins - RS.....	89
Figura 5-6 - Mapa das classes declividade (%) da área da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.	90
Figura 5-7 - Áreas localizadas na porção superior da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, onde ocorrem as menores declividades do terreno, sendo a terra ocupada pela agricultura (a) e pecuária (b), ambas localizadas no trecho I.	91
Figura 5-8 - Mapa das unidades de solo na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, baseado no mapa de solos de Streck (2008).	92
Figura 5-9 - Mapa do uso e cobertura da terra na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.....	95
Figura 5-10 - Mapa das velocidades de escoamento superficial na microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.	98
Figura 5-11 - Respostas da questão 3 do questionário: “ <i>Em sua opinião o parâmetro utilizado pela Legislação Brasileira (Lei Federal 12.651/2012) para a determinação da largura de área de preservação permanente (APP) a ser mantida ao longo do curso de água é o mais adequado, ou seja, a largura do curso de água é fator preponderante na definição das APPs?</i> ”.....	100

Figura 5-12 - Respostas da questão 4 do questionário: “ <i>Em caso de resposta afirmativa na questão nº 3, está de acordo com a ideia de que o aumento da largura do curso d’água é proporcional ao aumento dos problemas marginais, ou seja, maior será a suscetibilidade de erosão o talude fluvial?</i> ”	100
Figura 5-13 - Carta imagem da microbacia do Arroio Val de Buia, com a distribuição dos pontos de coleta de dados.....	107
Figura 5-14 - Vista referente às unidades amostrais P2D (a), P2E (b), P4D (c) e P4E (d), localizadas no trecho I do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	113
Figura 5-15 - Vista referente à unidade P14E (a) e campo nativo na área adjacente à mesma (b) localizada no trecho II do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	114
Figura 5-16 - Vista referente às unidades amostrais P19D e P19E, localizadas no trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	115
Figura 5-17 - Vista referente às unidades amostrais P17D, P17E localizadas no trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	116
Figura 5-18 - Dendrograma da Análise Hierárquica de Agrupamentos (AHA), que verifica as semelhanças entre as unidades amostrais avaliadas pelo PAR, no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	121
Figura 5-19 - Análise de componentes principais: Componente 1 x Componente 2. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.	124
Figura 5-20 - Análise de componentes principais: Componente 1 x Componente 3. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.	125
Figura 5-21 - Análise de componentes principais: Componente 2 x Componente 3. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.	126
Figura 5-22 - Valor do comprimento máximo de vertente afluente a cada célula da rede de drenagem, armazenado nas células da drenagem.....	131
Figura 5-23 - Valor da declividade média da vertente de comprimento máximo, armazenado nas células da drenagem.....	132
Figura 5-24 - Valor da área de drenagem acumulada, armazenado nas células da drenagem.	133

Figura 5-25 - Valor da declividade média da área de drenagem acumulada, armazenado nas células da drenagem.....	134
Figura 5-26 - Valor da velocidade média da vertente de comprimento máximo, armazenado nas células da drenagem.	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Evolução Legislativa do Código Florestal no que se relaciona às APPs.....	41
Quadro 2 - Gradiente de estresse ambiental do parâmetro “Estabilidade dos barrancos” estabelecido em quatro categorias para riachos da região do Arenito Caiuá. ME = margem esquerda; MD = margem direita.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Análise comparativa entre os protocolos existentes e o protocolo proposto por Rodrigues (2008), inserindo o protocolo adaptado neste trabalho.....	46
Tabela 4.1 - Valores médios das velocidades de escoamento (m/s) para os diferentes usos e coberturas da terra.	63
Tabela 4.2 - Definição dos pesos relacionados à sua influência sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.....	72
Tabela 4.3 - Tabela esquemática da distribuição das categorias de cada parâmetro integrante do PAR nas referidas classes de influência das categorias na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.	73
Tabela 4.4 - Representação esquemática do intervalos de classe do resultado final do PAR e suas respectivas categorias de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.	74
Tabela 4.5 - Grandezas atribuídas ao número de pesquisadores.	77
Tabela 4.6 - Grandezas atribuídas aos pesos para todos os parâmetros elencados no questionário, das questões 5 a 9, a fim de obter a média ponderada para os pesos.	77
Tabela 5.1 - Cotas altimétricas (m) das curvas de nível da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, distâncias entre as curvas (m), distância acumulada (m) e declividade entre as curvas, para cada trecho do perfil longitudinal.	84
Tabela 5.2 - Categorias de uso e cobertura da terra na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, com as respectivas áreas (ha) e percentuais de representação na microbacia.	95
Tabela 5.3 - Exemplo do número de pesquisadores que votou em cada peso para o parâmetro “vegetação arbórea”, da questão 5 do questionário, bem como a grandeza do número de pesquisadores, a fim de obter a média ponderada.....	101
Tabela 5.4 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR e as categorias de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.....	103
Tabela 5.5 - Análise comparativa entre as categorias para cada parâmetro de alguns protocolos existentes e o protocolo adaptado neste trabalho.	105
Tabela 5.6 - Intervalos de classe do resultado final do PAR, suas respectivas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais.....	106

Tabela 5.7 - Denominação das unidades amostrais em função da localização dos pontos e da margem que se encontravam os mesmos.....	108
Tabela 5.8 - Resultados da análise granulométrica do solo, com a textura do solo nas unidades amostrais em que houve coleta de amostras solo, no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.....	109
Tabela 5.9 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado nas diferentes unidades amostrais do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	110
Tabela 5.10 - Frequências de unidades amostrais de cada margem nas categorias de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.	111
Tabela 5.11 - Número de unidades amostrais por categoria de estabilidade de taludes fluviais em cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, de acordo com o resultado final do PAR.	112
Tabela 5.12 - Percentual correspondente ao número de unidades amostrais por categoria de estabilidade de taludes fluviais em cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, de acordo com o resultado final do PAR. .	112
Tabela 5.13 - Análise da variância para a comparação das categorias dos parâmetros avaliados entre as 40 unidades amostrais ¹ localizadas no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	117
Tabela 5.14 - Teste <i>t</i> aplicado aos resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) utilizado para avaliar os diferentes trechos do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.....	118
Tabela 5.15 - Valores do comprimento máximo de vertente afluente; da declividade média da vertente de comprimento máximo; da área de drenagem afluente acumulada; da declividade média da área de drenagem afluente acumulada e; da velocidade média de vertente de comprimento máximo armazenados em células que compõem a rede de drenagem e que tiveram localizadas unidades amostrais avaliadas no PAR, na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.	128

LISTA DE REDUÇÕES

ACP	Análise de Componentes Principais
AHA	Análise Hierárquica de Agrupamentos
APP	Área de Preservação Permanente
Art.	Artigo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRCJ	Connecticut River Joint Commissions
D	Margem direita
E	Margem esquerda
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS
ha	Hectare (s)
m	Metro (s)
MNT	Modelo numérico do terreno
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida
PL	Projeto de Lei
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SAD69	South American Datum 1969
SCS	Soil Conservation Service
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS84	World Geodetic System 84

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Questionário aplicado a pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento.....	165
Apêndice B - Planilha de campo.....	171
Apêndice C - Exemplo da Questão 6 utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, avalie a subdivisão para o fator biótico (observado apenas quanto à vegetação).....	172

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	OBJETIVOS	26
2.1	Objetivo Geral	26
2.2	Objetivos específicos	26
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1	Fisiografia Fluvial	27
3.1.1	Rede de drenagem.....	27
3.1.2	Processos fluviais e estabilização de taludes	31
3.2	Vertentes	32
3.3	Evolução legislativa no Brasil no que tange às APPs	38
3.4	Alguns serviços ecossistêmicos das APPs	43
3.5	Protocolo de avaliação rápida (PAR)	45
4	MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1	Caracterização da área de estudo	52
4.1.1	Localização	52
4.1.2	Aspectos históricos e socioeconômicos do município de Silveira Martins	53
4.1.3	Clima.....	54
4.1.4	Vegetação Natural.....	55
4.1.5	Geomorfologia	57
4.1.6	Solos.....	60
4.2	Metodologia	61
4.2.1	Geoprocessamento	61
4.2.2	Indicadores de fragilidade em vertente: rotina em <i>Python</i>	64
4.2.3	Protocolo de avaliação rápida de indicadores de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais	70
4.2.4	Escolha dos parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos	74
4.2.5	Observações de campo.....	78
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.1	Expedições de campo	82
5.2	Geoprocessamento.....	82
5.2.1	Mapa da rede de drenagem, das curvas de nível e das APPs.....	82
5.2.2	Mapa do Modelo Numérico do Terreno	87
5.2.3	Mapa das classes de declividade.....	89
5.2.4	Mapa das classes de solo	91
5.2.5	Mapa do uso e cobertura da terra.....	94
5.2.6	Mapa das velocidades do escoamento superficial	97
5.3	Interpretação das respostas do questionário	99
5.4	Ajustamento do PAR adaptado à região de estudo.....	102
5.5	Avaliação da aplicabilidade do PAR no Arroio Val de Buia.....	106
5.6	Indicadores de fragilidade à erosão de vertente	127

5.7	Contribuição dos indicadores de fragilidade para a compreensão da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais	136
6	ARTIGO - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E SEUS SERVIÇOS AMBIENTAIS.....	134
	RESUMO.....	134
	ABSTRACT	134
	INTRODUÇÃO	139
	MATERIAL E MÉTODOS.....	141
	RESULTADOS E DISCUSSÕES	142
	Serviços Ambientais das APPs	142
	Corredores Ecológicos	143
	Estabilização de taludes fluviais.....	145
	Filtro de Poluentes.....	147
	Infiltração da Água	149
	Perspectiva geral.....	151
	CONCLUSÕES.....	152
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
7	CONCLUSÕES	155
8	RECOMENDAÇÕES	157
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
	APÊNDICES	165

APRESENTAÇÃO

A presente tese originou-se a partir de indagações relativas à importância dada a parâmetros técnicos na elaboração da legislação ambiental e/ou florestal brasileira, em especial, no que se refere à normatização da área de preservação permanente (APP) ao longo dos cursos d'água.

Em razão desta inquietação, a realização da pesquisa norteou-se na premissa de que variáveis intrínsecas à própria APP poderiam ser mais relevantes para a identificação de serviços ecossistêmicos providos por áreas mantidas vegetadas ao longo de cursos d'água, em especial a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, do que apenas a largura do próprio curso d'água.

A tese encontra-se organizada em capítulos fixos: 1 – Introdução; 2 – Objetivos; 3 – Revisão Bibliográfica; 4 – Materiais e Métodos; 5 – Resultados e Discussão, 7 – Conclusões e 8 – Recomendações.

Foi inserido ao corpo da tese um artigo elaborado no decorrer do estudo, o qual está apresentado no item 6. O referido artigo trata-se de uma revisão bibliográfica sobre os serviços ecossistêmicos que as áreas de preservação permanente (APP) podem oferecer, desta forma pode-se dizer que o mesmo complementa o item 3 – Revisão Bibliográfica.

1 INTRODUÇÃO

Em tempos onde a discussão sobre temas relacionados ao meio ambiente está cada vez mais em alta, ocupando espaços na mídia e, até mesmo, nas conversas informais, não se podem ignorar a gama de informações e de conhecimentos ofertados pela ciência.

Urge, no entanto, que os conhecimentos gerados nas diferentes áreas da ciência comuniquem-se e interajam para que os resultados de seus esforços tragam reflexos positivos à coletividade.

O despertar de um novo olhar para o meio onde se vive e às interações que nele ocorrem depende do destemor da sociedade em admitir as inovações e as implicações que estas acarretam.

A vida em sociedade demanda a instituição de regras, as quais abarcam os direitos e os deveres dos cidadãos. Para a manutenção da sustentabilidade ambiental, não é diferente, necessita-se de um ordenamento das ações e das atividades advindas da civilização.

O nascimento de uma consciência ecológica, segundo Milaré (2009), é relativamente recente em várias partes do mundo, razão pela qual, carece ainda de melhor proteção jurídico-institucional, conformada em legislações constantemente revisadas e embasadas cientificamente. O autor destaca que apenas países que elaboraram seus escritos constitucionais após a década de 1970 – mais precisamente em 1972, ano da Conferência de Estocolmo – puderam assegurar tutela eficaz para o meio ambiente.

No Brasil não é diferente, a partir da Constituição Federal de 1988 iniciou-se a elaboração de uma série de leis, resoluções e decretos que normatizam o uso e a ocupação do terreno, de forma que o homem supra as suas necessidades, ao mesmo tempo em que possibilite a manutenção de condições produtivas e de conservação do solo, da água e dos demais recursos naturais, essenciais à sadia qualidade de vida das gerações atuais e sucessoras.

Quando se pensa em pontos mais específicos, como por exemplo, a proteção aos cursos d'água, depara-se com alguns instrumentos legais que instituem faixas de proteção ao longo dos mesmos, ou seja, as chamadas áreas de preservação permanente (APPs). Essas áreas são definidas, segundo a legislação, de forma igualitária para todas as regiões do país, levando em conta a largura do curso d'água.

Dentre as legislações ambientais mais discutidas está o Código Florestal Brasileiro, que, mesmo com a nova redação dada pelas Leis Federais nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012) e 12.727 de 17 de outubro de 2012 (Brasil, 2012a), conservou a largura de cursos d'água como parâmetro para a delimitação da APP a ser mantida ao longo de suas margens. As referidas leis, dentre outras disposições, revogam a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

Lamenta-se que resultados de pesquisas, em especial aqueles relacionados aos recursos hídricos e aos serviços ecossistêmicos oferecidos pelas APP's, não tenham sido avaliados com o devido cuidado pelos legisladores, visto que pouco foi alterado em relação à antiga redação do código, no sentido de serem alcançadas mudanças coerentes com as necessidades de conservação ambiental concomitantes ao uso dos recursos naturais - vital para o desenvolvimento sócio-econômico de um povo.

De acordo com Curcio (2009), não há dúvidas que o Código Florestal Brasileiro é um dos pilares para a preservação e conservação dos recursos naturais, contudo, este contém algumas distorções conceituais importantes, sobretudo no que se refere à identificação de tensores ecológicos e à garantia de funcionalidades ambientais. Segundo a perspectiva do autor, a APP associada à conservação de recursos hídricos, apesar de se constituir em forte agente da manutenção da qualidade ambiental, é incoerente na identificação de parâmetro flexibilizador, pois considera a largura do rio como elemento chave para determinar a largura da APP, quando deveria contemplar as características dos ambientes de encosta (CURCIO, 2009).

Sob esta ótica, visualiza-se como fundamental o conhecimento das características das vertentes adjacentes aos cursos d'água, isto é, como estas são formadas, quanto ao tipo e ao uso e cobertura da terra, à declividade do terreno e, à extensão da contribuição para determinado ponto do curso d'água. Bem como, torna-se imprescindível conhecer as características das áreas imediatas aos cursos d'água, ou seja, o ambiente localizado às margens do leito.

Metzger (2010) enfatiza a importância de se observar e levar em consideração o serviço ecossistêmico que se espera das APPs, ou seja, deve-se pensar se essas áreas terão função de corredores ecológicos, de filtros naturais, de canais para infiltração de água, de estabilizadoras de margens, etc.

Ao seguir o mesmo ponto de vista, o autor depreende, ainda, que o conhecimento científico obtido nestes últimos anos permite não apenas sustentar os valores indicados no Código Florestal de 1965, em relação à extensão das APPs, mas na realidade indicam a

necessidade de expansão destes valores para limiares mínimos de pelo menos 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia.

Laurence; Laurence (1999), ao tratar de corredores ecológicos, outra função importante das APP's, mencionam alguns fatores que podem estar relacionados aos benefícios dos corredores como, por exemplo, a largura, a extensão, a conectividade e a qualidade dos mesmos.

Em estudos na região de Alta Floresta, Mato Grosso, Lees; Peres (2008) constataram estatisticamente que a largura do corredor foi um indicador significativo para a riqueza de espécies de mamíferos.

Quando se buscam resultados de pesquisas deste assunto, defronta-se com inúmeras indicações de larguras de APP's que deveriam ser mantidas ao longo de cursos d'água, cada uma em função de interesses ou serviços ecossistêmicos distintos e, inclusive para cumprir o mesmo papel.

Silva (2003), entretanto, infere que a grande variação das faixas para uma mesma função (diferença entre a largura mínima e máxima), observação feita ao consultar diversas bibliografias sobre o tema, dá-se em função das diferentes metodologias empregadas e todos os outros parâmetros envolvidos na determinação: tipo de solo, tipo de vegetação, declividade, vazão do efluente, etc.

Outro aspecto ressaltado pelo autor é que a maioria dos trabalhos pesquisados avalia a eficiência de faixas vegetativas sob o aspecto da redução de nutrientes. Isto pode ser explicado em virtude de que as causas mais frequentes de contaminação dos rios são as fontes difusas de poluição.

No entanto, embora Flanagan et al. (1989) tenham desenvolvido algumas equações de estimativa da largura mínima baseadas em parâmetros hidráulicos, concorda-se com Bren (1993) que não existe, ainda, nenhum método definitivo para o estabelecimento da largura mínima da faixa ripária que possibilite uma proteção satisfatória do curso d'água.

Não obstante, Metzger (2010) indaga a respeito de outros fatores que, além da largura do próprio curso d'água, deveriam ser observados para a definição da largura da referida faixa protetora, como por exemplo, a topografia da margem, o tipo de solo, o tipo de vegetação, o clima, além da pluviosidade local.

Considerando a diversidade e a disponibilidade de dados relacionados ao tema em estudo, assim como as tecnologias acessíveis, a realização desta pesquisa norteou-se na hipótese de que variáveis intrínsecas à própria APP são mais relevantes para a identificação

de serviços ecossistêmicos providos por áreas mantidas vegetadas ao longo de cursos d'água, em especial a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, do que apenas a largura do próprio curso d'água como prevê a legislação brasileira. Tais variáveis, entre outras, incluem: o tipo de vegetação, a textura do solo, o trecho do rio (retilíneo ou em curva), a inclinação do talude, a profundidade do solo no talude e, o uso e cobertura da terra, além do comprimento e da declividade da vertente adjacente ao curso d'água, bem como as suas interações.

Diante do exposto, o presente trabalho justifica-se pela evidente necessidade de definir parâmetros ambientais, com embasamento técnico e científico, que auxiliem na delimitação de APPs junto a cursos d'água, em função de seus serviços ecossistêmicos. Também, pela insuficiência de estudos sobre este tema, que sejam aplicáveis em significativas áreas brasileiras e que resultem em um retrato da situação atual do ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia de apoio à definição de APPs em rios, no tempo da tomada de decisão em ambiente com escassez de informação, relativa aos serviços ecossistêmicos dessas áreas, com foco na **estabilidade dos taludes fluviais**, tendo como base a observação de parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos, bem como suas interações, e, não se limitando à largura do curso d'água como prevê a legislação brasileira.

2.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver um protocolo de avaliação rápida (PAR) da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais;
- b) avaliar a pertinência dos parâmetros estabelecidos no PAR e dos pesos atribuídos aos mesmos a partir da realidade encontrada no Arroio Val de Buia – Silveira Martins – RS;
- c) determinar indicadores de fragilidade à erosão do escoamento - relativos ao comprimento e à declividade - de áreas vertentes afluentes ao curso d'água;
- d) e, verificar a contribuição desses indicadores na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais e, conseqüentemente no resultado final da aplicação do PAR.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fisiografia Fluvial

Neste item pretende-se abordar alguns elementos relacionados à fisiografia fluvial, em especial, àqueles que auxiliem na compreensão de processos fluviais que influenciam no comportamento dos cursos d'água, quanto à estabilidade de taludes.

A fisiografia fluvial pode ser entendida sob o ponto de vista dos tipos de leito, de canal e de rede de drenagem (CUNHA, 2012).

3.1.1 Rede de drenagem

Os rios podem ser vistos como artérias dos ecossistemas que compõem a sua bacia de drenagem. São considerados sistemas abertos, formados por elementos bióticos e abióticos com atuações interligadas, de fluxo energético multidirecional, mesmo tendo o direcionamento mais marcante no sentido do escoamento do fluxo. O limite de cada sistema é a própria bacia hidrográfica, com delimitações de entradas e saídas (SCHWARZBOLD, 2000).

A rede de drenagem fluvial também pode ser entendida como o conjunto de canais fluviais interligados, escoando em direção comum (DURLO; SUTILI, 2005). O comportamento de uma rede de drenagem depende de inúmeras variáveis relacionadas a fatores físicos, como tamanho, forma, declividade e cobertura vegetal da bacia de captação (SUTILI; DURLO; BRESSAN, 2004). O reconhecimento profundo destes aspectos é importante para a compreensão do dinamismo dos processos fluviais e para a adoção de técnicas adequadas de correção e estabilização de cursos de água (DURLO; SUTILI, 2005).

Por conseguinte, nos tempos atuais, as decisões para a administração e o manejo de rios são dependentes das complexas interações entre os históricos processos naturais de um lado, e, de outro, os usos do solo, os efeitos da expansão industrial, do crescimento e consumo

das populações humanas, da carga de materiais e das modificações no seu curso, que alteram as características do escoamento, a qualidade da água, a distribuição dos sedimentos e a vida aquática (SCHWARZBOLD, 2010).

3.1.1.1 Tipos de leito

O leito fluvial pode ser definido como o espaço ocupado pelo escoamento das águas (CUNHA, 2012). Este pode ser analisado segundo o seu perfil transversal ou, conforme o seu perfil longitudinal.

De acordo com Christofolletti (1981), a forma do canal é o reflexo do ajustamento à vazão fluindo através de determinada seção transversal. Considerando que o canal em rios aluviais é resultante da ação exercida pelo fluxo sobre os materiais rochosos componentes do leito e das margens, pode-se afirmar que as suas dimensões serão controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos agradacionais depositando material no leito e em suas margens.

Assim, quanto ao perfil transversal, o leito pode classificar-se em: leito vazante, leito menor, leito maior e leito maior excepcional (TRICART, 1966), de acordo com a frequência das vazões e a topografia dos canais (Figura 3-1). Os diferentes leitos podem ser definidos da seguinte maneira: a) leito vazante, incluído no leito menor, é utilizado para o escoamento das águas baixas, corresponde à linha de máxima profundidade ao longo do canal, o talvegue; b) leito menor - é bem delimitado e encaixado entre margens geralmente bem definidas; c) leito maior periódico ou sazonal - é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez cada ano; e, d) leito maior excepcional - por onde correm as cheias mais elevadas, as enchentes (CHRISTOFOLETTI, 1981; CUNHA, 2012).

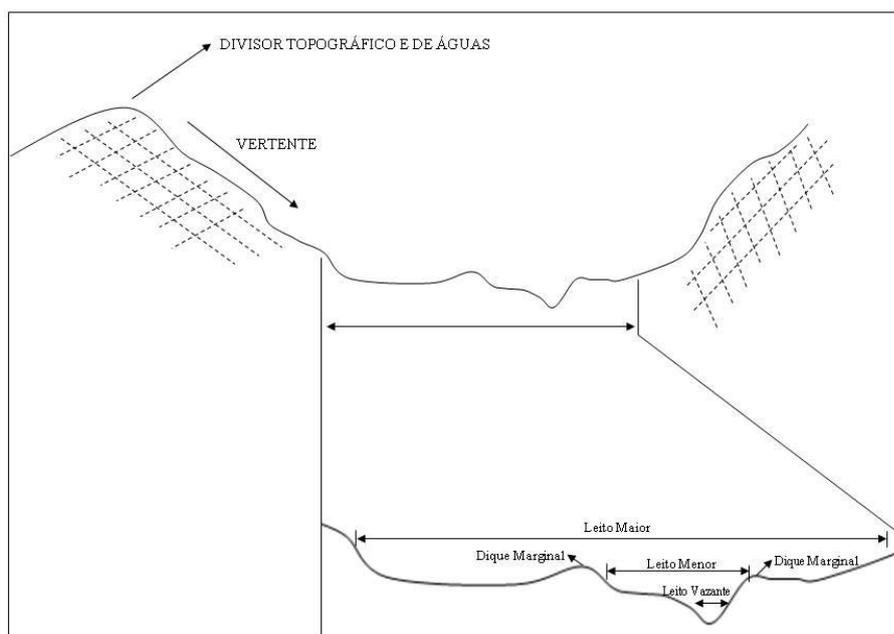


Figura 3-1 - Diferentes tipos de leito, quanto ao perfil transversal de um curso d'água.
 Fonte: Adaptado por Cunha (2012) de Christofolletti (1976) e Guerra (1993).

Porém, a legislação brasileira prevê apenas um tipo de leito, como definido no inciso XIX, do Art. 3º, da Lei Federal nº 12.651, de maio de 2012: “leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano”. A partir do qual se devem estabelecer as APPs.

No entanto, para Durlo; Sutili (2005) um aspecto de fundamental importância para a compreensão dos fenômenos que interessam ao manejo de cursos de água, em especial quando se busca estabilizar taludes fluviais é o perfil longitudinal do leito.

O perfil longitudinal do leito de um rio mostra a sua declividade ou o gradiente no decorrer do seu curso, para as diferentes localidades situadas entre a nascente e a foz (CHRISTOFOLETTI, 1981). A Figura 3-2 (SUTILI, 2007), exemplifica com clareza as definições enumeradas nos parágrafos anteriores.

A forma do perfil longitudinal de um curso de água correlaciona-se, seguramente, com suas demais características fisiográficas e hidráulicas e, por consequência, relaciona-se com os processos fluviais (DURLO; SUTILI, 2005).

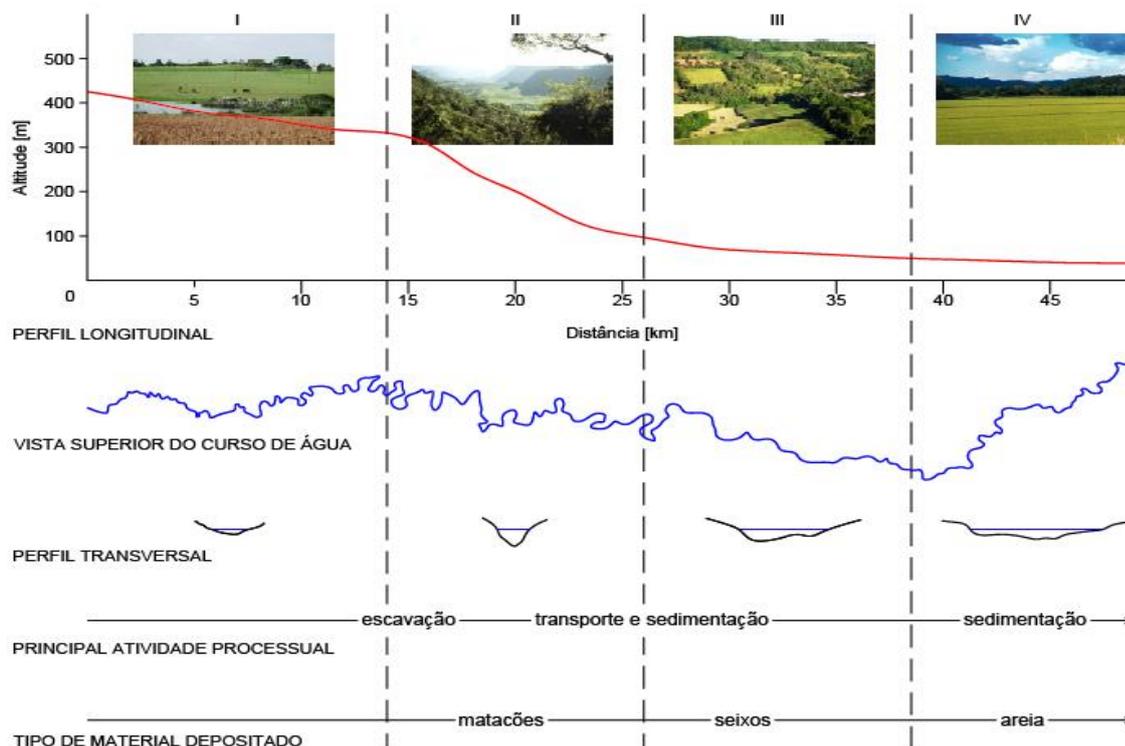


Figura 3-2 - Perfil longitudinal, vista superior do curso e perfil transversal do Rio Soturno, localizado na região central do RS; principais atividades processuais e granulometria do material depositado nas diferentes seções.

Fonte: Sutuli (2007).

A existência dos distintos tipos de leito e as relações entre eles podem variar de um curso de água para outro ou de um setor a outro do mesmo rio (CUNHA, 2001).

Com base no contexto teórico, cada vez mais, parece incoerente que a legislação acerca da preservação de cursos d'água e seus componentes seja uniforme para todo o país, visto a grande diversidade ambiental encontrada no território brasileiro.

3.1.1.2 Tipos de Canal

A forma do canal e a topografia do leito refletem os processos que as produziram (CHRISTOFOLETTI, 1981). Do mesmo modo, a geometria do sistema fluvial resulta do ajuste do canal à sua seção transversal e expõem o inter-relacionamento entre as variáveis

descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (CUNHA, 2012).

Diante disso, os canais podem ser classificados, quanto à fisionomia, em retilíneos, anastomosados e meândricos, constituindo o chamado padrão dos canais (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Um mesmo rio é capaz de demonstrar, em pontos distintos, as três fisionomias ou mesmo certa combinação entre elas (DURLO; SUTILI, 2005).

A fim de estabelecer índices para a determinação de limites entre as categorias fisionômicas, Schumm (1963), citado por Christofolletti (1981), dividiu os padrões fluviais em dois grupos principais, com base nos valores do índice de sinuosidade (relação entre o comprimento do talvegue e comprimento do vale). Esta classificação atribui valores de índice que variam de 1,1 para cursos retos a 2,3 para cursos meandantes tortuosos.

Outro aspecto importante dos canais é o seu regime de escoamento. Em função disso, distinguem-se os canais perenes, os intermitentes e os efêmeros. Os canais perenes são os que possuem escoamento permanente, independente das estações do ano, períodos ou regimes de precipitação. Já os cursos de água intermitentes possuem um regime de escoamento que só ocorre em determinadas épocas do ano. Os canais efêmeros apresentam escoamento apenas durante maiores precipitações, cessando seu fluxo pouco tempo após as chuvas (DURLO; SUTILI, 2005).

3.1.2 Processos fluviais e estabilização de taludes

A água é um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem. Dentre as múltiplas funções da água, destaca-se o papel de agente modelador do relevo da superfície terrestre (COELHO NETTO, 2001). De modo similar, Durlo; Sutili (2005) salientam que os processos fluviais de erosão, transporte e sedimentação, determinam a estabilidade das encostas.

O escoamento das águas em determinada área inicia em pequenas ravinas, passa para córregos e segue adiante por meio de rios. Neste percurso, o fluxo pode ocasionar erosão e assoreamento tanto no próprio leito, como em áreas de cultivo e produzir danos em obras de infraestrutura e edificações (DURLO, 2000).

Um fator importante nos processos fluviais é a velocidade das águas de um rio, a qual depende da declividade do perfil longitudinal, do volume das águas, da forma da secção transversal, do coeficiente de rugosidade do leito e da viscosidade da água (CUNHA, 2001).

A ação da água nos processos fluviais é fortemente influenciada pela sinuosidade do curso, conforme Zancopé (2011), numa curva de um canal meândrico, por exemplo, as velocidades críticas de erosão estão próximas da margem côncava, enquanto que na margem convexa imediatamente oposta ocorrem velocidades críticas de deposição. Enquanto a margem côncava avança com a erosão, a margem convexa imediatamente oposta recua com a deposição, conservando a largura do canal. Isso resulta na migração lateral do rio, que pode se estender por toda a planície.

Segundo Zancopé (2011) a migração lateral dos rios é caracterizada por processos geomorfológico-fluviais, atuantes no passado e no presente, que também podem causar danos às margens e às planícies fluviais, podendo vir a ameaçar construções e campos agrícolas na faixa ribeirinha.

A densidade e o tipo de vegetação existente às margens de um curso d'água influenciam fortemente todos os aspectos da erosão, destacando-se como um agente amenizador da ação dos processos fluviais. Assim, com intuito de evitar a erosão e alcançar a estabilidade de taludes fluviais Abernethy; Rutherford (1999) recomendam que a largura mínima de qualquer plantação ribeirinha projetada para a estabilização das margens não deve ser inferior a 5 m medido desde a crista do talude até a planície. Ressaltam, no entanto, que este requisito mínimo não deve ser visto, em nenhum momento, como uma licença (ou incentivo) para degradar a zona ribeirinha excedente. Em termos de estabilidade de margens, quanto mais vegetação é quase sempre melhor.

3.2 Vertentes

As vertentes são definidas por Coelho Netto (2001) como os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos. As formas geométricas do relevo - convexas, côncavas ou retilíneas -, que resultam da ação de processos erosivos e/ou deposicionais no tempo, igualmente condicionam a espacialização dos processos erosivos-

deposicionais subsequentes. Para Zancopé (2011) os processos de intemperismo e a morfodinâmica das vertentes são responsáveis por mobilizar grandes quantidades de detritos de rochas da superfície terrestre. Esses sedimentos e diversos elementos detríticos ou solúveis transitam entre os topos e os fundos dos vales, por meio de mecanismos associados às águas ou aos ventos, ou aos gelos, em interação com as forças gravitacionais (COELHO NETTO, 2001), os quais são acumulados na base das vertentes e/ou lançados nos cursos d'água, e, por meio de fluxos concentrados em canais, interconectar-se com outros sistemas coletores ou de drenagem. (ZANCOPÉ, 2011; COELHO NETTO, 2001). Portanto, os rios realizam grande parte do trabalho de transporte dos detritos, colaborando sistematicamente para a esculturação da superfície dos continentes (ZANCOPÉ, 2011).

As rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou sub-superficiais definem os mecanismos erosivo-deposicionais preponderantes e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso e cobertura da terra), que compõem o respectivo ambiente de drenagem. Alterações na composição destes fatores podem induzir a modificações significativas na dinâmica espaço-temporal dos processos hidrológicos atuantes nas vertentes (COELHO NETTO, 2001).

O balanço morfogenético de uma vertente é comandado principalmente pelo valor do declive, pela rocha e pelo clima (TRICART, 1957 apud CASSETI, 2005). O autor adotou o conceito de balanço morfogenético visto que incorpora abrasão e acumulação, referindo-se à relação entre as componentes perpendicular e paralela. Enquanto a componente perpendicular demonstra a ação da infiltração, o que pode ser favorecido pela cobertura vegetal, a componente paralela se caracteriza pelos efeitos erosivos, o que leva a admitir a retirada da cobertura vegetal, favorecendo a ação direta dos elementos do clima (Figura 3-3). De forma geral quanto maior o declive da vertente, maior a intensificação da componente paralela, reduzindo a ação da componente perpendicular. Assim, com o escoamento mais intenso, tem-se o acréscimo do transporte de detritos, adelgaçando o solo ou o material intemperizado (TRICART, 1957 apud CASSETI, 2005).

Cassetti (2005) afirma que, além do fator declive como elemento de indução morfogenética, deve-se incluir ainda o comprimento e a forma geométrica da vertente. Segundo Cassetti (2005) a influência do comprimento da vertente evidencia-se nas pesquisas realizadas por Bertoni et al. (1972) no Instituto Agrônomo de Campinas, as quais mostram que, quadruplicando o comprimento da vertente, quase são triplicadas as perdas de solo por

erosão, diminuindo em mais da metade as perdas de água (redução do escoamento por aumento da superfície de infiltração).

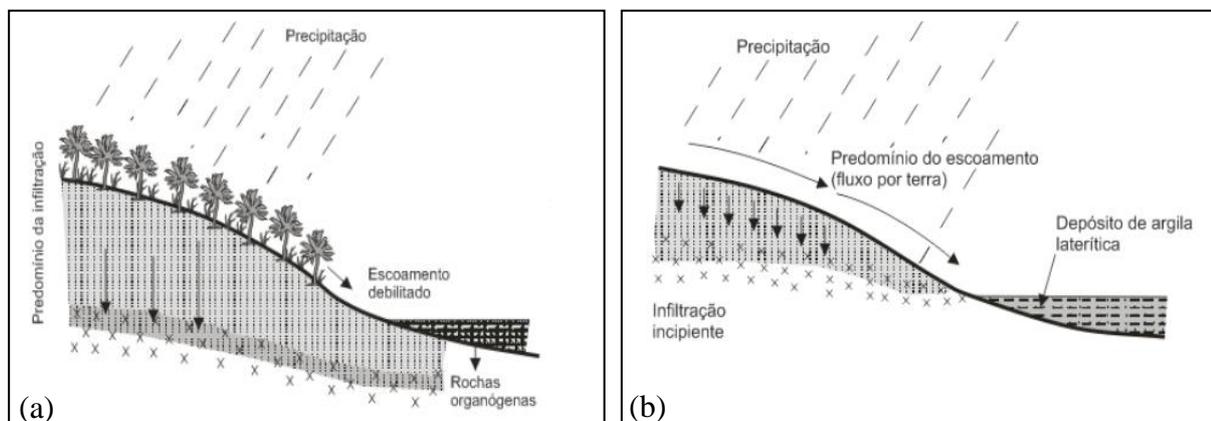


Figura 3-3 - Desenhos esquemáticos que mostram o predomínio da componente perpendicular (a) e o predomínio da componente paralela (b).

Fonte: Simplificado de Casseti (2005).

Na visão de Guerra (2001), as principais características das encostas que exercem influência sobre a erodibilidade dos solos são a declividade, o comprimento e a sua forma.

A declividade, ou grau de inclinação do terreno, muito influencia na concentração, na dispersão e na velocidade da enxurrada e, em consequência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo. Nos terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água escoar com pequena velocidade e, além de possuir menos energia, tem mais tempo para infiltrar-se, ao passo que, nos terrenos muito declivosos a resistência ao escoamento das águas é menor e por isso elas atingem maiores velocidades. As regiões montanhosas são, portanto, as mais suscetíveis à erosão hídrica (LEPSCH, 2002).

Cabe salientar que a análise da erosão deve ser realizada considerando os diferentes trechos das vertentes, onde o comprimento de cada trecho de igual declividade é entendido como a distância entre dois pontos extremos (um mais elevado, outro mais baixo), visto que havendo mudança no ângulo do declive há mudança de processos erosivos que afetam a perda de solo. Utilizando-se o conceito tradicional de vertente em geomorfologia, consideram-se aqui os segmentos de vertentes e não a vertente toda, do interflúvio ao vale (CASSETI, 2005).

De acordo com Santana et al. (2007) a declividade média da vertente expressa a energia e a intensidade de atuação dos processos morfogenéticos, incluindo a dinâmica dos escoamentos superficiais concentrados e difusos (laminar) nas vertentes. Quando associada à

declividade máxima, possibilita comparações sobre energia máxima e média dentro das bacias hidrográficas.

No que se relaciona à forma da vertente, há autores como Hadley et al. (1985) apud Guerra (2012), que chamam a atenção para o fato deste fator poder ser mais importante do que a declividade, na erosão do solo.

Analisando a vertente como aspecto fundamental e primordial para o entendimento do comportamento da paisagem, Curcio (2009a), apresentou, à comissão que discutia a reformulação do Código Florestal no Senado, uma série de informações e ilustrações sobre as quais gostaríamos de tecer alguns comentários. Para tanto, algumas das referidas ilustrações são apresentadas na sequência.

Curcio (2009a) sugere que encostas com maiores declividades apresentam maiores tensões ecológicas, neste caso, entendidas como maior suscetibilidade à erosão do solo destas vertentes. Assim, um curso de água que possui vertentes adjacentes mais declivosas, embora com a mesma largura de leito de outro curso tangenciado por declives mais suaves, deveria apresentar uma largura de APPs maior (Figura 3-4). No entanto, questiona-se como esta largura deve ser medida, ou seja, a largura deve ser medida na projeção do terreno ou na projeção horizontal?

As diferentes formas das vertentes também são expostas nos desenhos de Curcio (2009a). Na Figura 3-4 o autor explora a imagem de vertentes na forma côncava-retilínea, enquanto na Figura 3-5 e na Figura 3-6, a abordagem é feita para vertentes na forma convexa-retilínea.

No que diz respeito ao solo de uma vertente convexo-retilínea, Curcio (2009a) discorre que vertentes com solos mais rasos, apresentam uma tensão ecológica mais alta, o que remete a uma maior fragilidade ou menor resistência da encosta aos processos erosivos.

Em razão disso, observa-se, na Figura 3-5, que a largura da APP de um curso d'água margeado por vertentes convexa-retilínea com solo de menor espessura deveria ser mais larga do que a APP de um curso cuja vertente adjacente, embora com a mesma forma, possua solo mais profundo.

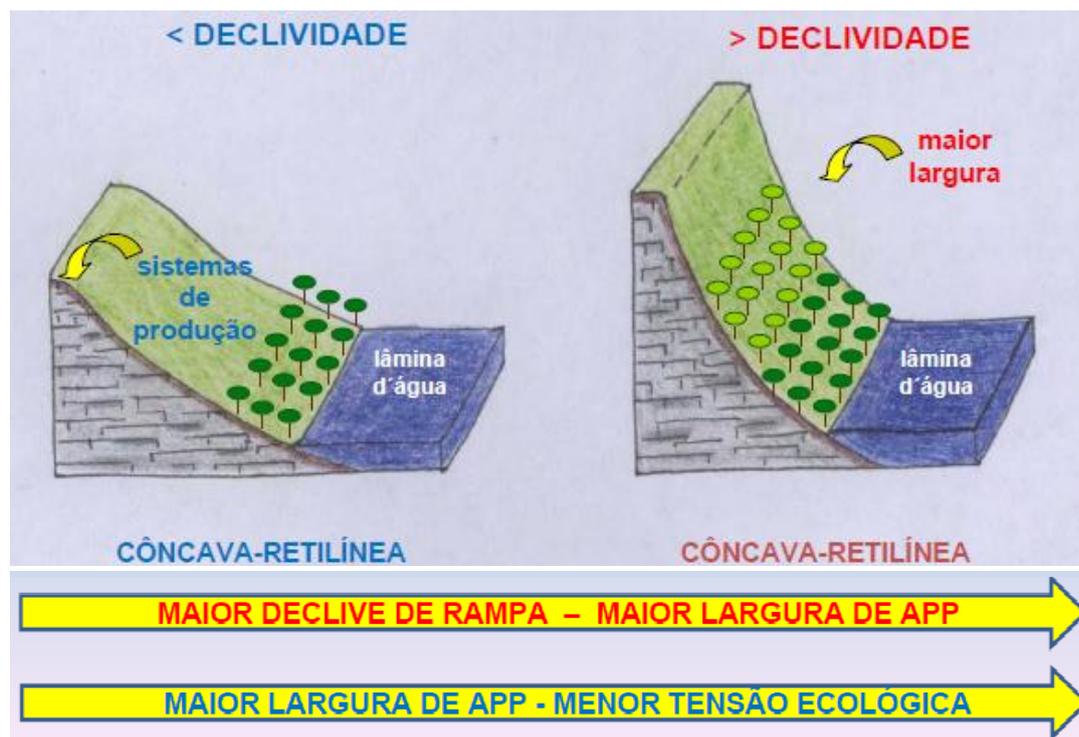


Figura 3-4 - Declividades de rampas (vertentes) côncava-retilínea, as consequentes diferenças de larguras de APPs, em função da maior ou menor tensão ecológica de cada vertente.
Fonte: Curcio (2009a).

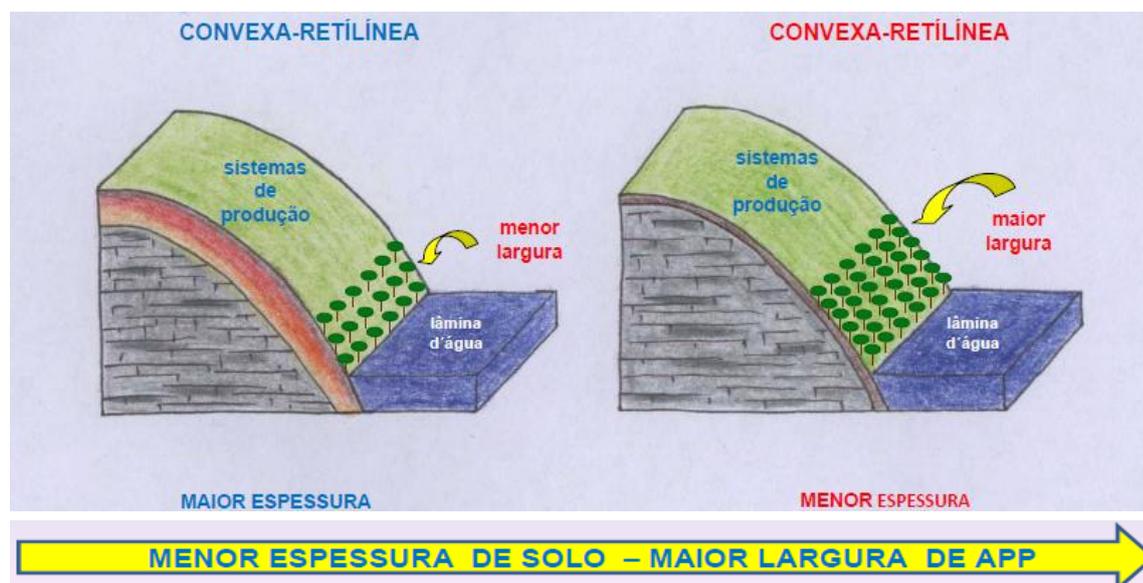


Figura 3-5 - Diferentes espessuras do solo de rampas (vertentes) convexo-retilínea, as consequentes diferenças de largura de APPs.
Fonte: Curcio (2009a).

Além da profundidade do solo, analisada com o auxílio da figura anterior, Curcio (2009a) exhibe, ainda, desenhos que retratam as diferentes larguras de APPs, que deveriam acompanhar os cursos d'água em função das diferenças de texturas do solo das vertentes adjacentes (Figura 3-6). Considerando que solos com textura arenosa possuem menor capacidade de filtro do que solos com textura argilosa, o que confere aos primeiros maior fragilidade, logo, maior probabilidade à erosão. Segundo Brady; Weil (2008), devido ao seu maior tamanho, as partículas de areia são consideradas não coesas, isto é, não se mantêm unidas a outras partículas. Enquanto isso, as partículas de argila apresentam grande capacidade de absorção o que lhes permite manterem-se unidas em uma massa coesa mesmo depois de seca.

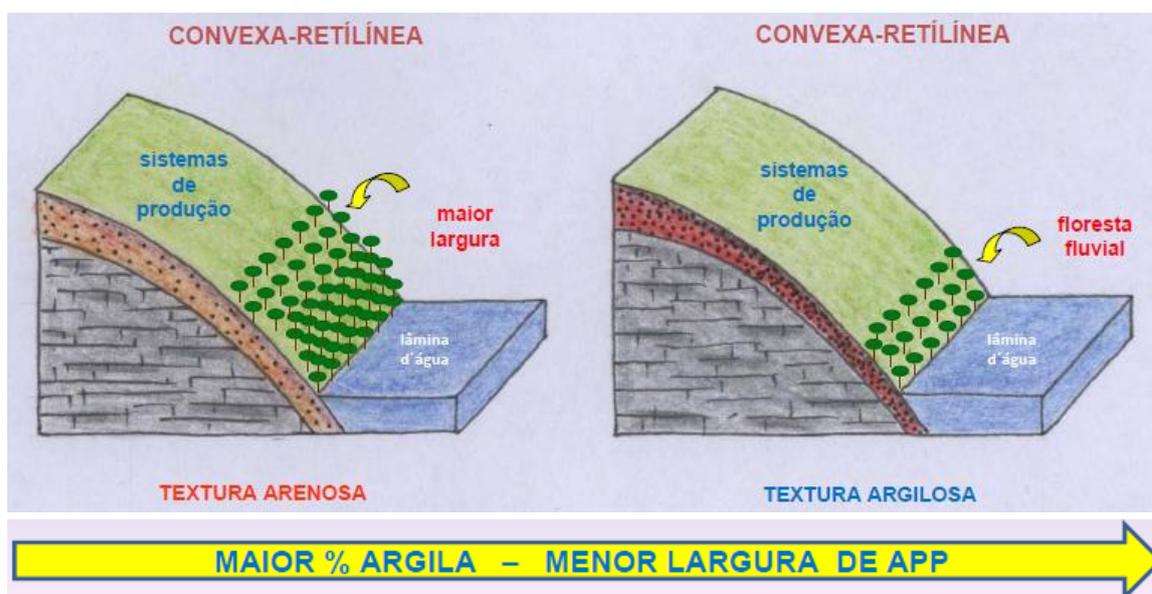


Figura 3-6 - Diferentes texturas de solo de rampas (vertentes) convexo-retilínea, as consequentes diferenças na largura da APP.

Fonte: Curcio (2009a).

Por conseguinte, depreende-se ao observar a Figura 3-6, que para proteger cursos d'água com vertentes adjacentes que possuem solos com maior porcentagem (%) de argila necessita-se uma menor largura de APP, quando comparado a cursos em que as vertentes contíguas apresentem solos mais arenosos.

Diante do exposto, Curcio (2009a) afirma que os fatores regenciais para estabelecer a APP fluvial são: a declividade da encosta, a textura de solo e a espessura de solo. Fatores estes, que ainda continuam não sendo previstos pela legislação brasileira.

3.3 Evolução legislativa no Brasil no que tange às APPs

A definição de área de preservação permanente consta no Inciso II do art. 3º, do “novo” Código Florestal de 2012, com redação dada pela Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012, como sendo: “*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas*” (BRASIL, 2012).

Embora posto para o Código Florestal de 1965, cabe destacar o entendimento de Milarè (2009), quanto à definição legal de APP, visto que a mesma pouco se alterou. Segundo o autor a definição de APPs, em particular a expressão “coberta ou não por vegetação nativa”, denota a intenção do legislador de dar proteção não exclusivamente às florestas e demais formas de vegetação natural, mas aos locais ou às formações geográficas em que tais áreas estão inseridas funcionalmente, ou seja, na ação recíproca entre a cobertura vegetal e sua preservação e a manutenção das características ecológicas do domínio em que ela ocorre.

A fim de promover uma visão geral e sucinta de alguns instrumentos legais que norteiam, ou nortearam, a proteção às áreas de preservação permanente nas margens dos cursos d’água, elaborou-se, em ordem cronológica, o

Quadro 1.

(continua)

Ano	Legislação	Conteúdo	
1934	Decreto Federal nº 23.793 (Código Florestal)	Florestas protetoras; Florestas remanescentes; Florestas modelos; Florestas de rendimento.	
1965	Lei Federal nº 4.771 (Novo Código Florestal)	Aboliu as categorias de florestas; Instituiu as APPs.	
1981	Lei Federal nº 6.938 (PNMA)	Denomina APPs como reservas ou estações ecológicas.	
1984	Decreto Federal nº 89.336 (regulamenta a PNMA)	Remete ao CONAMA estabelecer as normas e os critérios para o uso dos recursos ambientais existentes nas reservas ecológicas.	
1985	Resolução do CONAMA nº 004	Art. 3º São reservas ecológicas: (...)	
		b) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:	
		I – ao longo dos rios ou de outro qualquer corpo d'água, em faixa marginal além do leito maior sazonal medida horizontalmente, cuja largura mínima será:	
		APP (m)	Largura do rio (m)
		5,0	<10,0
Metade da largura do rio	10,0 a 200,0		
100,0	>200,0		
1986	Lei Federal nº 7.511 (Altera o Código Florestal)	Art. 2º. (...) a) (...) 1. 30 m para os rios de menos de 10 m ; 2. 50 m para os cursos d'água de 10 a 50 m; 3. 100 m para os cursos d'água de 50 a 100 m; 4. 150 m para os cursos d'água de 100 a 200 m; igual à distância entre as margens para os cursos d'água com largura superior a 200 m;	

(continuação)

Ano	Legislação	Conteúdo												
1989	Lei Federal nº 7.803 (Revoga a Lei nº 7.511/86)	<p>Altera a redação do Art. 2º do Código Florestal, e, introduziu os valores de APPs, os quais foram mantidos na redação do Código Florestal vigente (Lei Federal nº 12.651/12).</p> <p>Art. 2º. (...)</p> <p><i>a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto¹ em faixa marginal cuja largura mínima seja²:</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Largura APP (m)²</th> <th>Largura do rio (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>Menos de 10</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>Entre 10 e 50</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>Entre 50 e 200</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>Entre 200 e 600</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>Maior que 600</td> </tr> </tbody> </table>	Largura APP (m)²	Largura do rio (m)	30	Menos de 10	50	Entre 10 e 50	100	Entre 50 e 200	200	Entre 200 e 600	500	Maior que 600
Largura APP (m)²	Largura do rio (m)													
30	Menos de 10													
50	Entre 10 e 50													
100	Entre 50 e 200													
200	Entre 200 e 600													
500	Maior que 600													
2000	Lei Federal nº 9.985	<p>Revogou, tacitamente, a Resolução CONAMA 004/85 (que definia linhas de cumeada e divisor de água);</p> <p>Revogou, expressamente, o art. 18 da Lei 6.938/1981 (que previa a criação das reservas ecológicas).</p>												
2001	Medida Provisória nº 2.166-67	<p>Art. 1º (...)</p> <p><i>“II - APP: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”;</i></p>												
2002	Resolução CONAMA nº 303	<p>Revogou, expressamente, a Resolução CONAMA 004/85;</p> <p>Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs.</p>												

(conclusão)

Ano	Legislação	Conteúdo	
2012	Lei Federal nº 12.651 (revoga as Leis nºs 4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001 e dá outras providências)	<p>Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;</p> <p>Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:</p> <p>I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular³, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).</p> <p>OBS.: os valores permaneceram os mesmos da Lei Federal nº 7.803/89.</p> <p>Art. 61-A. Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).</p>	
2012	Lei Federal nº 12.727, de 2012	Nº de Módulos Fiscais	Largura de APP a ser recomposta (contada da borda da calha do leito regular³)
		1 (um)	5 (cinco) metros (independentemente da largura do curso d'água).
		>1(um) a ≤ 2 (dois)	8 (oito) metros (independente da largura do curso d'água).
		>2 (dois) a ≤ 4 (quatro)	15 (quinze) metros (independentemente da largura do curso d'água).
		> 4 (quatro)	II - nos demais casos, conforme determinação do PRA, observado o mínimo de 20 (vinte) e o máximo de 100 (cem) metros, contados da borda da calha do leito regular. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

Quadro 1- Evolução Legislativa do Código Florestal no que se relaciona às APPs.

¹ **Inciso I do Art. 2º da Resolução do CONAMA 303/02:** “nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente”;

² **Inciso I do Art. 3º da Resolução do CONAMA 303/02.** Largura mínima, em ambas as margens;

³ **Inciso XIX, do Art. 3º da Lei Federal 12.651/12:** “ leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano ”.

Mesmo diante de tantas alterações na legislação ao longo dos anos, como pode ser constatado na compilação realizada no Quadro 1, continua não se vendo a utilização de outros fatores (parâmetros), que não a largura do rio, para definir-se a largura de faixa que deve permanecer como APP, nem a clareza das razões que levam a determinar que esta deva ser estipulada a partir da calha do leito regular.

Observa-se na nova redação do Código Florestal, Lei Federal 12.651/2012, que se considerou apenas o fator socioeconômico quando se trata da recomposição de APPs ao longo de cursos d'água, uma vez que a exigência de determinada largura de faixa de proteção dá-se em função do número de módulos fiscais da propriedade, associado à largura do curso d'água. Ou seja, quanto menor a propriedade, menor a área a ser recomposta. Entretanto, sabe-se que as interações existentes no meio ambiente não são conduzidas por divisões políticas, tampouco, econômicas.

A luz do conhecimento científico estas imposições legais continuam sendo questionadas, em razão da uniformização da largura de faixas de proteção, sem levar em consideração peculiaridades regionais, em um país com dimensões continentais e constituído de diferentes biomas.

Destaca-se ainda o equívoco quanto ao parâmetro tido como base para a definição das APPs: a largura do curso d'água. Diante de bibliografias alertando para imprecisão do uso desta variável, inclusive muitas citadas neste trabalho, atenta-se para a necessidade de observar com mais cuidados outros fatores ambientais fundamentais para esta determinação. Como, por exemplo, aqueles relacionados a vertentes tangentes a cursos d'água.

Um exemplo que pode ser seguido para adequações desses parâmetros, é a Resolução Nº 005, de 28 de março de 2008, elaborada em conjunto pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis no Estado do Paraná – IBAMA, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA e o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a qual define critérios para avaliação das áreas úmidas e seus entornos protetivos, normatiza sua conservação e estabelece condicionantes para o licenciamento das atividades nelas permissíveis no Estado do Paraná, dentre outras providências.

Para tanto a referida resolução apresenta algumas definições, conforme texto dos incisos III, IV e V do Art. 2:

“III) área úmida: é o segmento de paisagem constituído por solos hidromórficos”;

“IV) *entorno protetivo: é a faixa marginal constituída por solos não-hidromórficos, adjacente à área úmida, cuja largura mínima depende, localmente, da declividade do relevo e da textura do solo*”;

“V) *textura do solo: proporcionalidade constituinte das frações: areia, silte e argila do solo*”;

Outro ponto muito interessante dessa Resolução aparece no Art. 5º, o qual apresenta o seguinte conteúdo: “Art. 5º - *O entorno protetivo das áreas úmidas será definido localmente e depende da declividade do relevo e da textura do solo, conforme a seguinte tabela*”:

Declividade (%)	Largura do entorno protetivo (m)		
	Textura argilosa	Textura média	Textura arenosa
0 – 8	50	50	50
8 – 20	50	60	70
20 – 45	70	80	90
> 45	Área de preservação permanente		

Nota-se que no Art. 5º há um avanço na forma de definir uma área protetiva, pois considera a interação entre dois importantes fatores, declividade do terreno e textura do solo, para indicar que largura (m) o entorno protetivo deve possuir.

Acredita-se que a ideia de observar a interação entre os fatores ambientais, sejam eles bióticos, abióticos ou antrópicos é de fundamental importância para que se desenvolva uma legislação ambiental, passível de aplicação coerente para todo o território nacional, respeitando as particularidades de cada região, em especial, no que tange às APPs.

3.4 Alguns serviços ecossistêmicos das APPs

Os termos serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos são considerados por Atanazio (2011) como sinônimos, sendo definidos como os bens e os serviços providos pelo ambiente que contribuem direta ou indiretamente para o bem estar da população humana. Os provedores destes serviços são aqueles que fazem aumentar a capacidade dos ecossistemas de restaurar ou melhorar suas funções.

No entanto, no Projeto de Lei (PL) nº 792, de 2007, esses serviços são definidos separadamente, como pode ser observado nos incisos II, alíneas a, b, c, d, e III, do Art. 2º:

II – serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoramento das condições ambientais, nas seguintes modalidades:

a) serviços de provisão: os que fornecem diretamente bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;

b) serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;

c) serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas, e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamentos de encostas;

d) serviços culturais: os que provêem benefícios recreacionais, estéticos, espirituais e outros benefícios não materiais à sociedade humana;

III – serviços ambientais: iniciativas individuais ou coletivas que podem favorecer a manutenção, a recuperação ou o melhoramento dos serviços ecossistêmicos;

Em razão do amadurecimento, no decorrer da tese, em relação aos conceitos e distinção entre serviços ambientais e serviços ecossistêmicos proposta pelo PL nº 792, de 2007, adotou-se para este estudo a terminologia “serviços ecossistêmicos”.

Com intuito de aprimorar a compreensão sobre a relação entre a largura das APPs ao longo dos cursos d’água e os serviços ecossistêmicos que estas podem oferecer, analisaram-se, especificamente, estudos que abordassem os serviços como: corredores ecológicos; estabilização de taludes fluviais; filtro de poluentes e, infiltração da água. A escolha dos referidos serviços deu-se pela relevância dos mesmos, o que é justificado pelo grande número de estudos relacionados aos temas.

A partir desta revisão bibliográfica elaborou-se um artigo com o título: “Áreas de Preservação Permanente e Seus Serviços Ambientais”, o qual se encontra, na íntegra, no item 6 deste trabalho. Destaca-se que o artigo manteve a definição “serviços ambientais” por ter sido elaborado no decorrer da tese e, anterior à assimilação das definições expressas no PL nº 792.

O referido artigo foi publicado na revista *Journal of Biotechnology and Biodiversity* (Vol. 4, N. 4: p. 299-309, November, 2013) e pode ser acessado através do link: <http://revista.uft.edu.br/index.php/JBB/article/view/634/369>.

3.5 Protocolo de avaliação rápida (PAR)

Ações voltadas para a conservação e a recuperação de ecossistemas devem ser antecedidas por uma etapa de caracterização e avaliação de suas condições e peculiaridades do ambiente, ou seja, um diagnóstico ambiental. No caso de ecossistemas de rios e riachos, não só o corpo d'água deve ser caracterizado, mas também o ambiente adjacente ao longo de seu curso, devido à intensa interação entre os mesmos (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004). Para tanto devem ser utilizadas ferramentas metodológicas capazes de reconhecer os impactos antropogênicos e diferenciá-los das variações naturais presentes neste tipo de ecossistema. Dentre estas metodologias os protocolos de avaliação rápida (PARs) são empregados em razão de seu baixo custo e da reduzida perda da qualidade da informação (TELES, 2012).

A utilização de Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) iniciou em 1989 com a publicação do documento “Rapid Bioassessment Protocols”, constando os primeiros protocolos com o objetivo de fornecer dados básicos sobre a vida na água, contribuindo para a qualidade da água e manejo de recursos hídricos (RODRIGUES, 2008).

Segundo o entendimento de Plafkin et al. (1989) o enfoque dado à avaliação rápida da qualidade de habitats tem sido desenvolvido visando uma descrição geral da qualidade de um habitat físico. Estas técnicas buscam, de acordo com Hannaford et al. (1997), avaliar qualitativamente vários atributos dos habitats que são pontuados ao longo de um gradiente de ótimo a pobre (ou péssima), através de observações visuais com um mínimo de mensurações.

Neste sentido o trabalho de Cionek; Beaumord; Benedito (2011) propôs um Protocolo de Avaliação Rápida do Ambiente adaptado para a região do Arenito Caiuá – Noroeste do Paraná, sob o domínio da Floresta Estacional Semidecidual, baseado em características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e vegetacionais. O mesmo avaliou a qualidade ambiental de corpos aquáticos de forma fácil, rápida e com baixos custos. O protocolo contemplou nove parâmetros a serem avaliados: substrato de fundo, complexidade do habitat submerso, variação de velocidade e profundidade, condições de escoamento do canal, alterações no canal, estabilidade dos barrancos, proteção vegetal das margens e cobertura vegetal original das margens. Para cada um deles foi estabelecido um gradiente de conservação, aos quais são atribuídas notas, de 0 a 5 para a categoria “péssima”, de 6 a 10 para a “regular”, de 11 a 15 para a “boa” e por fim de 16 a 20 para a categoria “ótima”. Ao final somadas essas notas indicam a condição de conservação do ambiente estudado,

Tabela 3.1 - Análise comparativa entre os protocolos existentes e o protocolo proposto por Rodrigues (2008), inserindo o protocolo adaptado neste trabalho.

		Referências							
		Barbour; Stribling (1991)	Barbour et al. (1999)	Callisto; Morett; Goulart (2001)	Callisto et al. (2002)	Uppgren (2004)	Minatti- Ferreira; Beaumord (2006)	Rodrigues (2008)	Cionek; Beaumord; Benedito (2011)
Vínculo Institucional	E. A. Engineering, Science, and Technology, Inc. Sparks, Maryland, Estado Unidos	Agência Ambiental dos Estados Unidos	Universidade Federal de Minas Gerais - MG, Brasil	Universidade Federal de Minas Gerais - MG, Brasil	Universidade de Duke, Estados Unidos	Universidade Vale do Itajaí, Brusque - SC - Brasil	Universidade Federal de Ouro Preto - MG, Brasil	Universidade Estadual de Maringá - PR, Brasil	
Bioma da área de estudo	Floresta de coníferas, pradarias, floresta decídua	Não define	Cerrado e Mata Atlântica	Mata Atlântica (Serra da Bocaina) e Cerrado (Serra do Cipó)	Cerrado (Parque Nacional das Emas)	Mata Atlântica	Cerrado (campo sujo e campo limpo)	Mata Atlântica	
Categorias para cada parâmetro	Ótima, sub- ótima, razoável e pobre. As pontuações variam de acordo com cada parâmetro	Ótima (16 a 20), sub-ótima (11 a 15), razoável (6 a 10) e pobre (0 a 5)	Ótima (3), sub-ótima (2), mediana (1) e pobre (0)	Condições naturais (5 pontos) e condições leve ou severamente alteradas (3, 2 e 0)	Excelente (> 9 pontos), boa (7,5 - 8,9), regular (6,1 - 7,4), fraca (4 - 6) e muito fraca (< 4)	Ótimo (20 pontos), bom (15), razoável (10) e ruim (5)	Ótima (16 a 20 pontos), boa (11 a 15), regular (6 a 10) e péssima (0 a 5)	Ótima (16 a 20 pontos), boa (11 a 15), regular (6 a 10), e péssima (0 a 5)	

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2008).

que são: “ótima”, “boa”, “regular” e “péssima”.

A fim de comparar protocolos existentes, adaptou-se uma tabela elaborada por Rodrigues (2008) a qual permite a análise comparativa entre alguns protocolos existentes (Tabela 3.1).

Para se atribuir uma nota de acordo com a categoria de dado parâmetro do protocolo havia uma interpretação desses parâmetros (Quadro 2), pertencente ao estudo de Cionek; Beaumord; Benedito (2011), o qual apresenta o gradiente de estresse ambiental do parâmetro “Estabilidade dos barrancos” estabelecido em 4 categorias e a interpretação associa estabilidade à presença de vegetação ao longo das margens dos rios. A avaliação foi realizada para cada margem separadamente.

CATEGORIAS											
ÓTIMA			BOA			REGULAR			PÉSSIMA		
Trechos com ocorrência mínima de processos erosivos, presença de vegetação preservada e densa dando sustentação ao solo, apresentando até 10% de sua extensão com pequenos sinais de perda de massas do solo			Os barrancos apresentam de 11% a 30% de sinais de erosão, com exposição do solo em pontos esparsos por falta de vegetação preservada, exposição de raízes, com perda de massas de solo formando “prainhas” que posteriormente poderão ser colonizadas novamente por vegetação terrestre			Processos erosivos alcançam de 31% a 65% do trecho, com exposição de raízes, presença mínima de vegetação e consequente susceptibilidade aos efeitos de chuvas fortes, com movimentação clara e abundante de massas de solo, limitando a sucessão vegetacional			Mais de 66% das margens encontrarem-se erodidas, com sinais claros de soterramento, interrupção do fluxo de água e ausência ou presença mínima de vegetação		
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Quadro 2 - Gradiente de estresse ambiental do parâmetro “Estabilidade dos barrancos” estabelecido em quatro categorias para riachos da região do Arenito Caiuá. ME = margem esquerda; MD = margem direita.

Fonte: Cionek; Beaumord; Benedito (2011).

As técnicas de descrição qualitativa dos habitats visam, ainda, avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos contribuindo para o manejo e a conservação destes ecossistemas apoiados por protocolos simplificados com parâmetros de fácil entendimento e utilização (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001).

Conforme Callisto et al. (2002), a utilização de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas é uma etapa para a preservação de

recursos naturais e contribui na avaliação de impacto ambiental em áreas degradadas. Através das técnicas utilizadas nos protocolos pode-se perceber e analisar os diferentes estágios nos ambientes de uma bacia hidrográfica. O protocolo demonstra a influência que a ocupação humana ocasiona na diversidade e na qualidade do ambiente natural, sendo muito aplicado em recursos hídricos.

Segundo Cionek; Beaumord; Benedito (2011) e Vargas; Ferreira Júnior (2012) os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PARs) são instrumentos que levam em consideração a análise integrada dos ecossistemas lóticos, através de uma metodologia fácil, simples e de rápida aplicação que, por meio de uma inspeção visual da área, capta as características do habitat para avaliação da qualidade ambiental.

A utilização deste método de avaliação rápida por órgãos ambientais (do Estado e dos municípios) é recomendada por Rodrigues (2008), como instrumento de baixo custo econômico capaz de oferecer um alerta imediato quando da ocorrência de acidentes ambientais, além de apoio a ações de restauração e reabilitação de cursos d'água da região estudada. Possibilitando ainda a sua utilização em programas de monitoramento voluntário, admitindo a replicação desta metodologia em outras sub-bacias, de forma que permita a participação efetiva da sociedade na gestão e monitoramento dos recursos hídricos.

Outro ponto positivo que pode ser destacado no método diz respeito à equipe de avaliadores que pode realizar o monitoramento. Em geral, não são necessários especialistas no assunto e o método pode ser estendido a pessoas de qualquer segmento social, bastando para isso um treinamento prévio que ofereça instruções mínimas que os permitam aplicar o protocolo sem grandes divergências (RODRIGUES, 2008).

Esta afirmação evidencia-se nos resultados do estudo de Callisto et al., (2002), os quais constataram a inexistência de diferenças significativas entre os resultados da aplicação do protocolo entre os estudantes com e sem treinamento nas duas áreas do estudo, sugerindo que um pré-treinamento em ecologia de rios não seria capaz de influenciar na aplicação do protocolo, visto que os dois grupos de estudantes, ao chegarem aos rios onde aplicaram o protocolo, apenas receberam uma explicação detalhada sobre a estrutura e funcionamento de ecossistemas lóticos.

Entretanto, destaca-se que para possibilitar a aplicação de um dado PAR em diferentes regiões são necessárias adaptações na composição do mesmo, pois as características dos corpos d'água mudam em função de fatores como clima, relevo, geologia e vegetação. No entanto, desrespeitada essa necessidade de adequações, os resultados obtidos podem mascarar

a real situação do local. Todavia, quando realizadas as alterações necessárias os protocolos são aplicáveis a qualquer tipo de ecossistema fluvial (RODRIGUES, 2008).

O trabalho de Callisto et al. (2002), por exemplo, elaborou um PAR da diversidade de habitats a partir da adaptação do protocolo proposto por Hannaford et al. (1997), adequando-o às condições dos ecossistemas lóticos nos Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, com o objetivo de utilizá-lo como uma ferramenta de cunho prático e de fácil compreensão, baseado na caracterização das condições ecológicas em trechos de bacias hidrográficas.

O protocolo do referido estudo avaliou um conjunto de parâmetros em categorias descritas de 0 a 4. Esta pontuação foi atribuída a cada parâmetro com base na observação das condições de habitat. O valor final do protocolo de avaliação foi obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente. As pontuações finais refletiram o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos de bacias estudados, onde de 0 a 40 pontos representaram trechos “impactados”; 41 a 60 pontos representaram trechos “alterados”; e acima de 61 pontos, trechos “naturais” (CALLISTO et al., 2002).

A título de exemplificar o gradiente de avaliação dos atributos qualitativos do habitat adotados em um PAR, pode-se utilizar ainda o estudo de Barbour et al. (1999), o qual considerou que a avaliação da largura da zona de vegetação ripária seria uma boa medida para avaliar o estado de conservação da vegetação do entorno, considerando um trecho perpendicular maior que 18 m como “ótimo”. Entretanto, como ressaltado por Rodrigues et al. (2008), os limites da vegetação do entorno não são facilmente delimitados e podem variar ao longo de um curso de água, entre diferentes microbacias, e em função das diferenças de clima, geologia e solos.

Rodrigues et. al (2010), por meio de uma revisão da literatura, suportada por dados coletados no Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto-MG, estudou alguns fatores físicos do habitat que influenciam as diferenciações espaciais da estrutura da biota aquática e destaca a importância da avaliação do habitat físico no monitoramento dos recursos hídricos. Além disso, apresentou brevemente os protocolos de avaliação rápida de rios, como um instrumento de avaliação visual que possibilita caracterizar, *in situ*, a qualidade física global do habitat nos segmentos fluviais.

De acordo com Cionek; Beaumord; Benedito (2011), a utilização de protocolos de avaliação rápida configura um complemento do elenco de ferramentas para avaliação de ambientes lóticos e disponibiliza registros da integridade ambiental de riachos de maneira rápida e prática, contribuindo para o diagnóstico recorrente de corpos aquáticos. A avaliação de rios através dos protocolos é um exame das condições do corpo d’água através da

observação, *in situ*, de uma lista de parâmetros físicos e biológicos pré-definidos (RODRIGUES, 2008).

O estudo das condições do meio físico, como tipos de margens, sedimentos, presença de microhabitats e vegetação do entorno, são essenciais em qualquer pesquisa biológica, pois a fauna aquática geralmente tem exigências específicas de habitats que são independentes da qualidade da água (HANNAFORD et al., 1997 apud RODRIGUES; CASTRO, 2008).

Os resultados obtidos com os PAR's aliados aos resultados das tradicionais análises de qualidade da água dão à avaliação um caráter holístico. No Brasil, os monitoramentos realizados pelas agências ambientais responsáveis, ainda não possuem esta visão, pois os programas de monitoramento ambiental são fortemente focados no aspecto água (RODRIGUES; CASTRO, 2008).

Além disso, observa-se que no Brasil a utilização de protocolos de avaliação rápida ainda é incipiente e, quando aplicada, volta-se mais especificamente ao estudo da qualidade biológica do ambiente aquático, não se identificando estudos com foco no entendimento e na conservação do ambiente físico propriamente dito, como por exemplo, a investigação de fatores influentes na estabilidade de taludes fluviais.

Neste sentido, o presente estudo vislumbra nos PARs existentes a possibilidade de adaptação de um protocolo para a avaliação conjunta de alguns parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos como instrumentos na identificação da influência dos mesmos como indicadores da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O item 4 – Material e Métodos – detalha a metodologia e os passos seguidos no presente trabalho de tese para que se alcançassem os objetivos propostos. Na Figura 4-1 apresentou-se uma visão geral de como o trabalho foi conduzido.

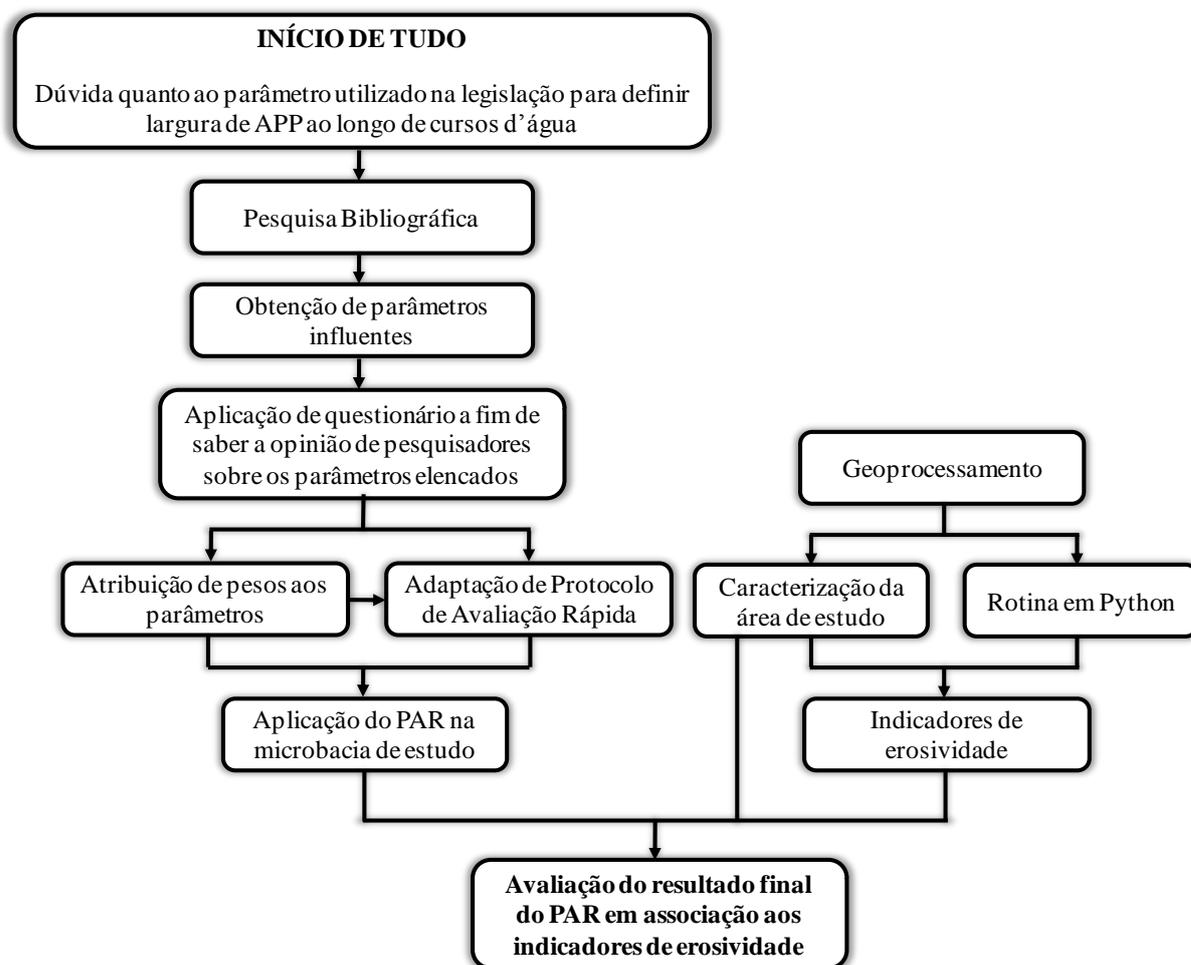


Figura 4-1 - Fluxograma dos passos seguidos no decorrer do trabalho de tese.

O fluxograma apresenta desde como surgiu a ideia inicial de desenvolver o presente estudo, bem como o caminho percorrido para se chegar aos resultados finais.

Na sequência é apresentada a metodologia das etapas desenvolvidas, com detalhes da sua elaboração e execução.

4.1 Caracterização da área de estudo

4.1.1 Localização

A área da coleta de dados de campo está inserida na microbacia hidrográfica que contribui para o Arroio Val de Buia (denominação atribuída para este estudo), a qual integra a Bacia Hidrográfica do Arroio Grande (Figura 4-2).

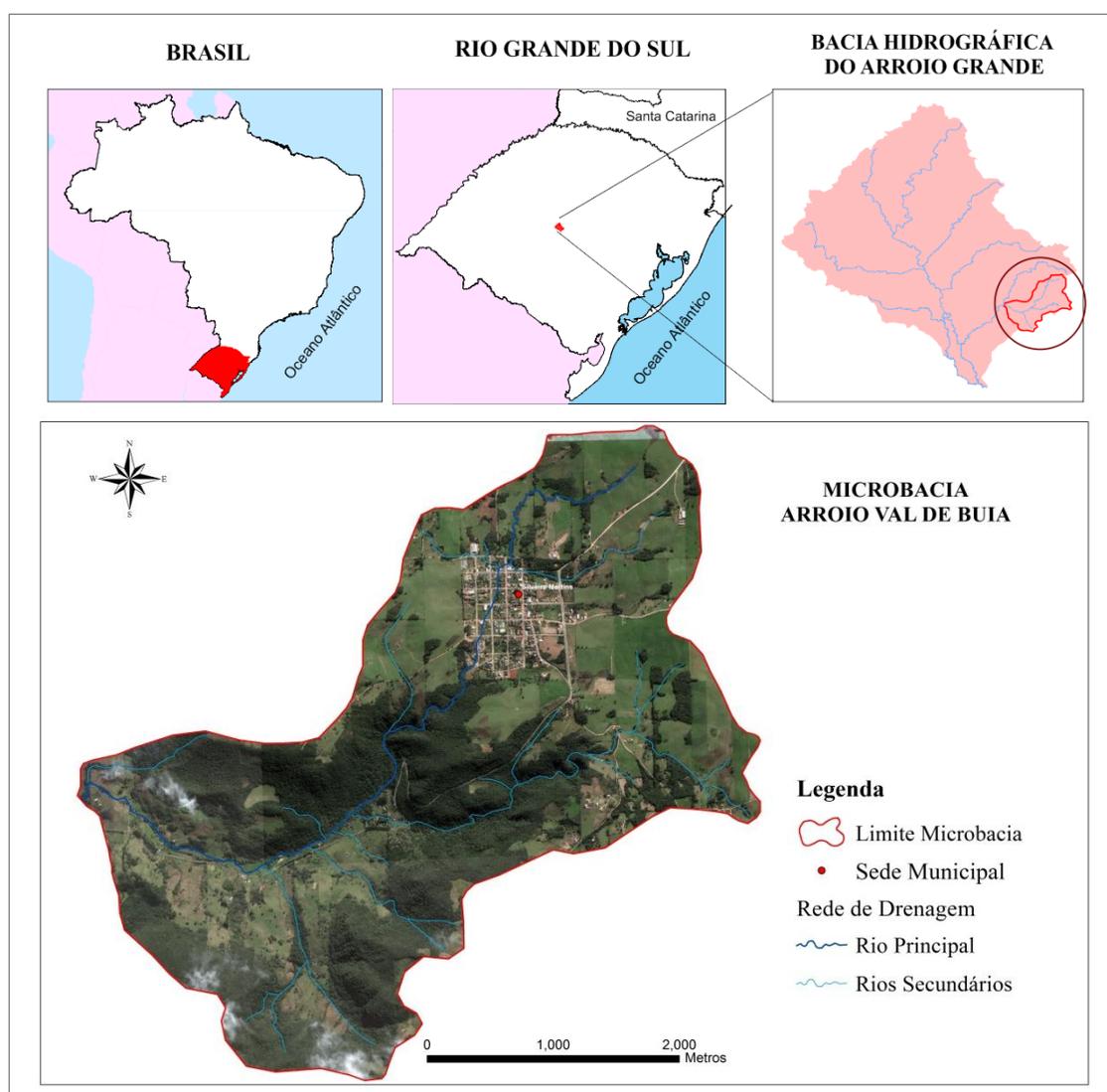


Figura 4-2 - Localização da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, na Bacia Hidrográfica do Arroio Grande.

A Bacia Hidrográfica do Arroio Grande localiza-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas Leste (E) 228043 e 251609 metros e Norte (N) 6708769 e 6734688, no fuso 22 do sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM), georreferenciadas ao datum SIRGAS 2000. Apresenta uma área de 29.891 hectares, estando sua maior extensão nos municípios de Itaara e Silveira Martins (MIOLA, 2013).

A microbacia do Arroio Val de Buia, localiza-se entre as coordenadas Leste (E) 246180 e 251609 metros, e Norte (N) 6714016 e 6719262, no fuso 22 do sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM), georreferenciadas ao datum SIRGAS 2000, possui uma área total de 1377,72 hectares e está inserida integralmente no município de Silveira Martins - RS.

A escolha do referido arroio deu-se pelas mesmas razões estabelecidas por Cionek; Beaumord; Benedito (2011) ao escolher o seu local de estudo, ou seja, possuir diferentes características do ambiente ao longo do perfil longitudinal de um mesmo curso d'água, as quais possibilitaram a identificação de diferentes fisionomias. Bem como, por apresentar áreas cobertas de vegetação desde a vertente adjacente até à margem do curso e, em outros momentos, áreas desprovidas de qualquer proteção, o que propicia a comparação; facilidade de acesso, e proximidade de Santa Maria o que facilitou o deslocamento para as avaliações.

4.1.2 Aspectos históricos e socioeconômicos do município de Silveira Martins

O 4º Núcleo de Imigração Italiana do RS surgiu da necessidade de povoar a Serra de São Martinho, fazendo defesa ao norte e nordeste para a intendência de Santa Maria da Boca do Monte. Esse núcleo foi chamado inicialmente de Città Nuova, depois de Città Bianca e mais tarde de Silveira Martins, em homenagem ao seu intercessor no império, Gaspar da Silveira Martins (IBGE, 2010; FRIEDHEIN, 2013).

As primeiras famílias provenientes do norte da Itália chegaram à localidade de Val de Buia em 19 de maio de 1877. Os primeiros imigrantes ficaram alojados no Barracão de Val de Buia, onde hoje se encontra o Monumento ao Imigrante, em comemoração ao centenário da imigração em Silveira Martins (FRIEDHEIN, 2013). Local este, inserido na área de estudo desta tese. Os primeiros tempos implicavam traçar caminhos e derrubar o mato, tornando habitável um espaço praticamente despovoado (FRIEDHEIN, 2013).

Em 11 de dezembro de 1987, Silveira Martins emancipou-se de Santa Maria, e ocupa uma área territorial de 118,413 km², com uma densidade demográfica de 20,68 hab/km² e população de 2.449 habitantes (IBGE, 2010). A base da economia é o cultivo do feijão, da soja, do milho, da batata (IBGE, 2010; FRIEDHEIN, 2013; NEUMANN, 2014) e, em menor quantidade o cultivo do fumo, da uva e de hortifrutigranjeiros (VIERA; ROVANI, 2009), caracterizando-se pela agricultura familiar de pequeno porte (NEUMANN, 2014), além da atividade turística, que atrai inúmeros visitantes, sendo conhecido como o Berço da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul (IBGE, 2010; FRIEDHEIN, 2013).

Historicamente as migrações buscavam ocupar locais próximos a fontes de água, em especial às margens dos rios, como forma de suprir as necessidades básicas de sobrevivência. Neste sentido, as condições de uso e cobertura da terra em Silveira Martins e, em especial, na área de estudo desta tese estão relacionadas ao histórico de ocupação e de uso de seu território. Ou seja, a existência de locais com cobertura vegetal mais densa em áreas de relevo acentuado pode ser explicada pela presença de agricultura familiar de pequeno porte, a qual não dispunha de grandes recursos e mão-de-obra que permitissem o acesso a essas áreas. Fato este que também pode auxiliar no entendimento da ocorrência de áreas que deveriam ser de preservação permanente ao longo de cursos d'água, em locais de relevo mais suave, sendo ocupadas por cultivos agrícolas e mesmo construções, visto serem locais mais acessíveis.

4.1.3 Clima

Na região da Depressão Central do RS, onde se encontra parte da microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buia, o clima é classificado como “Cfa 2”, de acordo com o sistema de Köppen, definido como subtropical. A precipitação anual atinge valores próximos a 1700 mm, com chuvas distribuídas ao longo do ano. No entanto, pode ocorrer período de déficit hídrico nos meses de verão, que normalmente são quentes e secos (MORENO, 1961).

Em razão de invasões de frentes polares ocorrentes na região, segundo Padilha (2008), a temperatura se mantém relativamente baixa nos meses de maio a agosto, podendo chegar a níveis próximos de 0 °C, quando ocorre a formação de geadas. A temperatura no mês mais quente pode atingir até 24 °C, enquanto média anual é de 17 °C.

Informações relativas ao clima da área de estudo podem auxiliar no entendimento da ocorrência de determinados fenômenos. De acordo com Ruhoff (2004), o clima associado, por exemplo, aos fatores litólicos e pedológicos da área cria condições favoráveis à erosão da área. Em solos com pouca cobertura vegetal, as chuvas exercem uma forte ação mecânica na zona do rebordo do planalto.

Portanto, o conhecimento dessa característica da microbacia do Arroio Val de Buia será de grande valia para a compreensão do comportamento de outros fatores, como por exemplo, a predominância de um ou outro porte da vegetação na área de estudo, o que pode influenciar na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

4.1.4 Vegetação Natural

A vegetação da região central do RS pode ser dividida em Floresta Estacional Decidual, campos (Figura 4-3) além de existirem florestas de galeria ao longo dos cursos de água.

A Floresta Estacional Decidual é caracterizada pela presença de árvores decíduas, como *Apuleia leiocarpa*, *Parapiptadenia rigida*, *Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana*, bem como espécies de folhagem perene, como *Nectandra* spp., *Ocotea* spp., *Cordia americana*, *Actinostemon concolor*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia claussenii* (QUADROS; PILLAR, 2002).

A formação campestre que ocupa a Depressão Central é invadida por arbustos, originando os chamados campos grossos (PORTO, 2002). As áreas de campos são cobertas por espécies de inúmeras famílias, das quais se destacam alguns gêneros, como os da família Poaceae (*Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Paspalum*,...), os da Compositae (*Baccharis*, *Chaptalia*, *Vernonia*,...), os da Cyperaceae (*Eleocharis*, *Rhynchospora*,...), os da Leguminosae (*Desmodium*, *Stylosanthes*, *Vicia*,...), os da Rubiaceae (*Borreria*, *Relbunium*,...) e também os da família Umbeliferae (*Eryngium*, *Centella*,...), dentre outras. Também é possível observar a existência de florestas ripárias e “capões” de mato em ambientes mais úmidos nas áreas de campo (QUADROS; PILLAR, 2002).

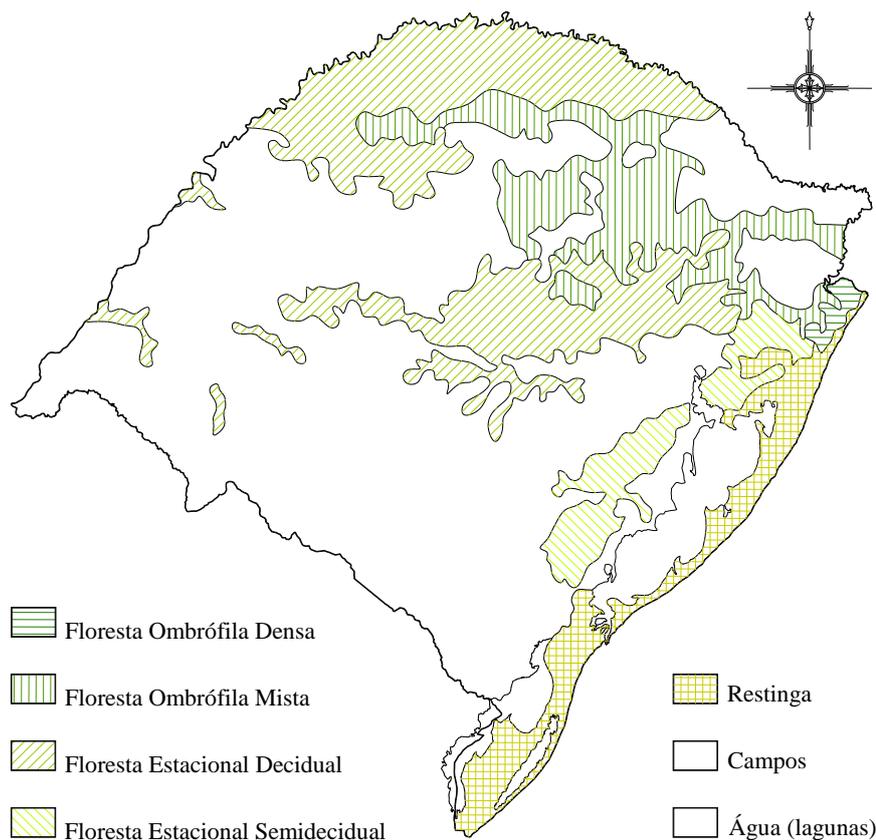


Figura 4-3 - Vegetação original do Rio Grande do Sul.

Fonte - Quadros; Pillar (2002) adaptado por Sutili (2007).

As florestas de galeria, também ditas ciliares, ripárias ou ripícolas, encontram-se associadas à margem de rios e outros cursos d'água. São compostas por espécies adaptadas para suportar a força da correnteza ou eventual submersão por ocasião de enchentes. Essa formação é conhecida como vegetação reófila, composta por uma comunidade particular de arbustos e árvores pequenas, geralmente sarandis ou amarelinhos, com ampla distribuição geográfica no Estado, predominando: *Sebastiania schottiana*, *Sebastiania brasiliensis*, *Calliandra brevipes*, *Terminalia australis*, *Phyllanthus sellowianus*, *Pouteria salicifolia* e *Salix humboldtiana* (MARCHIORI, 2004).

De acordo com Sutili (2007) a vegetação atual da região da Quarta Colônia ainda é significativamente composta por florestas.

Nos fragmentos florestais, especialmente nas áreas de topografia acidentada, até se pode reconhecer a estrutura e a composição primitiva (original). Atualmente, entretanto, estas florestas possuem uma riqueza biológica bem menor que a original, sobretudo com relação às

espécies euxilóforas (madeireiras). Os espécimes de valor e porte comercial são agora raros, e o manejo destas florestas e das capoeiras emergentes não é praticado por impedimento legal. Por este motivo, grande parte das áreas de topografia acidentada é atualmente improdutiva. A atividade produtiva, normalmente de caráter agrícola, é praticada nas áreas menos declivosas, tanto no Planalto como na Depressão Central, e nas áreas intermediárias do Rebordo (SUTILI, 2007).

Em atenção às afirmações de Sutili (2007), observa-se na microbacia do Arroio Val de Buia características semelhantes às referidas pelo autor ao descrever a vegetação da Quarta Colônia, ou seja, nas áreas mais declivosas da microbacia percebem-se as formações florestais com estrutura mais primitiva, principalmente junto aos cursos d'água, enquanto, nas áreas mais planas, observa-se a produção agropecuária e a ausência em alguns trechos inclusive de vegetação ciliar.

4.1.5 Geomorfologia

O município de Silveira Martins apresenta altitudes que variam de 80 a 500 m, com a presença de relevo acidentado. Geomorfologicamente situa-se na transição entre a Depressão Central e o Rebordo do Planalto. Segundo (VIEIRA; ROVANI, 2009) o relevo da região de Silveira Martins apresenta-se ao norte, o planalto que se caracteriza por altitudes superiores a 400 m, e relevo suavemente ondulado. O rebordo do planalto, montanhoso e com escarpas abruptas, onde são comuns vales estreitos em forma de “V”, com altitudes de 200 a 400 m e a Depressão Central, com altitudes inferiores a 150 m, planas ou suavemente onduladas, formando as conhecidas “coxilhas sedimentares”.

As características geomorfológicas dessa região são facilmente compreendidas no trabalho realizado por Werlang et al. (2010), os quais observaram o comportamento do relevo face ao controle estrutural litológico e à dinâmica erosiva, em diferentes pontos em um percurso entre Santa Maria – RS e Silveira Martins – RS.

Na Figura 4-4 Werlang et al. (2010) expressam o perfil geológico desse setor do Rebordo do Planalto (transição para os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná), onde também se localiza a área de estudo da presente tese.

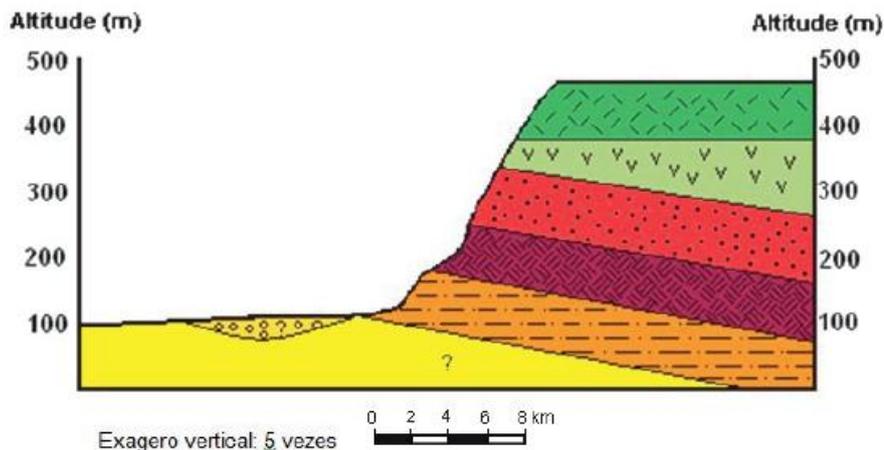


Figura 4-4 - Perfil geológico no sentido Sul-Norte desde a Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense até o Rebordo do Planalto (Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná).

Fonte - Trabalho de campo; Folha de Camobi, SH.22VCIV2 Diretoria do Serviço Geográfico – Brasil (1971); Maciel Filho et al (1990) (apud WERLANG et al., 2010).

Legenda:

- Formação Serra Geral (sequência superior) – Rochas vulcânicas ácidas: Riólitos granofíricos de cor cinza clara média e Vitrófiros de cor preta ou castanha subordinados, com disjunção tabular dominante.
- Formação Serra Geral (sequência inferior) – Rochas vulcânicas básicas: Basaltos e Andesitos toleíticos de cor cinza escura, com intercalações de arenito eólico.
- Formação Botucatu: Arenitos médios a finos, de cor rosa, com estratificação cruzada cuneiforme de grande porte de ambiente eólico.
- Formação Caturrita: Arenitos médios e finos róseos, com estratificação cruzada acalanada e planar, intercalados com siltitos vermelhos, de ambiente fluvial. Troncos vegetais fósseis silificados.
- Formação Santa Maria (Membro Alemoa): Siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcárias. Sub-horizontais de ambiente continental.
- Terraços Fluviais: Conglomerados, arenitos médios argilosos com estratificação cruzada e planar e siltitos arenosos de cor cinza clara, rosa e amarela, de ambiente fluvial.
- Sedimentos Atuais: Cascalhos, areias, siltes e argilas fluviais.

No percurso realizado por Werlang et al. (2010) observaram-se relevos desenvolvidos sobre sedimentos atuais, terraços fluviais e contatos litológicos entre as Formações Santa Maria (membro Alemoa) e Caturrita. Também entre as Formações Caturrita e Botucatu e, entre as Formações Botucatu e Serra Geral.

Na Figura 4-5, obtida durante as saídas de campo desta tese, encontraram-se as características descritas por Werlang et al. (2010), a partir de suas observações realizadas na localidade de Val de Buia, em Silveira Martins, os quais puderam observar a conformação do relevo face ao controle oferecido pelas Formações Geológicas do relevo, partindo da porção mais baixa do terreno em direção ao topo do morro, conforme

Figura 4-5: no primeiro plano, onde ocorre a Formação Santa Maria membro Alemoa, é possível observar o relevo com topografia suave. No segundo plano da figura, sobre a Formação Caturrita, a topografia se apresenta ondulada a forte ondulada. Em um terceiro

plano, em área de ocorrência da Formação Botucatu, o relevo se apresenta com topografia forte ondulada e com a presença de patamares. Ao fundo, no último plano (no topo do morro), sobre áreas de ocorrência da Formação Serra Geral, está presente uma topografia montanhosa com patamares e ressaltos topográficos escalonados (WERLANG et al., 2010).

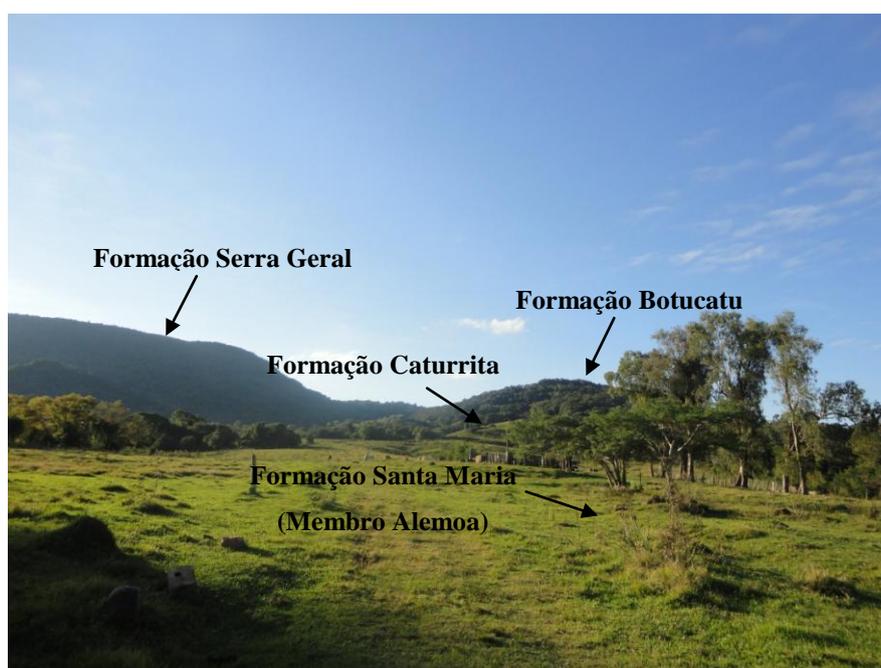


Figura 4-5 - Aspecto geral da paisagem encontrada na região localizada entre Santa Maria e Silveira Martins – RS, onde é possível observar a conformação do relevo face ao controle oferecido pelas Formações Geológicas.
Foto – Josita Soares Monteiro (2014).

O relevo acidentado é comum à microbacia do Arroio Val de Buia, bem como ao restante da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande. Essa característica, segundo Ruhoff (2004), é tida por alguns autores como causadora de grande velocidade de escoamento superficial nessa bacia, em razão das grandes declividades, o que permite à água transportar grandes quantidades de materiais erodidos, que se depositam em áreas planas, causando o empobrecimento dos solos e assoreamento dos cursos d'água.

A topografia dobrada, movimentada e de altitude, de acordo com Vieira; Rovani (2009), também é uma das explicações à hidrografia bastante limitada do município, que não possui rios de grande porte apenas arroios, sangas e fontes d'água. Silveira Martins integra

duas sub-bacias hidrográficas, a do Rio Soturno e do Rio Vacacaí-Mirim, ambas pertencentes ao sistema Jacuí-Guaíba, que completa a hidrografia de inúmeros arroios, sangas e banhados.

4.1.6 Solos

Os tipos de solo que predominam no município de Silveira Martins, são: o litólico, com 60% da área e o brunizem avermelhado em 40% da área do Município. O litólico localiza-se nas encostas íngremes dos morros e brunizem avermelhado, localiza-se nos topos do Planalto, em cima da Serra de São Martinho. A presença de solos de várzea (podzólicos e hidromórficos) e solos de textura arenosa são pouco significativos no município (VIERA; ROVANI, 2009).

Conforme Streck (2008) a Bacia Hidrográfica do Arroio Grande, possui os seguintes classificações de solo: Argissolo Bruno-Acinzentado Alumínico típico (PBACa); Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico (PBAl3); Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico úmbrico (PVAa2); Argissolo Vermelho Distrófico arênico (PVd2); Associação Neossolo Regolítico Eutrófico típico – Cambissolo Háptico Eutrófico típico e Luvisolo Háptico Pálico plíntico (RRe1 – Cxe – TXp), e; Planossolo Háptico Eutrófico arênico (SXe4).

Dentre essas, destacam-se as características fundamentais das principais unidades de solo existentes na microbacia do Arroio Val de Buia:

a) *Argissolos*: possuem um horizonte subsuperficial argiloso e são solos geralmente profundos e bem drenados. Ocorrem em relevos suaves e ondulados na Depressão Central, Campanha e na Encosta do Planalto Meridional, e podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação. Podem ser usados com culturas anuais e campo nativo, preferencialmente com plantio direto e em rotação de culturas com plantas protetoras e recuperadoras do solo durante o inverno.

b) *Neossolos*: são solos pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. O uso está restrito ao relevo e à baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral as áreas de relevo suave ondulado e ondulado podem ser utilizadas para pastagens permanentes e nas regiões de relevo forte ondulado para reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes devem ser reservadas para preservação permanente.

c) *Planossolos*: são solos localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados. Normalmente aparecem nas margens dos rios e lagoas como na Depressão Central. São solos aptos para o cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagem eficientes, também podem ser cultivados com milho, soja e pastagens.

4.2 Metodologia

Para a realização deste estudo em busca dos objetivos propostos, desenvolveram-se duas ações paralelas:

1) metodologia de geoprocessamento utilizada no intuito de auxiliar na caracterização da área de estudo, bem como para a obtenção de indicadores de fragilidade em vertentes, por meio do processamento de uma rotina em *Python* no software ArcGIS® 10;

2) adaptação de um protocolo de avaliação rápida para a avaliação conjunta de alguns parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos existentes no curso d'água e no ambiente adjacente ao mesmo, como instrumentos na identificação da influência destes parâmetros quanto indicadores da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Destaca-se que embora paralelas, as metodologias não foram isoladas, visto que os resultados de uma puderam complementar os resultados da outra.

4.2.1 Geoprocessamento

4.2.1.1 Mapas e tratamentos

Foram gerados mapas de localização da microbacia de estudo (limite da microbacia), mapa das curvas de nível, mapa da rede de drenagem, mapa das áreas de preservação permanente, mapa do modelo numérico do terreno (MNT), mapa das classes de declividade, mapas das classes e do uso e cobertura da terra, e, mapa das velocidades de escoamento superficial.

A base para a elaboração dos mapas foi a carta do exército (Carta de Camobi, Nomenclatura: Folha SH 22-V-C-IV-2,MI - 2965/5, Escala:1:50.000) e imagens de satélite. Para a classificação do uso e cobertura da terra, foi realizada a interpretação visual de um mosaico de imagens, fornecidas gratuitamente pelo software Google Earth.

Para a elaboração de todos os mapas deste estudo utilizou-se o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, Datum SIRGAS2000 – Fuso 22S. Para as imagens obtidas do Google Earth fez-se a conversão do Datum WGS84 para o Datum SIRGAS2000.

Os mapas das curvas de nível e da rede de drenagem da microbacia do Arroio Val de Buia foram obtidos por meio da digitalização da referida carta topográfica do Ministério do Exército Brasileiro. Em seguida, fez-se delimitação manual de toda a microbacia hidrográfica pelos pontos mais altos que identificam os divisores de água.

Com base no mapa com as curvas de nível, preparou-se uma tabela com as cotas e as distâncias horizontais percorridas entre as curvas, sobre a rede de drenagem. Com essas informações foi possível determinar o perfil longitudinal do curso d'água a partir do qual se conheceu a declividade do rio.

Na sequência, utilizando o software ArcGIS® 10, também a partir das informações da rede de drenagem e das curvas de nível, com as respectivas cotas altimétricas, elaborou-se o mapa do MNT da microbacia do Arroio Val de Buia.

O Modelo Numérico do Terreno – MNT é um mapa no formato raster e que representa as altitudes do terreno de uma determinada área. Seus dados são representados por coordenadas em 3 Dimensões (x,y,z).

O MNT permite determinar também um mapa com as direções de escoamento célula a célula, conhecido como mapa de “aspectos”. A matriz de direções gerada oferece subsídio para a concepção de outros mapas, rede de drenagem, áreas contribuintes, mapas de acúmulo, etc (MENDES; CIRILO, 2001).

A partir do MNT também se obteve o mapa das declividades da microbacia, para o qual se fez a reclassificação conforme segue: 0 a 3% (Plano), 3 a 8% (Suave ondulado), 8 a 12% (Ondulado), 12 a 15% (Ondulado), 15 a 20% (Ondulado), 20 a 45% (Forte ondulado), 45 a 75% (Montanhoso) e > 75% (Escarpado), tendo como base as classes definidas pela EMBRAPA (1999) e as classes de declividade utilizadas por SCS (1957), conforme Tabela 4.1.

Para a construção do mapa de velocidade do escoamento superficial (pixel a pixel) da microbacia, foram utilizados os mapas (raster) referentes à declividade do terreno, ao uso e

cobertura da terra e as tabelas de Chow et al. (1988) e de SCS (1957) que determinam os valores médios de escoamento para cada uso e cobertura.

Na Tabela 4.1 encontram-se os valores médios das velocidades de escoamento (m/s) dos diferentes usos encontrados na microbacia de estudo. Para tanto, utilizou-se os valores médios de escoamento de Chow et al. (1988) para os usos pavimentação e drenagem e fez-se a média dos intervalos de escoamento (m/s) de SCS (1957), para os usos florestas, pastos naturais e, agricultura e solo exposto.

Tabela 4.1 - Valores médios das velocidades de escoamento (m/s) para os diferentes usos e coberturas da terra.

Declividade (%)	Florestas¹	Pastos Naturais¹	Pavimentos²	Rede de drenagem²	Declividade (%)	Agricultura e solo exposto¹
0 - 4	0,3048	0,4572	1,2954	0,3048	0 a 2	0,6096
4 - 8	0,6096	0,9144	3,3528	0,9144	2 a 4	0,9144
8 - 12	0,9144	1,2192	4,6482	1,6764	4 a 6	1,2192
12 - 15	1,0668	1,3716	5,1816	2,1336	6 a 10	1,5200
					10 a 12	1,6300
					12 a 15	1,7831

¹ SCS (1957); ² Chow et al (1988).

Fonte: Adaptação realizada a partir das velocidades médias do escoamento pelo SCS (1957), em m/s, para florestas, pastos naturais e, agricultura e solo exposto, e, para pavimentos e rede de drenagem fez-se a média dos intervalos de velocidades de escoamento superficial de Chow et al (1988), em m/s.

A classificação inicial do uso e cobertura da terra foi realizada a partir da interpretação visual do mosaico de imagens construído, identificando os seguintes usos e coberturas: 1 – agricultura; 2 – floresta nativa; 3 – floresta plantada; 4 – campo; 5 – área urbana; 6 – área construída (meio rural); 7 – água (barragens e açudes, exceto os rios); 8 – solo exposto. Para executar o procedimento acima descrito, foi realizada a reclassificação dos usos para obter os mesmos mencionados na Tabela 4.1, sendo necessário unir alguns usos, conforme segue: *Floresta*: união de floresta nativa (2) e floresta plantada (3); *Pastos naturais*: campo (4); *Pavimentos*: união de área urbana (5) e área construída (meio rural) (6); *Solo exposto*: união de agricultura (1) e solo exposto (8) e; *Água*: água (barragens e açudes, exceto os rios) (7).

Enfim, com a combinação do mapa de declividades com o mapa de uso e cobertura da terra, reclassificado conforme os usos da Tabela 4.1, bem como partir da observação dos valores de escoamento da referida tabela, teve-se a distinção da área de acordo as declividades

e a cobertura do solo, resultando em diferentes velocidades de escoamento na superfície na área da microbacia.

4.2.2 Indicadores de fragilidade em vertente: rotina em *Python*

A fim de determinar indicadores de fragilidade de áreas vertentes afluentes a um curso d'água, elaborou-se uma rotina em linguagem livre, de código aberto, processada no software ArcGIS® 10, a qual buscou auxiliar no entendimento da importância do comprimento e da declividade das vertentes, como parâmetros influentes nos processos erosivos, através da identificação de indicadores como: - o comprimento máximo de vertente afluente; - a declividade média da vertente afluente de máximo comprimento; - a área de drenagem afluente acumulada; - a declividade média da área de drenagem afluente acumulada e; - a velocidade média de vertente de comprimento máximo.

A área onde foi experimentada a referida rotina de cálculo foi a mesma de aplicação do PAR, ou seja, a microbacia ao Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Com este instrumento não se calcula a erosão na bacia, mas sim se infere sobre o que chega à drenagem, mais especificamente, em cada célula da drenagem.

A determinação desses indicadores buscou uma ferramenta complementar que pudesse contribuir para a análise do protocolo de avaliação rápida da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais desenvolvido neste trabalho de tese.

A metodologia foi utilizada no intuito de auxiliar na caracterização da área de estudo, bem como para a obtenção de indicadores de fragilidade em vertentes e, desenvolveu-se por meio do processamento de uma rotina de cálculo em *Python* no software ArcGIS® 10, a qual seguiu os passos apresentados no fluxograma da Figura 4-6 . Todos os indicadores foram determinados para cada célula formadora da drenagem.

Para a execução da rotina em *Python*, utilizou-se como base 5 mapas, que foram originados conforme descrito no item 4.2.1.1: - mapa da declividade na célula (%); - mapa das direções de fluxo na superfície (derivado do mapa das declividades); - mapa da distância percorrida no interior de cada célula (este mapa possui duas distâncias possíveis, dependendo do tamanho da célula, considerando que a célula é um quadrado, uma distância terá o valor do lado do quadrado que define, e a segunda distância terá o valor da diagonal deste quadrado), ver Figura 4-7, e; - mapa da rede de drenagem (com as células formadoras da drenagem).

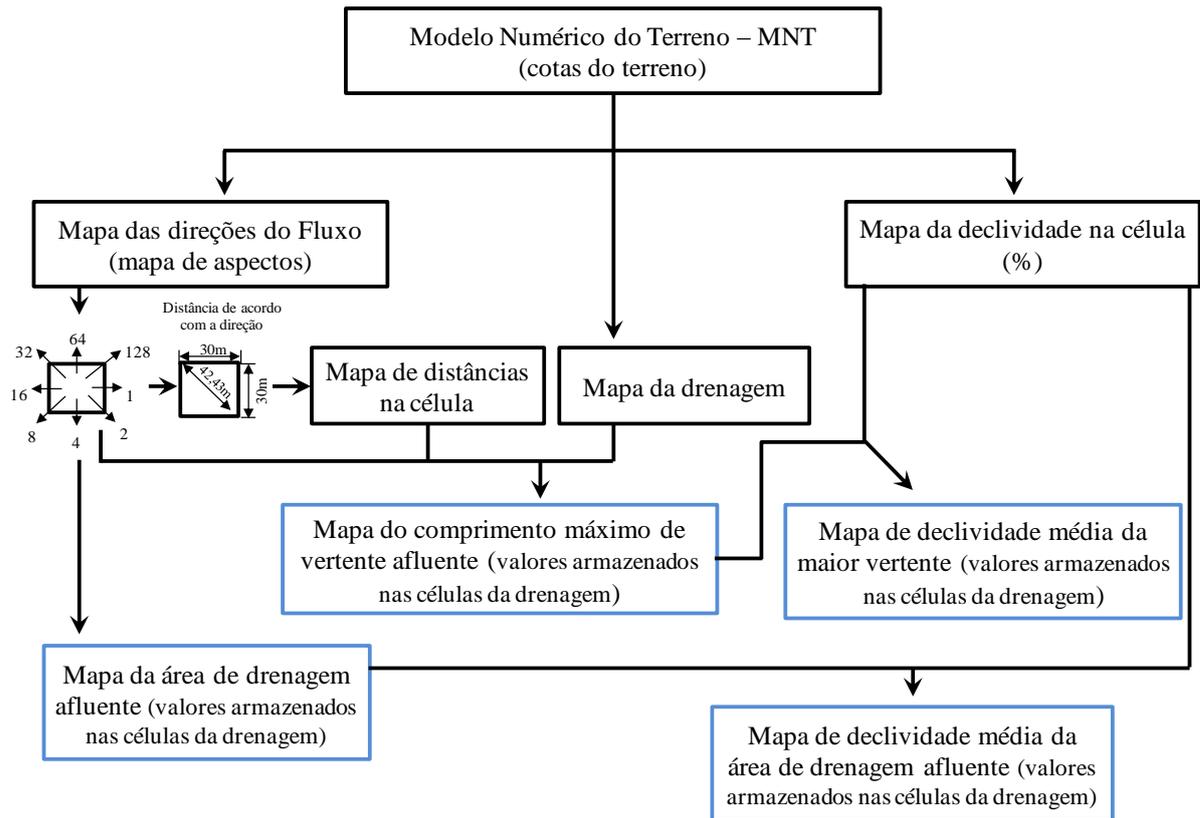


Figura 4-6 - Fluxograma de passos da rotina em *Python*, a partir de mapas oriundos do geoprocessamento, até a obtenção do mapa do comprimento máximo de vertente afluente, mapa da declividade média da maior vertente, mapa da área de drenagem afluente e, mapa da declividade média de área de drenagem afluente.

Para verificar qual é o *comprimento máximo de vertente afluente* a uma célula qualquer formadora da drenagem (mapa do maior percurso do escoamento superficial para cada célula da drenagem), aplicou-se aos mapas das direções de fluxo, da distância percorrida no interior da célula e da rede de drenagem a rotina elaborada em *Python 2.6* (ArcGIS® 10) para a leitura e interpretação das informações dos mesmos.

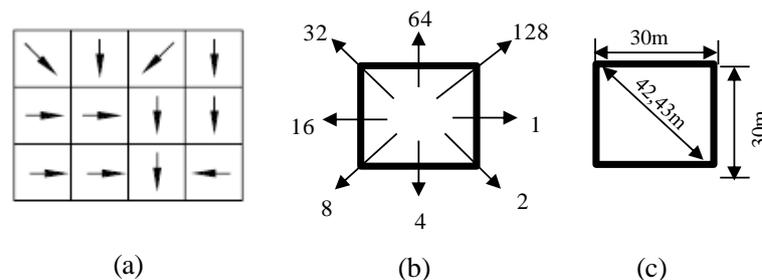


Figura 4-7 - Direções de fluxo na célula (a) e (b) e distâncias na célula (c).
Fonte: Maziero (2010) adaptado de Mendes; Cirilo (2001).

O cálculo do comprimento máximo de vertente afluente a uma célula qualquer formadora da drenagem pode ser feito com a comparação entre as distâncias possíveis que chegam à drenagem. As distâncias possíveis podem ser definidas pela soma das distâncias de cada célula, conforme a direção de fluxo, seguindo o caminho da célula até a drenagem (Figura 4-7). Ou seja, sabendo-se a direção do fluxo em cada célula, sabe-se a distância percorrida em cada uma delas. Observando-se todas as células que formam o caminho até as células formadoras da drenagem, e somando-se as distâncias percorridas por elas, tem-se o comprimento de cada caminho, assim, saber-se-á o maior percurso para cada célula da drenagem.

Ao chegar à célula referente à drenagem, o algoritmo encerra o cálculo da distância possível para esta célula e segue analisando a célula seguinte, até que se esgotem as possibilidades para este ponto da drenagem. Cada célula formadora da drenagem armazenará apenas o valor do maior percurso.

O maior valor, resultante da comparação entre as distâncias possíveis que chegam à drenagem, é direcionado ao endereço referente à célula da drenagem analisada, em um terceiro mapa (mapaPmax), de mesmo tamanho, $n \times m$, dos mapas de entrada.

Com o comprimento máximo de vertente afluente (maior percurso percorrido) para cada célula da drenagem, juntamente com o mapa de declividades da microbacia, procedeu-se uma rotina elaborada em *Python 2.6* (ArcGIS® 10) para a leitura das informações dos mesmos, a partir da qual obteve-se a declividade média da maior vertente afluente. Para isso, procedeu-se a soma das declividades de cada célula do maior percurso e dividiu-se pelo número de células que constitui o referido percurso (média aritmética simples).

O mapa da velocidade média da maior vertente afluente a cada célula da drenagem foi gerado a partir do "mapa das velocidades (célula a célula)" e do mapa do comprimento máximo de vertente afluente, sendo que o valor gerado a partir da leitura e interpretação das informações dos mesmos, por meio de uma rotina elaborada em *Python 2.6* (ArcGIS® 10), foi armazenado em cada célula da drenagem. Da mesma forma que se procedeu para o mapa da declividade média da maior vertente, fez-se a soma das velocidades de cada célula da maior vertente afluente e dividiu-se pelo número de células que constitui a referida vertente (média aritmética simples). Esta rotina é apresentada de forma esquemática no fluxograma da Figura 4-8.

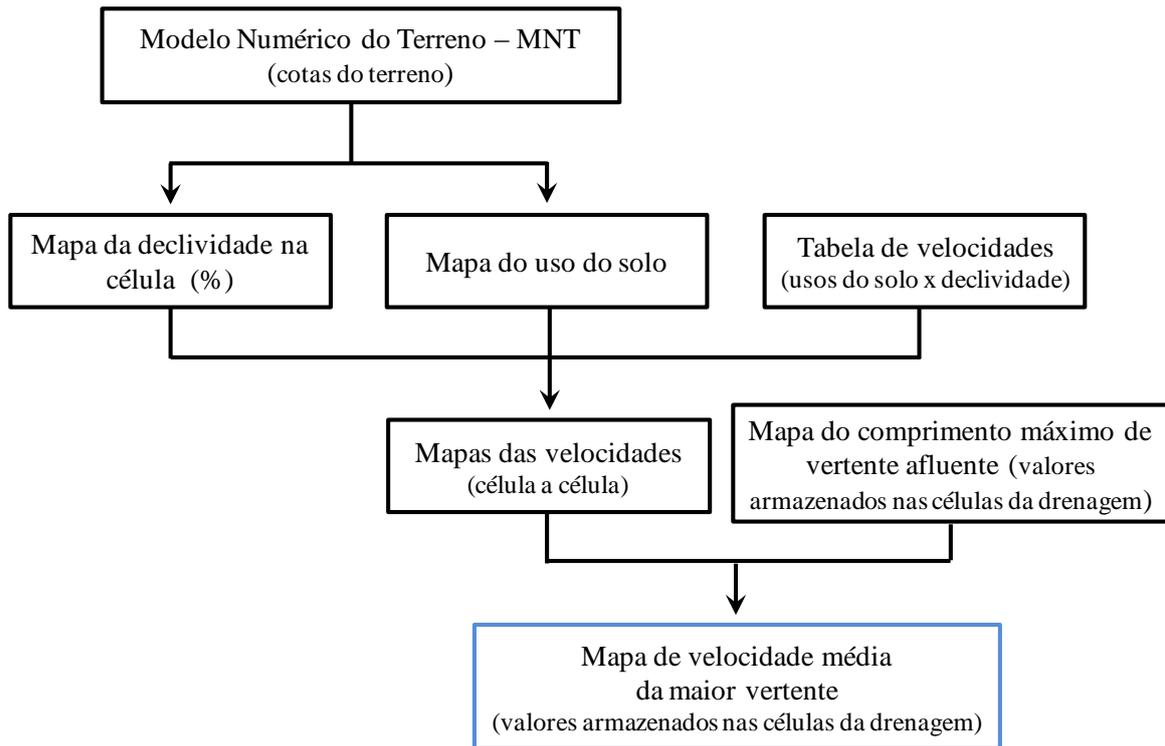


Figura 4-8 - Fluxograma de passos da rotina em *Python*, a partir de mapas oriundos do geoprocessamento, até a obtenção do mapa de velocidade média da maior vertente afluente a cada célula da drenagem.

Os indicadores obtidos através dessa metodologia serviram como auxiliares na discussão do item 5.5, o qual trata da consolidação do PAR como um instrumento para a avaliação da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais na microbacia do Arroio Val de Buia.

4.2.2.1 Síntese da programação em *Python*

A programação de um algoritmo no *Python* 2.6 (ArcGIS® 10) para a obtenção dos mapas de resultados finais foi constituída de 3 partes: 1 - dados de entrada (compostos pelos mapas de entrada); 2 - processamento de dados (leitura e interpretação das informações dos mapas de entrada e armazenamento da informação extraída nas células da drenagem) e; 3 - dados de saída (correspondente aos mapas de saída ou mapas de resultado final).

Os mapas que serviram de dados de entrada, todos foram originados através de procedimento de geoprocessamento (item 4.2.1):

MapaD: mapa de drenagem: com valores 0 (zero) para as células fora da drenagem e 1(um) para as células da drenagem;

MapaDIR: mapa de direções de escoamento do fluxo na célula.

MapaDECLI: mapa das declividades de cada célula.

Para obter-se o “*comprimento máximo de vertente afluyente*”, procedeu-se a seguinte rotina de cálculo no *Python 2.6* (ArcGIS® 10):

1º mapa: **MapaP** (mapa do percurso, onde P = percurso): este é um mapa de resultado intermediário. Armazenou em cada célula a sua distância até a drenagem, ou seja, o valor da distância (igual ao percurso) de cada célula até a drenagem.

2º mapa: **MapaPmax** (mapa do “*comprimento máximo de vertente afluyente*”): este é o mapa de resultado final. É o mapa onde as células da drenagem armazenaram sempre o maior percurso e as células fora da drenagem ficaram com o número zero (Figura 4-9).

A representação esquemática do mapa do *comprimento máximo de vertente* (mapaPmax) pode ser observada na Figura 4-9. As células com os números diferentes de zero e destacados em vermelho correspondem às células formadoras da drenagem, nesta célula foi armazenado sempre o maior percurso da água que escoar na superfície, em metros, oriunda da célula mais distante dentro do grupo de células que drenam para a célula da drenagem.

3º, 4º e 5º mapas: estes são mapas de resultados intermediário:

MapaPrio – armazena em cada célula do mapa qual é o célula da drenagem para onde a mesma contribui. Isto é, cada célula do mapa vai “registrar” o seu destino final da drenagem, ou seja, registra qual é a célula da drenagem para a qual está contribuindo (Figura 4-10).

0	0	0	0	0
0	0	72,43	90	0
0	0	60	0	0
0	132,43	0	0	0
0	102,43	0	0	0

Figura 4-9 - Representação esquemática do mapa do *comprimento máximo de vertente afluyente* (mapaPmax), valores em metros. As células com os valores diferentes de zero e destacados em vermelho correspondem às células formadoras da drenagem.

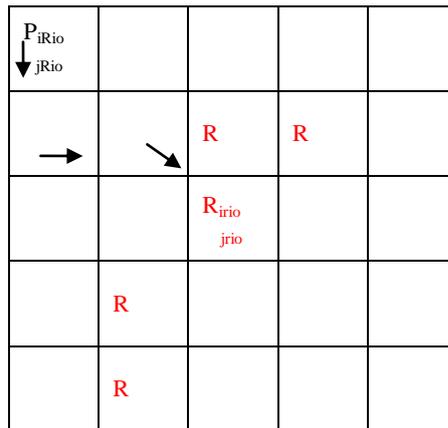


Figura 4-10 - Desenho esquemático que mostra como se deve ocorrer o armazenamento das informações nas células do mapa MapaPrio, MapaPriolinha, MapaPriocoluna.

MapaPriolinha – armazena a linha da célula da drenagem para a qual contribui.

MapaPriocoluna – armazena coluna da célula da drenagem para a qual contribui.

6º mapa: este é um mapa de resultado final:

MapaAD – mapa da área de drenagem acumulada em cada célula da drenagem. Cada área é igual à soma das células do “mapaPrio”. Para cada célula da drenagem, verificar quantas células contém em “mapaPriolinha” e “mapaPriocoluna” o valor da posição de linha e coluna desta célula da drenagem. O número de células multiplicado pela área de uma célula resulta na área de drenagem acumulada para essa célula da drenagem. Este valor fica armazenado nesta célula do mapa “mapaAD”.

7º e 8º mapa: estes são mapas de resultado final:

MapaDMP – mapa da declividade média da vertente de máximo comprimento. Para determinar essa declividade, é preciso partir do “mapaD”. Identificar nos “mapaPriolinha” e “mapaPriocoluna”, qual célula mais distante. Procurar o percurso novamente até a célula da drenagem, e numa variável “decliPer”, armazenar a soma de todas declividades do percurso, lidas no “mapaDECLI” e fazer ao final a média aritmética. Armazenar na célula da drenagem, no **mapaDMP**.

MapaDMAF – declividade média da área de drenagem afluente acumulada na célula da drenagem. Para as células que originam a área de drenagem, verificar a declividade de cada um no “mapaDECLI” e fazer a média aritmética. Os valores são armazenados em cada célula da drenagem.

9º mapa: este é um mapa de resultado final:

MapaVMP - a velocidade média de vertente de máximo comprimento. Para determinar essa velocidade segue-se o mesmo algoritmo utilizado para a obtenção do “mapaDMP”, com a diferença de que ao invés de armazenar a soma de todas declividades dos percursos, lidas no “mapaDECLI”, deve armazenar a soma de todas as velocidades dos percursos, lidas no “mapaVELOC” e fazer a média aritmética. Os valores são armazenados em cada célula da drenagem.

4.2.3 Protocolo de avaliação rápida de indicadores de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais

Para o trabalho desta tese adaptou-se a metodologia estabelecida por Barbour et al. (1999), em que parâmetros que representam o habitat físico são avaliados e com a explicação da forma de interpretação dos elementos que os compõem. Em razão do foco deste estudo estar na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, optou-se por não inserir no protocolo de análise alguns parâmetros existentes no protocolo original, como, por exemplo, parâmetros relacionados à qualidade da água, complexidade do habitat submerso e substrato de fundo.

No presente estudo, o protocolo avaliou 7 (sete) parâmetros ambientais: vegetação, textura do solo, trecho do rio, inclinação do talude, profundidade do solo no talude, largura do curso d’água e, uso e cobertura da terra.

A forma como cada um destes parâmetros foi interpretada, a fim de atribuir uma ou outra categoria a estes, deu-se da seguinte maneira:

1) vegetação: observou-se a ausência (vegetação inexistente) e a presença de vegetação. Em caso de presença de vegetação na área, determinou-se a largura (m) da faixa vegetada a partir do talude, tendo como distância limite transversalmente ao curso d’água a largura da APP prevista na Lei Federal 12.561/2012 e, foi descrito o porte da vegetação diferenciando-o em: arbórea (com altura ≥ 3 (três) m), arbustiva (com altura entre 3 (três) e 1 (um) m) e, herbácea (incluindo as poáceas) (com altura abaixo de 1 (um) m). O critério quanto ao porte e as respectivas alturas de cada um foram definidos para este estudo conforme exposto, a fim de permitir as distinções a campo de forma clara e prática;

2) textura do solo: classificou-se o solo do talude, visualmente, em rochoso, argiloso e arenoso. Em casos onde ao longo da profundidade do talude houvesse solo e não

apenas rocha, fez-se a coleta de amostra de solo para análise textural em laboratório, a fim de conferência da classificação visual;

3) trecho do rio: foi descrito se o trecho em avaliação encontrava-se em um trecho retilíneo, no raio externo ou no raio interno de uma curva;

4) inclinação do talude (graus): observou-se se o talude apresentava uma inclinação $\leq 30^\circ$, $> 30^\circ$ e $< 90^\circ$, e, $\geq 90^\circ$ (neste caso incluíram-se os taludes “solapados”);

5) profundidade do solo no talude (m): obtida no perfil do próprio talude, desde a porção superior do talude até o leito do curso d’água, enquadrando em 4 classes distintas: < 50 cm, entre 50 e 100 cm, ≥ 100 a 150 cm e, > 150 cm. A escolha dessas profundidades levou em consideração valores estabelecidos na tabela da FEPAM, elaborada por Kampf et al. (2008), para a classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais.

6) largura do curso d’água (m): obtida em linha reta entre os taludes, a qual teve como referência a largura do leito regular - “*a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano*”-, conforme definição da Lei Federal 12.651, de 2012. Destaca-se que para que se obtivesse a largura do leito regular, teve-se o cuidado de que as saídas de campo não ocorressem em período de seca e nem em período de excesso de chuvas. Esse parâmetro foi considerado importante, visto que é o único definido por lei e utilizado para a definição da largura das APPs ao longo de rios atualmente.

7) uso e cobertura da terra: classificado em: agricultura e solo exposto, pastagem ou campo nativo, floresta plantada, floresta nativa e, pavimentos (área construída no meio rural e área urbana). Este parâmetro foi observado nas áreas circunvizinhas às unidades amostrais e, também, sempre que necessário, foi observado na própria unidade amostral, quando o parâmetro “vegetação” correspondeu à categoria “inexistente”.

Importante destacar que para que os parâmetros “vegetação”, “textura do solo”, “trecho do rio”, “inclinação do talude” e “profundidade do solo no talude” tivessem sua categoria definida, utilizou-se como critério que mais de 50% da área observada deveria ser representada por dada categoria. Ou seja, mais de 50% da área observada deveria ser ocupada por vegetação arbórea para que o parâmetro “vegetação” fosse enquadrado na categoria arbórea.

Quando na área avaliada não foi encontrada a predominância (mais de 50%) de uma única categoria para dado parâmetro, observou-se o percentual ocupado por todas as categorias presentes, multiplicou-se o valor do peso de cada categoria pelo respectivo percentual ocupado na área de observação e efetuou-se o somatório. O valor resultante desse somatório correspondeu ao peso do parâmetro analisado para aquela unidade amostral.

O parâmetro “uso e cobertura da terra” foi avaliado em área circunvizinha à APP, isto após o limite previsto para a APP.

Cabe ressaltar que o peso para cada categoria dos parâmetros avaliados é atribuído separadamente para a margem direita (D) e a margem esquerda (E) do curso d’água avaliado.

Cada categoria do parâmetro recebeu um peso relacionado à sua influência sobre a suscetibilidade à erosão, sendo que cada peso recebeu uma denominação. Estes pesos foram definidos conforme a Tabela 4.2.

Durante as avaliações de campo, os valores a cada do parâmetro foram dados a partir da verificação visual da condição física do ambiente avaliado, de acordo com os pesos da categoria correspondente, e o valor final do protocolo foi obtido a partir do somatório dos pesos atribuídos a cada parâmetro, que então, reflete a suscetibilidade à erosão do trecho analisado.

Tabela 4.2 - Definição dos pesos relacionados à sua influência sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Peso	Grau de influência	Definição
0	Não influente	A presença de dada categoria do parâmetro não aumenta nem diminui a suscetibilidade de erosão do talude fluvial.
1	Influência fraca	A presença de dada categoria do parâmetro torna fraca a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
2	Influência moderada	A presença de dada categoria do parâmetro torna moderada a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
3	Influência forte	A presença de dada categoria do parâmetro torna forte a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
4	Preponderante	A categoria do parâmetro é a principal a ser observada, ou seja, é categoria, que em qualquer situação exercerá influência sobre a erosão do talude fluvial.

Para a definição dos pesos de cada categoria dos 7 parâmetros ambientais que compuseram do protocolo foi desenvolvido um questionário, o qual foi aplicado a diversos pesquisadores, cujas respostas relacionaram-se à influência na suscetibilidade a erosão de taludes fluviais de cada categoria dos 7 parâmetros ambientais elencados para este estudo. O referido questionário se encontra detalhado no item 4.2.4.

A partir da definição dos pesos das categorias de cada parâmetro, distribuíram-se as referidas categorias de acordo com sua influência na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, de acordo com o esquema apresentado pela Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Tabela esquemática da distribuição das categorias de cada parâmetro integrante do PAR de acordo com o seu grau de influência na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Parâmetros	Grau de influência				
	Não influente	Influência Fraca	Influência Moderada	Influência Forte	Preponderante
	Pesos				
	0	1	2	3	4
Vegetação	*	*	*	*	*
Textura do Solo	*	*	*	*	*
Trecho do rio	*	*	*	*	*
Inclinação do talude (graus)	*	*	*	*	*
Profundidade do solo no talude (m)	*	*	*	*	*
Largura do curso d'água	*	*	*	*	*
Uso e cobertura da terra	*	*	*	*	*

* as categorias de cada parâmetro preencheram os espaços de acordo com o peso que cada uma representou com relação à sua influência na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

A aplicação do PAR em um trecho de rio resulta em um peso para cada parâmetro avaliado. Para obter-se o valor final do PAR, fez-se o somatório dos pesos dos referidos parâmetros. O valor final do PAR é variável, sendo alterado em função da categoria de cada um dos parâmetros existente no trecho avaliado.

Através dos pesos atribuídos para cada categoria dos parâmetros integrantes do PAR, podem-se conhecer os valores finais máximos e mínimos que se pode chegar com o PAR. No entanto, para se definir a classe de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais de acordo com o resultado final do PAR, estipulou-se um intervalo de classe (*i*) para este resultado, com

amplitude do intervalo “ h ”, as quais foram denominadas da seguinte forma: “*estável*” “*suscetível*” e “*instável*”, conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Representação esquemática dos intervalos de classe do resultado final do PAR e suas respectivas classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

i	Intervalos de classe	Classe
1	$X_{\text{mín1}} - X_{\text{mín1}+h}$	Estável
2	$X_{\text{mín2}} \vdash X_{\text{mín2}+h}$	Suscetível
3	$X_{\text{mín3}} \vdash X_{\text{mín3}+h}$	Instável

i = classes; $X_{\text{mín1}}$ = valor inferior do intervalo da classe 1; $X_{\text{mín2}} = X_{\text{mín1}+h}$ e, corresponde ao valor inferior do intervalo da classe 2; $X_{\text{mín3}} = X_{\text{mín2}+h}$ e, corresponde ao valor inferior do intervalo da classe 3; h = amplitude do intervalo de classe.

No intuito de avaliar a pertinência dos parâmetros estabelecidos, dos seus pesos e das classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, bem como a aplicabilidade do protocolo, foi utilizado como referência o Arroio Val de Buia, o qual tem as suas características e da bacia onde se insere descritas no item 4.1.

A escolha do referido arroio deu-se pelas mesmas razões estabelecidas por Cionek; Beaumord; Benedito (2011) ao escolher o seu local de estudo, ou seja, possuir diferentes feições físicas ao longo do curso d’água, as quais possibilitaram a identificação de diferentes fisionomias.

4.2.4 Escolha dos parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos

Os parâmetros escolhidos foram selecionados dentre os que se julgaram influentes sobre a suscetibilidade de interferir na erodibilidade de um talude fluvial. Em um primeiro momento, pensou-se de modo mais amplo, ou seja, parâmetros bióticos, parâmetros abióticos e parâmetros antrópicos. Em seguida, buscaram-se dentro de cada um dos três grandes grupos, parâmetros mais específicos, como, vegetação, textura do solo, declividade de talude, área urbana, etc, e, nesses, quando necessário, subdividiu-se ainda em vegetação arbórea, vegetação arbustiva, solo rochoso, solo arenoso, por exemplo.

Como forma de amparar a escolha dos parâmetros que iriam compor o PAR, bem como a atribuição de pesos aos mesmos, foi aplicado um questionário a pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento (Apêndice A), o qual teve a finalidade de obter a opinião de estudiosos quanto à adequação do parâmetro utilizado pela Legislação Brasileira (Lei Federal 12.651/2012) para a determinação da largura de área de preservação permanente a ser mantida ao longo do curso de água, bem como quanto à influência de outros parâmetros - aqueles elencados -, sobre a suscetibilidade à erosão de um talude fluvial.

O detalhamento da estrutura do questionário e da forma de análise das respostas deste pode ser observado nos itens 4.2.4.1 e 4.2.4.2.

Para a elaboração do PAR procedeu-se a seleção definitiva dos parâmetros e a atribuição de pesos às suas categorias (relacionado à influência das categorias de cada parâmetro na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais). Os valores e as definições dos pesos foram os mesmos utilizados no questionário, atribuídos a partir da avaliação das respostas deste.

Como forma de verificar se a proposta do PAR se confirmava a campo, observaram-se trechos de um curso d'água, onde, em cada margem, foram avaliados os parâmetros integrantes do PAR com a aplicação dos pesos conforme sua categoria. Em seguida efetuou-se a soma dos pesos de cada parâmetro analisado, obtendo-se um peso final (uma nota) para cada trecho de curso d'água. Com isso confrontou-se os valores da condição constatada a campo para o referido curso com o valor final do PAR, observando se a situação no trecho analisado era "estável", "suscetível" ou "instável", a fim de verificar se o valor final do protocolo realmente refletia a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais analisados a campo.

Com isso criou-se a possibilidade de comparação de realidades (condições) encontradas a campo com os resultados das possíveis interações que o PAR propicia, facilitando avaliação da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais de cursos d'água que apresentem parâmetros com características semelhantes àquelas definidas no PAR.

4.2.4.1 Estrutura do questionário

O questionário constituiu-se de uma série ordenada de questões, as quais variaram entre questões fechadas, questões de múltipla escolha e uma questão aberta (Apêndice A). As primeiras foram aquelas em que o pesquisador teve de escolher sua resposta entre duas opções

(sim ou não). Embora restringisse a liberdade das respostas, este tipo de pergunta facilitou a tabulação e a análise dos dados, pois as respostas são objetivas.

As questões de múltipla escolha também caracterizaram perguntas fechadas, no entanto, apresentaram cinco opções de resposta, representadas pelos pesos 0, 1, 2, 3 e 4, os foram definidos na Tabela 4.2.

A última pergunta do questionário constitui-se de uma questão aberta, ou seja, permitia que o “entrevistado” respondesse livremente, usasse uma linguagem própria e expressasse a sua opinião sobre outro (s) parâmetro (s) que poderia (m) exercer influência na suscetibilidade à erosão de um talude fluvial, além daqueles elencados no questionário.

4.2.4.2 Análise dos dados do questionário

A fim de avaliar as respostas às perguntas do questionário, bem como definir as categorias que seriam conferidas aos parâmetros elencados no PAR observou-se a frequência absoluta e relativa dos pesos atribuídos pelos pesquisadores em respostas em cada uma das questões.

Para as questões 5 a 9, também se calculou a média ponderada para o número de pesquisadores que escolheu dado peso para cada parâmetro. Para tanto, atribuiu-se uma grandeza ao número de pesquisadores, conforme a Tabela 4.5.

Após, fez-se o somatório das multiplicações entre o número de pesquisadores que escolheu determinado peso e o valor da sua respectiva grandeza (1, 2 ..., 19), divididos pelo somatório das grandezas (Equação 4.1).

$$MP = \Sigma (np * gnp) / \Sigma (gnp) \quad \text{Equação 4.1}$$

onde: MP = média ponderada; np = número de pesquisadores e gnp = grandeza do número de pesquisadores.

O valor da média ponderada para o número de pesquisadores que escolheu dado peso para cada parâmetro, irá definir a influência do parâmetro no PAR. Para tanto, calculou-se a média ponderada para os pesos, utilizando-se os dados conforme o exemplo da Tabela 4.6, aplicando-se a Equação 4.2.

$$MP = \frac{\sum (\text{peso} * gp)}{\sum (gp)} \quad \text{Equação 4.2}$$

$$MP = 40 / 15$$

$$MP = 3$$

Onde: peso = 0, 1, 2, 3 e 4; gp = grandeza dos pesos.

Tabela 4.5 - Grandezas atribuídas ao número de pesquisadores.

Nº de pesquisadores	Grandeza do nº de pesquisadores
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
12	13
13	14
14	15
15	16
16	17
17	18
18	19

Tabela 4.6 - Grandezas atribuídas aos pesos para todos os parâmetros elencados no questionário, das questões 5 a 9, a fim de obter a média ponderada para os pesos.

Peso	gp	peso x gp
0	1	0
1	2	2
2	3	6
3	4	12
4	5	20
Somatório	15	40

Onde: gp = grandeza dos pesos;

A média ponderada para determinar a influência dos pesos foi a mesma para todos os parâmetros, das questões 5 a 9 do questionário. O valor obtido foi 2,7 (arredondou-se para 3), ou seja, quando as respostas escolhidas a partir da média ponderada do número de pesquisadores foram os pesos menores que 3, o parâmetro foi considerado sem influência, pois ponderou-se que a grande maioria dos pesquisadores não o considerou influente na suscetibilidade de erosão de um talude fluvial. No entanto, quando as respostas escolhidas a partir da média ponderada do número de pesquisadores foram entre 3 e 4, o parâmetro foi analisado como influente, pois entendeu-se que a grande maioria dos pesquisadores considerou-o desta forma.

Em casos onde a média ponderada do número de pesquisadores resultou em pesos tanto abaixo como acima de 2, considerou-se como limite de referência o peso 2 (influência moderada), servindo de balizador, e, observou-se se o maior número de pesquisadores a escolher os demais pesos estava acima ou abaixo de 2. Caso o maior número de pesquisadores tivesse escolhido os pesos acima de 2 o parâmetro foi considerado influente, caso a maioria tivesse escolhido pesos abaixo do peso 2 o parâmetro foi entendido como sem influência.

Destaca-se que a média ponderada para o número de pesquisadores foi calculada individualmente para cada um dos parâmetros das questões 5 a 9.

A análise das respostas dos pesquisadores entrevistados para as questões 5 a 9 seguiram a mesma metodologia descrita acima.

4.2.5 Observações de campo

A fim de testar a eficiência da previsão de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, obtida para diferentes situações possíveis de serem encontradas no ambiente através das combinações permitidas pelo PAR, bem como a fim de conferir os resultados da rotina de cálculo desenvolvida em *Python* no software ArcGIS® 10 (metodologia apresentada no item 4.2.2) foram realizadas verificações a campo. Para tanto, utilizou-se a área descrita no item 4.1, localizada na microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buia.

Para que o trabalho de campo fosse executado, foi solicitada, a alguns proprietários das áreas que margeiam o curso d'água objeto de estudo, a autorização de acesso às unidades amostrais, bem como, para as coletas de amostras de solo nos respectivos pontos, a fim de

realizar a análise granulométrica em laboratório, além dos registros fotográficos dos pontos de observação.

4.2.5.1 Unidades amostrais

Cada unidade amostral constituiu-se de uma área de dimensões de 30 x 30 m, sendo que 30 metros medidos a partir da margem do curso d'água em direção à vertente e 30 metros ao longo da margem do curso. Foi adotada esta dimensão por coincidir com o tamanho do pixel dos mapas gerados, bem como tendo como referência a largura de área de preservação permanente prevista na Lei Federal Nº 12.651/2012, para cursos d'água com largura de até 10 metros.

Em cada unidade amostral foram observados os mesmos parâmetros constituintes do PAR, descritos no item 4.2.3 - vegetação; textura do solo; trecho do rio; inclinação do talude (graus); profundidade do solo no talude (m); largura do curso d'água (m); e, uso e cobertura da terra - e utilizou-se a planilha de coleta de dados apresentada no Apêndice B.

A fim de verificar a eficiência das observações realizadas a campo, quanto à identificação do tipo textural do solo, foram coletadas amostras deformadas na profundidade de 0 – 20 cm, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Físicas do Departamento de Solos da UFSM. A análise granulométrica foi realizada através do método da pipeta, conforme EMBRAPA (1997). Destaca-se que essa coleta não ocorreu em todos os pontos amostrais, mas apenas naqueles que não foram identificados como solo rochoso.

Observaram-se em um mesmo ponto amostral (o mesmo trecho do rio) duas unidades amostrais, ou seja, uma unidade na margem esquerda (E) e outra na margem direita (D), distribuídas de forma a observar distintas características ao longo do curso d'água. Foram observados 20 pontos amostrais, totalizando 40 unidades amostrais.

Foram coletadas as coordenadas UTM dos pontos de análise, os quais, posteriormente, foram distribuídos sobre a rede de drenagem a fim de localizar os pontos de observação. Também foi realizado o registro fotográfico nas unidades amostrais e de diferentes feições ocorrentes na bacia para auxiliar a classificação do uso e cobertura da terra e na discussão dos resultados.

4.2.5.2 Avaliação dos dados de campo

Em cada ponto amostral foi identificada a categoria correspondente a cada parâmetro, a partir da verificação visual da condição do ambiente avaliado, de acordo com os pesos definidos no PAR, e o valor final de cada unidade amostral foi obtido a partir do somatório dos pesos atribuídos a cada parâmetro, que então, reflete a suscetibilidade à erosão do trecho analisado, obtendo-se a categoria de cada unidade amostral, conforme Tabela 4.4.

Realizou-se a verificação das diferenças e/ou semelhanças entre as unidades amostrais estudadas com: a aplicação do Teste t Student, no software ASSISTAT 7.7 beta; a Análise de Agrupamentos Hierárquicos (AAH), através do cálculo da similaridade entre as unidades amostrais, a partir da distância Euclidiana entre estas unidades, e; a Análise de Componentes Principais (ACP), as últimas avaliações ocorreram por meio do software SPSS Statistics 17.0.

A análise de agrupamento é uma técnica analítica para desenvolver subgrupos significativos de indivíduos ou objetos. Especificamente, o objetivo é classificar uma amostra de entidades (indivíduos ou objetos) em um pequeno número de grupos mutuamente excludentes. Na análise de agrupamentos, diferentemente da análise discriminante, os grupos não são predefinidos. Ao invés disso, a técnica é usada para identificar os grupos (HAIR, Jr et al., 2005).

A análise fatorial, que inclui análise de componentes principais e análise dos fatores comuns, é uma abordagem estatística que pode ser usada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns (fatores). O objetivo é encontrar um meio de condensar a informação contida em um número de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação (HAIR, Jr et al., 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram apresentados e discutidos os resultados e os passos seguidos durante o estudo para a elaboração de um protocolo de avaliação rápida da suscetibilidade à erosão de um talude fluvial, com a aplicação do referido protocolo na microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

O capítulo foi estruturado da seguinte forma:

- Item 5.1 *Expedições de campo* - refere-se à descrição do número de expedições de campo e o número de participantes em cada uma delas, bem como à visita de reconhecimento prévio da área;

- Item 5.2 *Geoprocessamento* - apresentou o mapeamento realizado como forma de reconhecimento das características da microbacia do Arroio Val de Buia, local de aplicação do PAR;

- Item 5.3 *Interpretação das respostas do questionário* - expôs a interpretação das respostas do questionário aplicado a pesquisadores como subsídio para a elaboração do PAR;

- Item 5.4 *Ajustamento do PAR adaptado à região de estudo*

- apresentou a definição, a partir das respostas do questionário, dos parâmetros que compuseram o PAR, assim como os seus respectivos pesos;

- Item 5.5 *Avaliação da aplicabilidade do PAR no Arroio Val de Buia* - mostrou a avaliação dos parâmetros analisados nas observações realizadas na microbacia do Arroio Val de Buia, a fim de enquadrar os pontos às categorias de suscetibilidade à erosão de um talude fluvial com base nos pesos atribuídos aos parâmetros a partir do PAR;

- Item 5.6 *Indicadores de fragilidade à erosão de vertente* - esse item apresentou os indicadores de fragilidade relativos ao comprimento e à declividade das vertentes, obtidos a partir do processamento da rotina em *Python* descrita no item 4.2.2;

- Item 5.7 *Contribuição dos indicadores de fragilidade para a compreensão da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais* - neste item foi discutida a contribuição dos indicadores de fragilidade de vertentes para a compreensão da suscetibilidade à erosão diagnosticada com o PAR.

5.1 Expedições de campo

Devido à proximidade de Silveira Martins em relação à UFSM, tinha-se um conhecimento prévio de características gerais da sua região de abrangência o que estimulou a escolha da microbacia do Arroio Val de Buia como a área de estudo desta tese. No entanto, em 2012 foi feita a primeira visita à referida área a fim de verificar as características mais marcantes, bem como verificar a disponibilidade de acesso ao arroio.

Esta visita serviu também para a elaboração do PAR, visto que de acordo com Cionek et al. (2011), para que se efetue a adaptação dos gradientes de estresse de um protocolo, não se deve considerar unicamente as características geográficas da região, sendo necessárias visitas ao campo, além do levantamento de informações regionais e históricas.

Para a aplicação do PAR ao longo do Arroio Val de Buia fez-se duas campanhas de campo. A primeira foi realizada em maio de 2013, contou com uma equipe de 4 integrantes e avaliaram-se 6 pontos amostrais (com uma unidade amostral na margem esquerda e outra na margem direita do arroio, em cada ponto).

A segunda e última campanha de campo ocorreu em novembro de 2013, contou com uma equipe de 5 integrantes e avaliaram-se 14 pontos amostrais (com uma unidade amostral na margem esquerda e outra na margem direita do arroio, em cada ponto).

5.2 Geoprocessamento

5.2.1 Mapa da rede de drenagem, das curvas de nível e das APPs

Após a digitalização das cartas no software ArcGIS[®] 10, foram extraídas algumas informações da microbacia do Arroio Val de Buia, dentre elas a rede de drenagem e as curvas de nível, com as cotas altimétricas correspondentes, que variaram de 140 a 480 metros de altitude, como pode ser observado na Figura 5-1.

A partir disso, fez-se a delimitação manual de toda a microbacia hidrográfica, a qual totalizou uma área de 1.377,72 ha e 18.597,26 m de perímetro.

O sistema de drenagem da microbacia do Arroio Val de Buia, para o mapeamento na escala 1:50.000, apresentou inúmeras ramificações (Figura 5-1), sendo que o rio principal foi classificado como de quarta ordem e constituiu-se de uma extensão de 7.149,17 m.

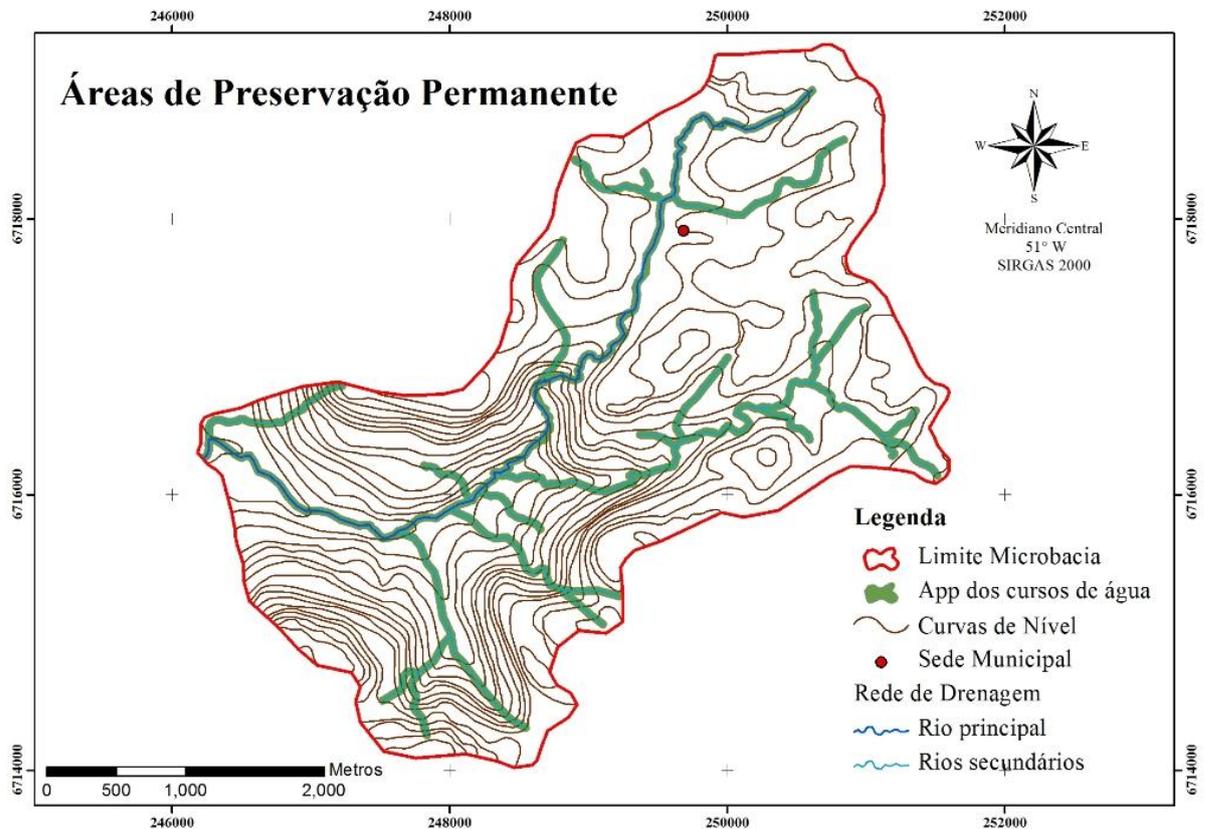


Figura 5-1 - Mapa com as curvas de nível, a rede de drenagem e as APPs ao longo dos cursos d'água, na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

Essa característica da microbacia do Arroio Val de Buia reporta à descrição da área da bacia hidrográfica do Arroio Grande e de uma fração da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim realizada por Miola (2013), o qual relata que a hidrografia nessa região é abundante, constituída por inúmeros arroios, que nascem nas coxilhas de altitude do Planalto Meridional.

Destaca-se que os resultados deste estudo foram obtidos para um curso d'água de quarta ordem, em razão disso, cabe recomendar, em caso de reproduzir-se o referido estudo, avaliações de cursos d'água de outras ordens, visto que não se tem conhecimento a respeito da influência dessa variação.

Com base no mapa das curvas de nível, preparou-se uma tabela com as cotas altimétricas das curvas, as distâncias horizontais percorridas e a declividade entre as curvas

(Tabela 5.1). A partir dessas informações determinou-se o perfil longitudinal do Arroio Val de Buia (Figura 5-2).

Tabela 5.1 - Cotas altimétricas (m) das curvas de nível da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, distâncias entre as curvas (m), distância acumulada (m) e declividade entre as curvas, para cada trecho do perfil longitudinal.

Trecho	Curva de nível (m) ¹	Distância entre curvas (m) ²	Distância acumulada (m) ³	Declividade entre curvas (m/m) ⁴
I	460	-	-	-
	440	138,45	138,45	0,14446
	420	1103,37	1241,82	0,01813
	400	1320,01	2561,83	0,01515
	380	663,26	3225,09	0,03015
II	360	161,17	3386,26	0,12409
	340	47,26	3433,52	0,42319
	320	118,29	3551,81	0,16908
	300	165,42	3717,23	0,12090
	280	244,17	3961,40	0,08191
	260	80,77	4042,17	0,24762
	240	114,71	4156,88	0,17435
	220	166,72	4323,60	0,11996
III	200	402,47	4726,07	0,04969
	180	624,60	5350,67	0,03202
	160	840,40	6191,07	0,02380
	140	216,93	6408,00	0,09220
	120	741,15	7149,15	0,02699

¹ Curva de nível: cota retirada da carta altimétrica;

² Distância entre curvas: distância percorrida entre a curva de nível anterior e a curva de nível atual;

³ Distância acumulada: soma das distâncias percorridas até a curva de nível atual;

⁴ Declividade entre curvas: (cota anterior – cota atual) / distância entre curvas;

A elaboração do perfil longitudinal buscou demonstrar graficamente o percurso, a partir de uma perspectiva longitudinal, conforme preconiza Sutili (2001). Com base em Sutili (2001), demonstrou-se a altitude no eixo das ordenadas, com leituras fixadas de acordo com as curvas de nível que se dispunha, e, no eixo das abscissas, foi colocado o somatório das distâncias percorridas pelo curso de água entre cada cota.

O Arroio Val de Buia apresentou três trechos distintos ao longo do seu perfil longitudinal, corroborando com os resultados de Sutili (2001) para a bacia hidrográfica do

Arroio Guarda-Mor, a qual se dividiu em “seções”, distinguíveis pela declividade, fato comum a toda a região que envolve o rebordo do Planalto. Região essa que apresenta suas águas descendo do Planalto Gaúcho em direção à Depressão Central (SUTILI, 2007).

O trecho I do Arroio Val de Buia, mais plano, foi da cota 440 m à cota 380 m, com um percurso total de 3.225,09 m. A declividade média neste trecho foi $(440-380)/3.225,09 = 0,0186$ m/m. Este trecho caracterizou-se por apresentar áreas com a presença de atividades agropecuárias, onde as margens do curso d’água eram ocupadas por estreitas faixas de vegetação arbórea e/ou arbustiva e em sua grande parte ocupadas por vegetação herbácea. Além disso, o trecho I abriga toda a área urbana do município de Silveira Martins, onde praticamente todo o curso d’água está canalizado e, nos locais onde o córrego flui em superfície observa-se a pavimentação de suas margens e o lançamento de efluentes domésticos em seu leito.

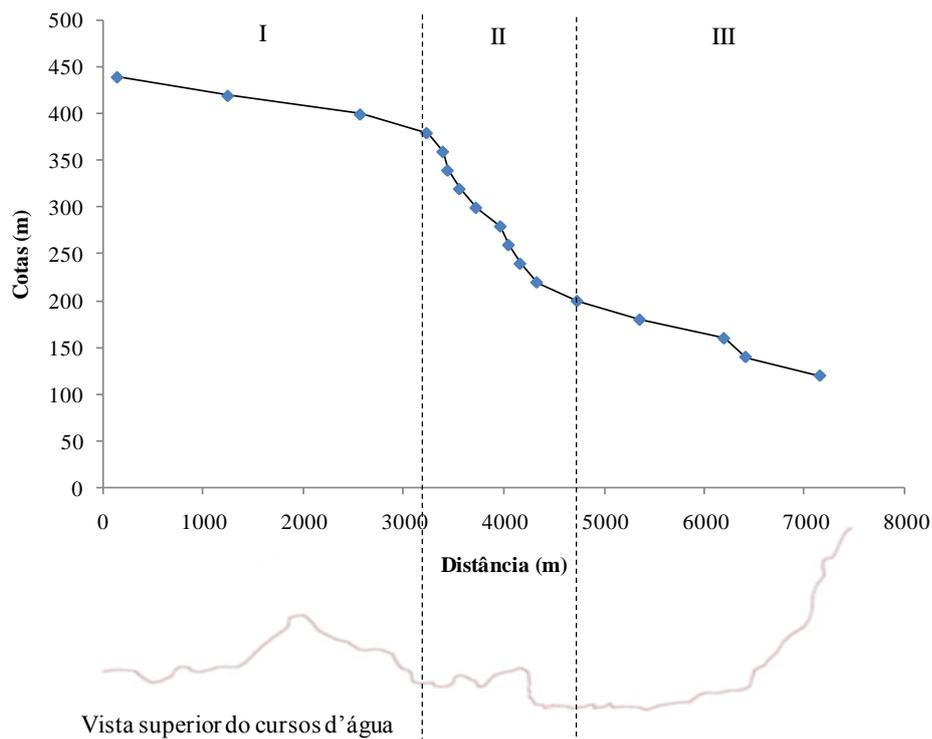


Figura 5-2 - Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, segmentado em 3 trechos distintos, em função da diferença de declividade.

O trecho II, mais inclinado, estendeu-se da cota 380 m à cota 200 m, percorrendo uma distância de 1509,89 m. A declividade média neste segundo trecho foi de $(380-200)/1509,89$

= 0,1199 m/m. O trecho II é o mais declivoso dos três trechos, localiza-se na porção central da microbacia, em uma faixa de transição entre o Rebordo do Planalto e a Depressão Central. Em sua maioria é coberto por vegetação arbórea, com formação florestal característica da região de estudo.

No trecho III, o relevo torna-se novamente mais plano com cotas entre 200 m e 120 m e extensão de 2423,08 m. A declividade média no último trecho foi de $(200 - 120) / 2423,08 = 0,0330$ m/m. Esta condição de relevo mais suave propicia nesta parte da microbacia o cultivo agrícola e as atividades pastoris. Observou-se a redução das áreas vegetadas com floresta ao longo do curso d'água, com predomínio de vegetação herbácea (incluindo as poáceas) até o talude fluvial.

Segundo Aulitzky; Fiebiger; Diera (1990) apud Durlo; Sutili (2005) a análise do perfil longitudinal de um curso de água é uma importante ferramenta para a compreensão dos fenômenos e processos fluviais, visto que a velocidade do fluxo depende, basicamente, da inclinação do leito. Quanto maior a inclinação do leito, maior será a velocidade da água e, portanto, maior será sua capacidade de transporte de materiais.

Assim, a observação do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia serviu de contribuição para a discussão do item 5.5 e para auxiliar na compreensão do comportamento dos fatores avaliados na microbacia.

A Figura 5-1 contém ainda a delimitação das APPs considerando 30 metros para cada lado ao longo da rede de drenagem, conforme prevê a Lei Federal nº 12.561, de 2012.

Ao realizarem-se as observações de campo, constatou-se em alguns pontos da microbacia a existência de conflitos de uso e cobertura da terra em áreas previstas legalmente como de preservação permanente. Encontraram-se locais às margens do Arroio Val de Buia, que ao invés de vegetação protetora, havia, predominantemente, atividades agrícolas, áreas construídas e pastoreio (Figura 5-3).

Essas constatações corroboram com Miola (2013), o qual menciona que nessa região, as matas ciliares foram gradativamente suprimidas, pelo avanço dos espaços agrícolas para o cultivo de pequenas lavouras de fumo e hortaliças e grandes cultivos de arroz irrigado, nas planícies de inundação. Como consequência da falta de mata ciliar, e da ocorrência de chuvas extremas, há o desmoronamento das margens dos arroios e frequentes transbordamentos em épocas de cheias, que causam prejuízos de grandes proporções às lavouras e aos próprios agricultores. Grande quantidade de solo chega até os rios, provocando assoreamento do leito menor.



Figura 5-3 - Áreas que deveriam estar destinadas à preservação permanente ocupadas por agricultura (a – P8D, Trecho I), construções (b – Trecho I; c – P8E, Trecho I) e pastoreio (d – P17D, Trecho III), na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

Há, no entanto, trechos do córrego, em especial o trecho II, em que a floresta nativa ocorre além dos limites das APP, especialmente na área de relevo acidentado, em razão da dificuldade de substituição da vegetação nativa por atividades silvipastoris ou mesmo por construções para moradia. Nesses locais as matas densas formam a Floresta Estacional Decidual e Semidecidual de Encosta e são compostas por diversas espécies de árvores de médio e grande porte, características essas também descritas por Miola (2013).

5.2.2 Mapa do Modelo Numérico do Terreno

Na Figura 5-4, observa-se o Modelo Numérico do Terreno (MNT), o qual é uma imagem onde cada *pixel* possui um valor de altitude para sua respectiva coordenada.

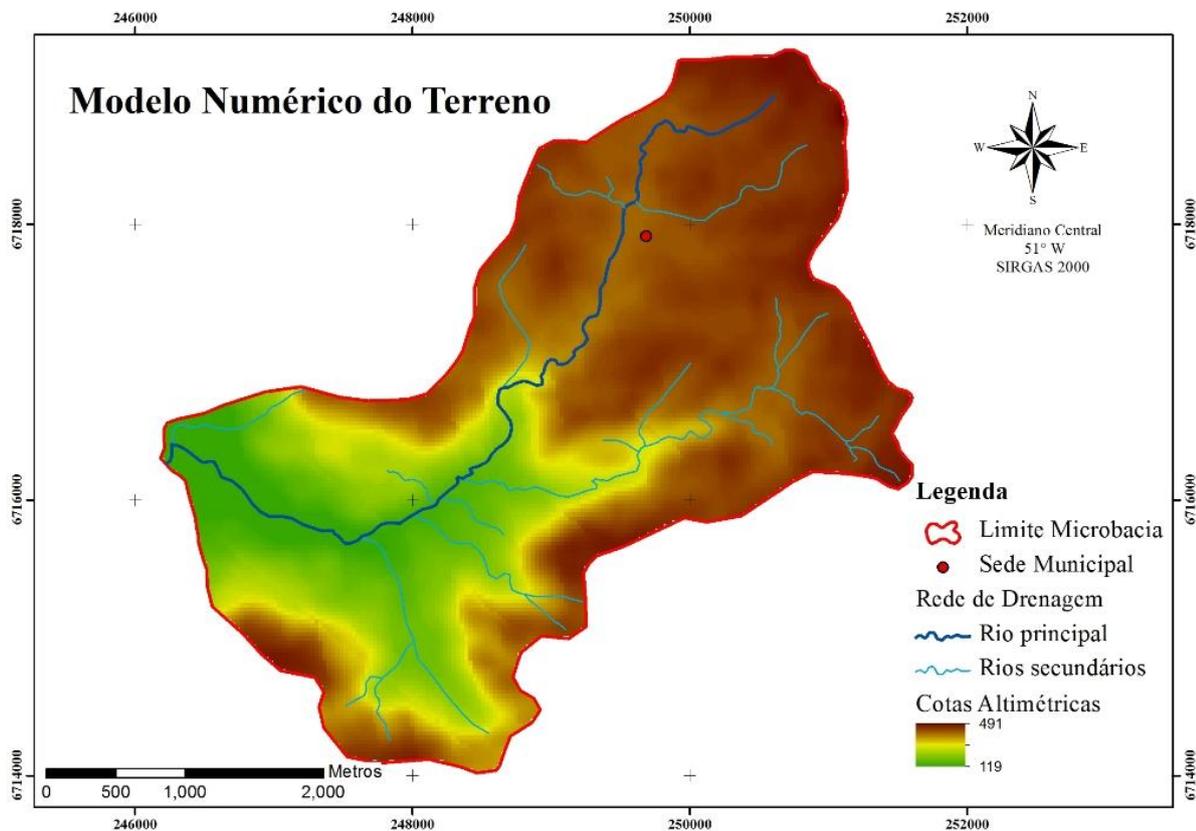


Figura 5-4 - Mapa do Modelo Numérico do Terreno na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

As cotas altimétricas da microbacia variaram de 119 a 491 m. A Figura 5-4 permitiu a visualização da distribuição dessas cotas, observando-se que as maiores altitudes encontram-se na porção superior da microbacia, reduzindo consideravelmente em direção à jusante, corroborando o perfil longitudinal do arroio.

Observaram-se ainda os recortes característicos das regiões do Rebordo do Planalto, áreas limítrofes entre o Planalto e a Depressão Central do Estado.

A partir da Figura 5-4 e do perfil longitudinal do curso d'água obteve-se a Figura 5-5, a qual ilustra a área de contribuição de cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, na microbacia do Arroio Val de Buia Silveira Martins - RS.

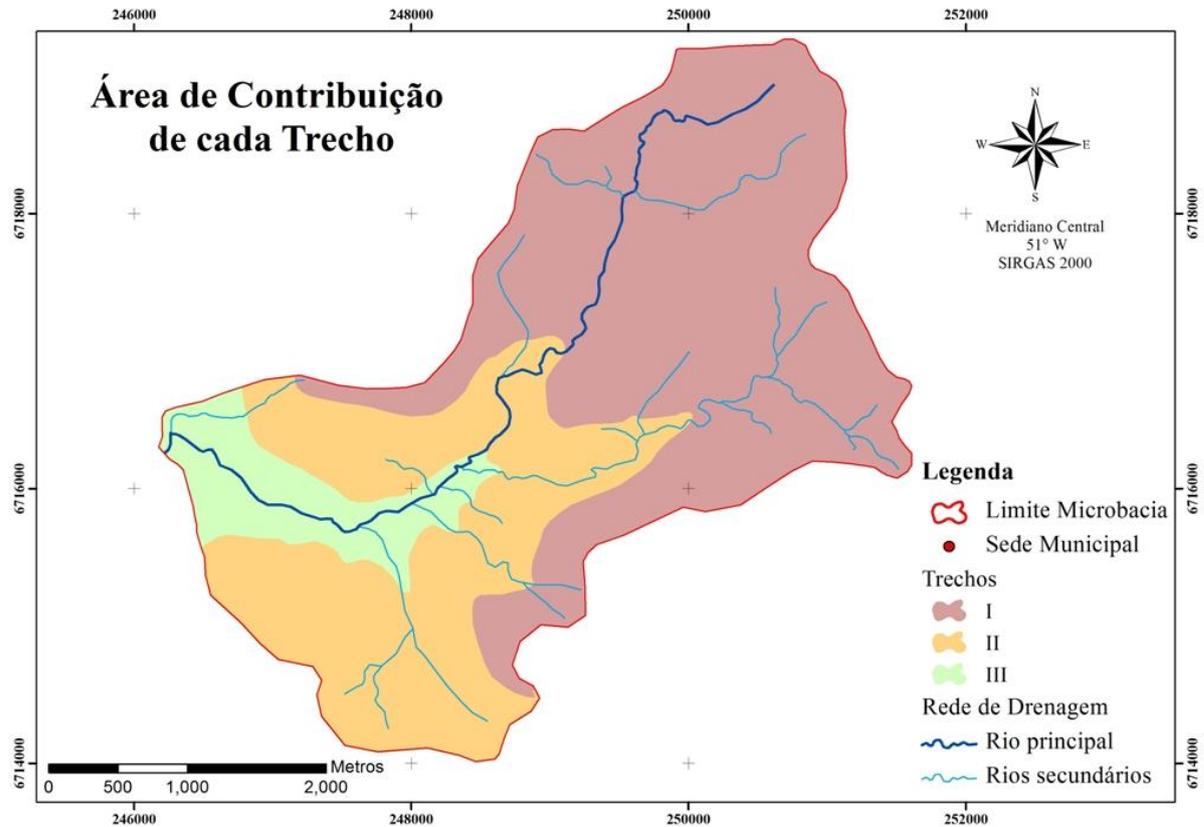


Figura 5-5 - Mapa da área de contribuição de cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, na microbacia do Arroio Val de Buia Silveira Martins - RS.

Nessa figura observa-se que a altitude dos três trechos do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia influenciou de forma significativa para a área de contribuição de cada um deles, ou seja, 56,82% (782,77 ha) da área da microbacia possui altitude correspondente ao trecho I (com variação de 460 m a 380 m), 33,37% (459,73 ha) da área da microbacia corresponde ao trecho II (com variação de 380 m a 200 m) e 2,59% (35,69 ha) possui altitude correspondente ao trecho III (com variação de 200 m a 120 m).

5.2.3 Mapa das classes de declividade

A declividade da microbacia do Arroio Val de Buia variou de 0% a >75% (Figura 5-6). A obtenção das declividades deu-se através da criação de 5 classes de declividade, agrupadas

da seguinte forma: 0 a 3% (Plano), 3 a 8% (Suave ondulado), 8 a 20% (Ondulado), 20 a 45% (Forte ondulado), > 45 (Montanhoso a Escarpado).

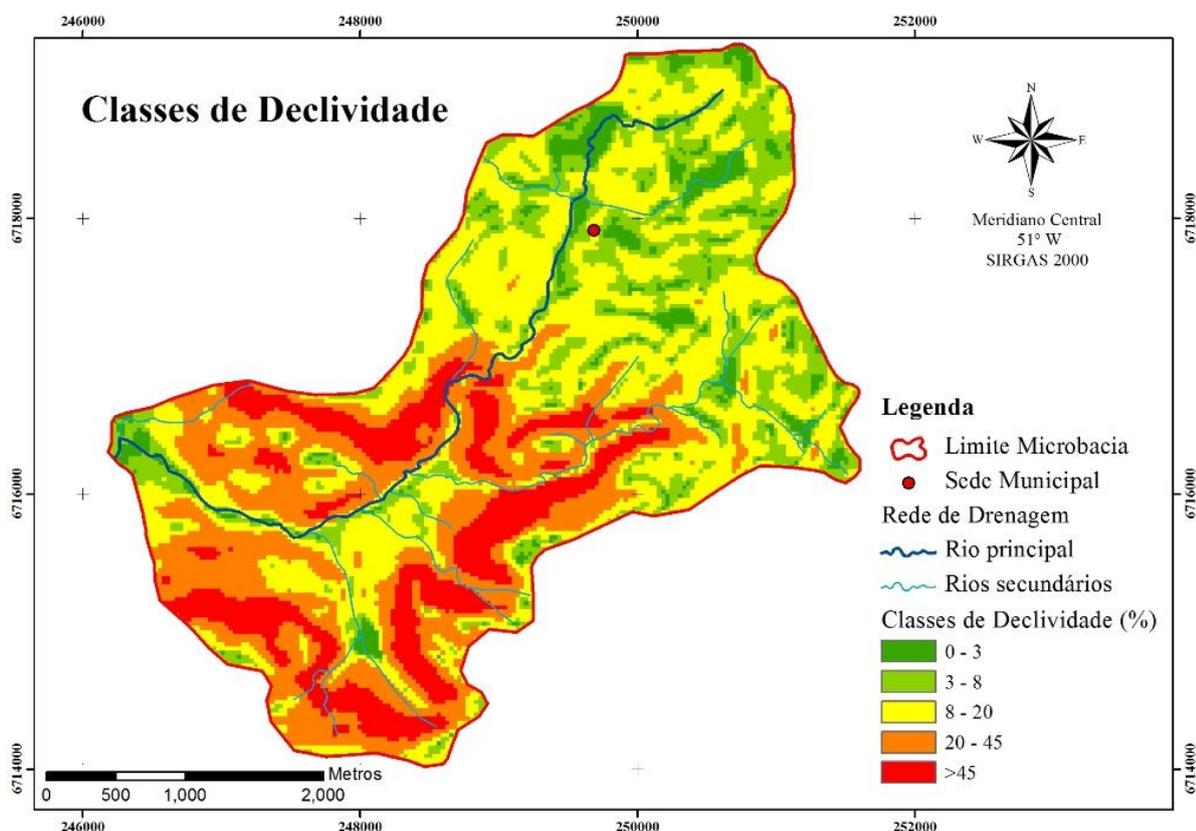


Figura 5-6 - Mapa das classes declividade (%) da área da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

Ao comparar-se o mapa com a distribuição das classes de declividade na microbacia (Figura 5-6) com o MNT (Figura 5-4), pode-se constatar a ocorrência de maiores declividades nas áreas de transição entre as maiores e as menores altitudes, evidenciando-se as maiores declividades nas áreas limites entre o rebordo da Serra Geral e o Planalto.

A grande maioria das áreas ocupadas com as menores declividades (0° a 20°) localiza-se na porção superior da microbacia, acima do Rebordo do Planalto, onde ocorre a grande parte dos cultivos agrícolas e da pecuária extensiva (Figura 5-7).

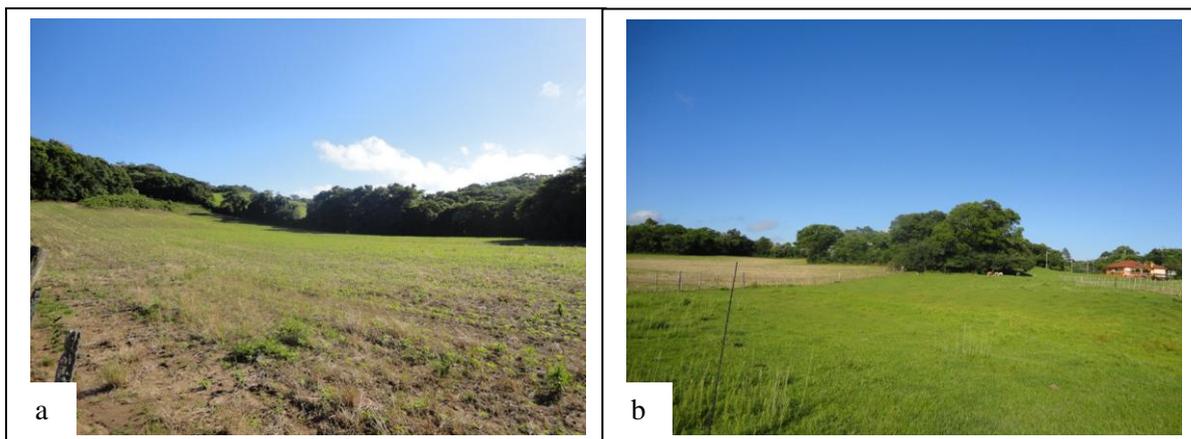


Figura 5-7 - Áreas localizadas na porção superior da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, onde ocorrem as menores declividades do terreno, sendo a terra ocupada pela agricultura (a) e pecuária (b), ambas localizadas no trecho I.

A distribuição das classes de declividade da microbacia do Arroio Val de Buia, associada ao tipo de solo, tem grande influência nas características produtivas da microbacia. A porção superior da microbacia, onde se localiza o trecho I do perfil longitudinal do curso d'água principal apresenta características similares àquelas descritas por Sutili (2007), ao mencionar que na primeira seção de rios e arroios a declividade média é relativamente pequena e as áreas do entorno são formadas por colinas suaves. Há a exploração agrícola diversificada, a pecuária extensiva e os capões de mato mantêm o solo protegido. Este padrão, somado ao pequeno volume de vazão e à manutenção de uma estreita faixa de vegetação florestal ao longo dos pequenos cursos de água, garante uma atividade processual mínima, segundo o autor, não preocupante.

5.2.4 Mapa das classes de solo

Para a obtenção das classes de solo da microbacia do Arroio Val de Buia, utilizou-se como base cartográfica o Mapa de Solos do Rio Grande do Sul elaborado por Streck et al. (2008) a partir da modificação de Brasil (1973).

Quanto ao tipo de solo da microbacia do Arroio Val de Buia, observa-se na Figura 5-8, a presença de três classes distintas de solo: na metade norte da microbacia há presença de solos tipo RRe1, ou seja, Neossolo, Regolítico, Eutrófico, léptico ou típico, da unidade

Charrua; na porção central da microbacia até o sul aparece a unidade Santa Maria, com solos do tipo PBACa3, isto é, solos da classe Argissolo, Bruno-acinzentado, Alítico, úmbrico. Já no extremo sul da microbacia há presença da unidade Vacacaí, com solo do tipo SXe4, Planossolo Háptico Eutrófico arênico, conforme classificação do mapa de solos do RS elaborada por Streck (2008).

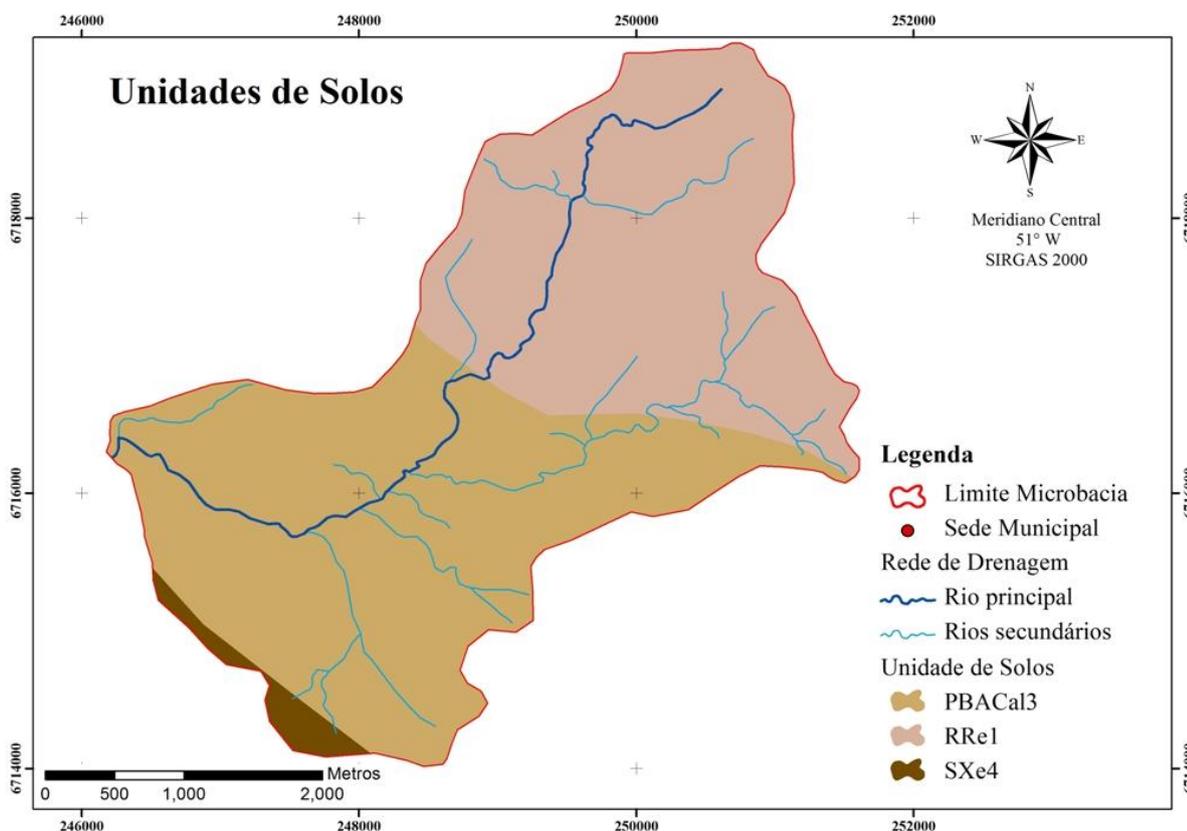


Figura 5-8 - Mapa das unidades de solo na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, baseado no mapa de solos de Streck (2008).

Os solos do tipo argissolos são solos geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, apresentando um perfil com uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é do tipo B textural. Estes solos apresentam tipicamente um perfil com um gradiente textural onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os horizontes A e E. Os solos podem ser originados de diversos tipos de materiais, tais como basaltos, granitos, arenitos, argilitos e siltitos (STRECK, 2008).

Segundo Dalmolin; Pedron (2009) apud Miola (2013) os argissolos caracterizam-se por possuir elevada variabilidade morfológica, química e ambiental. Tendo como principal característica a textura média a arenosa no horizonte superficial e horizonte subsuperficial com incremento de argila iluvial.

Os argissolos ocorrem em relevo desde suave ondulado até forte ondulado ocupando em termos percentuais a maior parte da área territorial do Rio Grande do Sul (STRECK, 2008). Na Depressão Central, segundo Streck (2008), os solos do tipo Argissolo, Bruno-acinzentado, Alítico, úmbrico dominam as paisagens de relevo suavemente ondulado.

Os neossolos são solos rasos ou profundos, apresentando um perfil com uma sequência de horizontes A-R, A-C, A-C-R, A-Cr-R, O-R ou H-C; podem apresentar horizonte B desde que tenha insuficiência de requisitos para qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. São solos de formação muito recente, desenvolvidos a partir dos mais diversos tipos de rochas (material de origem) e encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem (Streck, 2008).

Quanto aos planossolos são solos imperfeitamente ou mal drenados, encontrados em áreas de várzea, com relevo plano a suave ondulado. Apresentam perfis com sequência de horizontes A-E-Bt-C, com o horizonte A geralmente de cor escura e o horizonte E de cor clara (tipo E alábico), ambos com textura mais arenosa, com passagem abrupta para o horizonte Bt (que é do tipo B plânico) bem mais argiloso e adensado, de cor acinzentada com os sem mosqueados vermelhos e/ou amarelos (STRECK, 2008).

Os Planossolos Háplicos Eutróficos arênicos (Unidade Vacacaí) ocorrem principalmente na Depressão Central, e em menores proporções na Encosta Inferior do Nordeste e partes da porção oeste da Campanha (STRECK, 2008).

Conforme Dalmolin; Pedron (2009) apud Miola (2013) ao analisarem o mapa de solos do Estado do Rio Grande do Sul, na região de abrangência da bacia do Arroio Grande ocorrem solos do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico; Associação Neossolo-Chernossolo; Planossolo Háplico Eutrófico arênico; e Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico, os quais apresentam alta suscetibilidade aos processos erosivos, devido principalmente à textura superficial muito arenosa, associada às condições do relevo.

Quando se analisa a suscetibilidade à erosão do solo de taludes fluviais, Xia et al. (2008) apud Araújo Filho (2012), mencionam que em taludes marginais, solos que apresentam textura mais fina, ou seja, com predominância de partículas com diâmetro menor, podem resistir mais ao processo de erosão do que solos que apresentam uma textura mais grosseira, com predominância de partículas com diâmetro maior. Isto ocorre devido à maior

coesão entre as partículas de solo, do contrário, solos com elevados teores de areia, estarão mais sujeitos à erosão (WEBB; STRONG, 2011 apud ARAÚJO FILHO, 2012).

5.2.5 Mapa do uso e cobertura da terra

A partir da interpretação visual de um mosaico de imagens, fornecidas gratuitamente pelo software Google Earth, foi realizada a classificação do uso e cobertura da terra. As categorias de uso e cobertura da terra foram as seguintes: floresta (floresta nativa e floresta plantada), pastos nativos (campo), pavimentos (área urbana e áreas construídas no meio rural), agricultura e solo exposto e, água (barragens e açudes, exceto os rios).

Assim como no estudo de Padilha (2008), foram consideradas como “floresta” todas as formações florestais naturais de porte arbóreo representadas pelos tipos fitofisionômicos característicos da região, como a Floresta Estacional Decidual e as formações mistas com a presença de *Araucaria angustifolia*, além das formações artificiais homogêneas, compostas de espécies de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp..

A Figura 5-9 permite que se observem nitidamente os diferentes usos e cobertura da terra encontrados na microbacia do Arroio Val de Buia, bem como a distribuição dos mesmos na área da microbacia.

Na Tabela 5.2 é apresentada a área ocupada por cada categoria de uso e cobertura da terra. A maior parte da microbacia do Arroio Val de Buia é coberta por floresta (nativa ou plantada), abrangendo uma área de 640,89 ha, correspondente a 46,52% da área total da microbacia. De acordo com Padilha (2008) as florestas apresentam um alto grau de proteção aos solos, sendo que as florestas nativas possuem um dossel contínuo, estratos inferiores e uma expressiva camada de matéria orgânica, enquanto as florestas plantadas formam dosséis mais homogêneos sem a presença de estratos inferiores, mas da mesma forma com uma camada importante de matéria orgânica.

As áreas ocupadas por agricultura e solo exposto e, por pastos naturais são bastante semelhantes, equivalentes a 343,80 ha (24,95%) e 328,86 ha (23,87%), respectivamente.

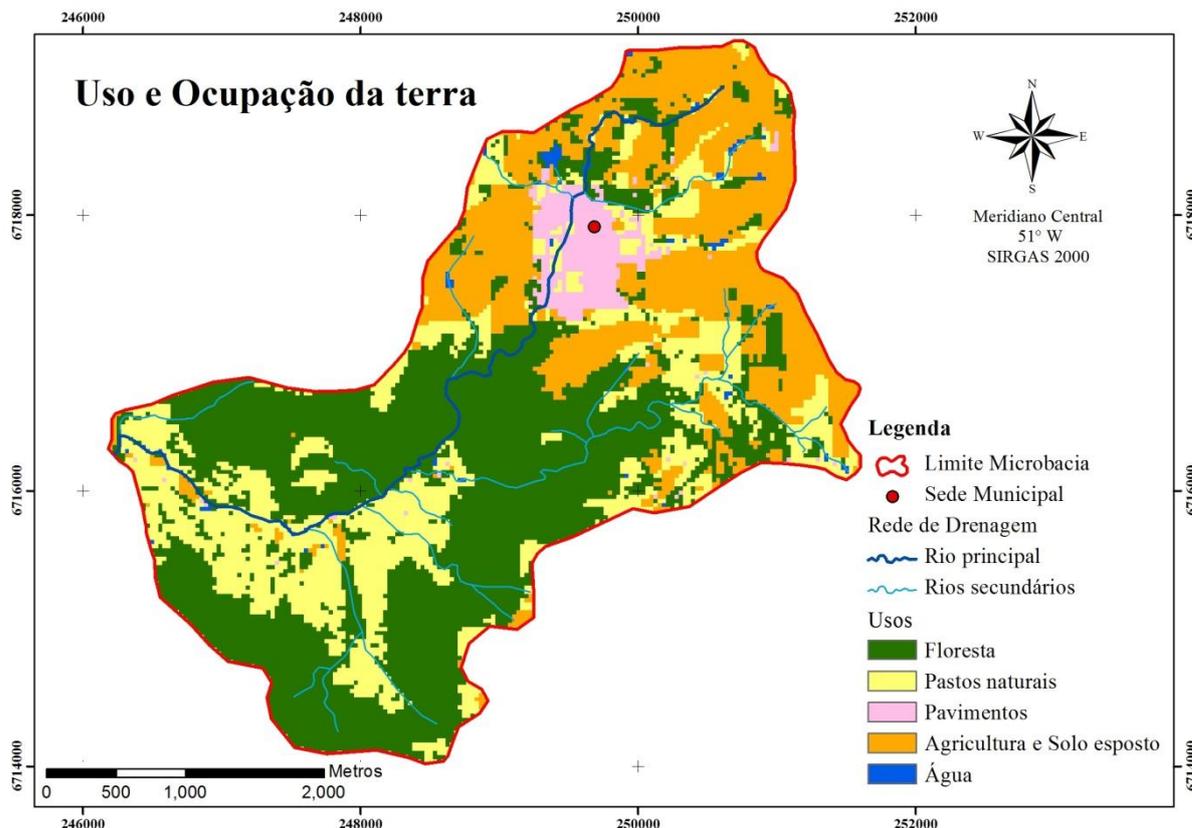


Figura 5-9 - Mapa do uso e cobertura da terra na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS.

Tabela 5.2 - Categorias de uso e cobertura da terra na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins - RS, com as respectivas áreas (ha) e percentuais de representação na microbacia.

Categorias de uso e cobertura da terra	Área (ha)	%
Floresta	640,89	46,52
Pastos naturais	328,86	23,87
Pavimentos	54,72	3,97
Agricultura e solo exposto	343,80	24,95
Água	9,45	0,69
Total	1377,72	100,00

O restante da área é recoberta por pavimentos com área de 54,72 ha (3,97%) e por 9,45 ha (0,69%) de água (com exceção dos rios).

Para o trabalho desta tese, consideraram-se as observações realizadas por Serigatto (2006), para os anos avaliados em seu estudo, o qual afirma que as análises qualitativas de imagens temáticas mostraram-se como uma excelente ferramenta para compreender as variabilidades na expressão fisionômica da vegetação, em relação às respostas dadas pela vegetação local a parâmetros que interfiram em sua fisiologia ou morfologia, dadas as condições climáticas adversas ou a intervenção antrópica. Elas mostraram-se também ser de suma importância na verificação do tipo de vegetação e de sua distribuição em relação aos solos encontrados na sua área de estudo.

No que se refere ao uso e cobertura da terra no município Silveira Martins percebeu-se que a classe que representa as florestas é a mais significativa, correspondendo a 53% da área total do Município, o que pode ser explicado principalmente pelo relevo acidentado do local. A vegetação se encontra, principalmente, nas áreas de declive acentuado impossibilitando assim a prática da agricultura e pecuária, pois dificulta a mecanização e com isso, as áreas de florestas são preservadas (VIERA; ROVANI, 2009). Notam-se, também, áreas de regeneração da floresta, muitas delas devido ao abandono de áreas cultivadas, ou então pela sucessão vegetal após o corte raso de floresta. Esta classe é representada por áreas de vegetação de médio e grande porte, como a capoeira, matas de galerias, floresta nativa e exótica, reflorestamento e regeneração (VIERA; ROVANI, 2009).

Observa-se que a extensa área coberta por florestas encontra-se, em grande parte, distribuída nos terrenos mais declivosos - porção central da microbacia do Arroio Val de Buia-, inadequados para o uso agrícola (pela limitação da área agrícola na região e pela característica da população quanto produtores rurais), razão pela qual se percebe a expansão de lavouras e usos para pecuária em áreas próximas aos córregos, nas áreas de relevo mais suave, atingindo os limites da APP e até mesmo alcançando as margens dos córregos, intensificando os processos erosivos.

As áreas que perfazem os plantios agrícolas e os solos expostos localizam-se predominantemente na porção norte da microbacia do Arroio Val de Buia, onde a declividade do terreno é menos acentuada.

No entanto, em algumas propriedades ainda não é utilizada a técnica do plantio direto, ficando o solo descoberto entre a colheita e o plantio da próxima cultura, facilitando a ocorrência da erosão da camada mais fértil do solo e colaborando com o assoreamento do leito dos rios (VIERA; ROVANI, 2009).

5.2.6 Mapa das velocidades do escoamento superficial

O escoamento superficial corresponde ao segmento do ciclo hidrológico relativo ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). O escoamento superficial ocorre durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada. Ele pode ocorrer quando a capacidade de infiltração seja excedida. O fluxo que escoar sobre o solo se apresenta, quase sempre, como uma massa de água com pequenos cursos anastomosados e, raramente, na forma de um lençol de água, de profundidade uniforme. Esse fluxo de água tem que transpor vários obstáculos, que podem ser fragmentos rochosos e cobertura vegetal, os quais fazem diminuir sua energia. A interação entre o fluxo de água e as gotas de chuva que caem sobre esse fluxo pode aumentar ainda mais sua energia (GUERRA, 2012).

Associado ao escoamento superficial ocorre o transporte de partículas do solo que sofrem deposição somente quando a velocidade de escoamento superficial for reduzida. Além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, também causam poluição nos cursos d'água (PRUSKI et al., 1997 apud SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

A quantidade de perda de solo, resultante do escoamento superficial, vai depender da velocidade e turbulência do fluxo. Igualmente importante é a distribuição espacial do fluxo (MORGAN, 1986 apud GUERRA, 2012).

As diferentes velocidades de escoamento superficial na área da microbacia do Arroio Val de Buia foram obtidas a partir da combinação do mapa das classes de declividade com o mapa do uso e cobertura da terra, conforme descrito no item 4.2.1.1.

A Figura 5-10 expõe as velocidades do escoamento superficial na microbacia do Arroio Val de Buia, que variaram de 5,1816 m/s a 0,3048 m/s.

Segundo Sutili; Durlo; Bressan (2009) apud Miola (2013), na primeira seção do Arroio Grande o curso apresenta grande declividade, pouca atividade agrícola e florestas nativas. Nestes trechos os cursos de água adquirem grande velocidade e força com o aumento das precipitações, a ponto de transportarem materiais de grandes dimensões, mas não causam grandes problemas, devido ao substrato basáltico (SUTILI; DURLO; BRESSAN, 2009). As águas, também segundo esses autores, provêm de pequenas bacias de grande declividade,

determinando o rápido acúmulo nos canais drenantes e escoamento imediato para as regiões mais baixas (MIOLA, 2013).

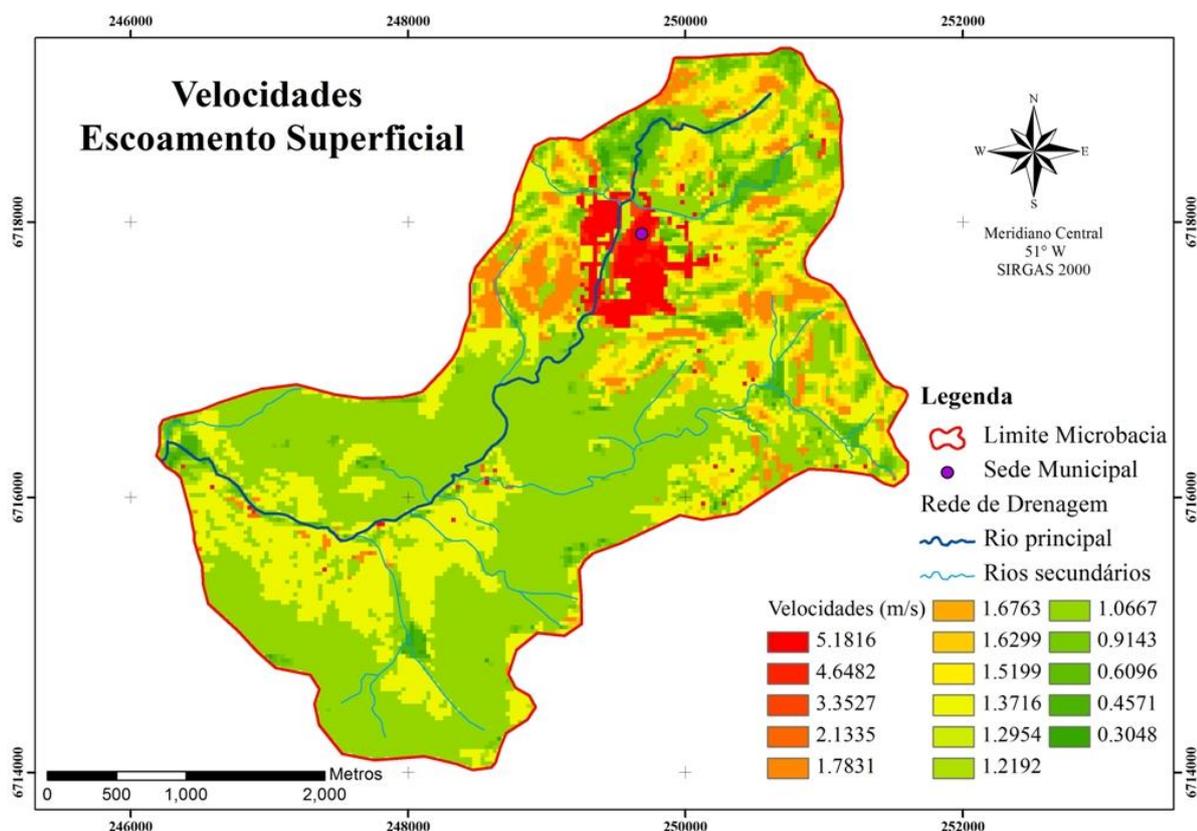


Figura 5-10 - Mapa das velocidades de escoamento superficial na microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buía, Silveira Martins - RS.

As áreas agrícolas da Depressão Central do Rio Grande do Sul, na Região Hidrográfica do Guaíba, são exemplos de onde a geomorfologia da transição planalto-planície constitui-se topograficamente de bacias hidrográficas, densamente ramificadas. Com maior densidade de drenagem e com declividades em gradientes abruptos, essas áreas drenam a chuva e geram escoamento superficial acelerado, que rapidamente inunda as áreas rurais, principalmente em várzeas (MIOLA, 2013).

Ao analisar-se o mapa de velocidades de escoamento superficial da microbacia do Arroio Val de Buía, em comparação com o mapa de uso e cobertura da terra, observa-se que as maiores velocidades de escoamento ocorrem nas áreas ocupadas por pavimentos, ou seja,

na área urbana do município e nas áreas de cultivos agrícolas, enquanto as menores velocidades ocorrem nas áreas de cobertura florestal.

5.3 Interpretação das respostas do questionário

O questionário foi enviado a 45 profissionais de diferentes áreas do conhecimento que apresentavam relação com o tema desta pesquisa. Destes, apenas 18 responderam, dos quais 1 pesquisador absteve-se de responder às questões 7 e 8, por tratarem-se de parâmetros abióticos. Os entrevistados apresentavam alguma das seguintes formações: Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Oceanografia, Biologia ou Agronomia, todos com pesquisas relacionadas à gestão dos recursos hídricos, ao manejo de solos e ao manejo de bacias hidrográficas.

Ao serem questionados se a largura do curso de água é o parâmetro preponderante na definição das APPs, conforme prevê a Legislação Brasileira (Lei Federal 12.651/2012) (Questão 3 – Apêndice A), daqueles pesquisadores que responderam, 55,6% discordaram, ou seja, entendem que a largura do curso d'água não é o principal parâmetro a ser considerado e 44,4 % concordaram, isto é, acreditam que a largura do curso d'água seja o parâmetro mais indicado para esta determinação (Figura 5-11).

Aqueles que responderam afirmativamente a questão 3, deveriam responder à questão 4, a qual indagava se o pesquisador estava de acordo com a ideia de que o aumento da largura do curso d'água seria proporcional ao aumento dos problemas marginais, ou seja, maior seria a suscetibilidade de erosão do talude fluvial. Destes, 45,5% concordaram que o aumento da largura do rio evidenciava um acréscimo dos problemas marginais, enquanto 55,5% dos entrevistados discordaram dessa ideia (Figura 5-12).

Entendeu-se que o percentual correspondente à opinião dos pesquisadores que concordaram com a ideia da questão 4, justifica-se em uma das contribuições obtidas na questão 10, em que um dos entrevistados deixa o seguinte comentário: “*acredito que a largura seja um critério simples e eficiente para definir a largura de APP*”.

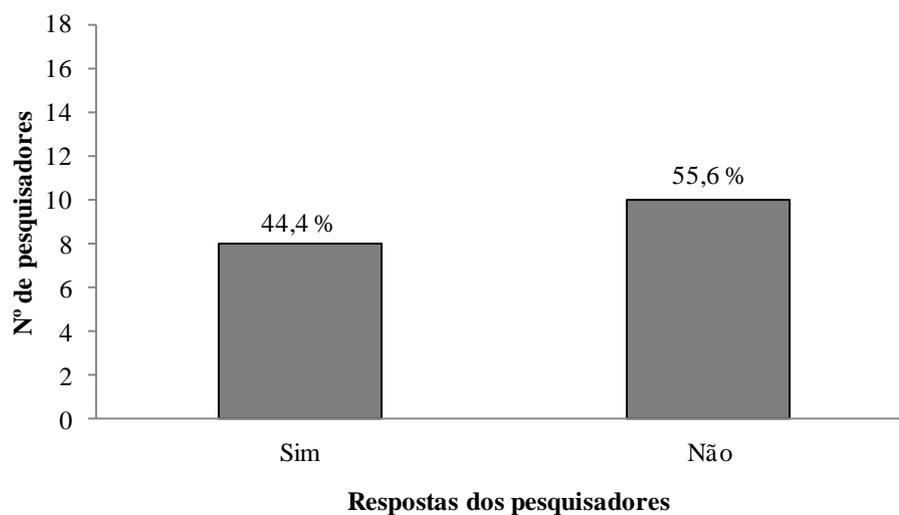


Figura 5-11 - Respostas da questão 3 do questionário: “*Em sua opinião o parâmetro utilizado pela Legislação Brasileira (Lei Federal 12.651/2012) para a determinação da largura de área de preservação permanente (APP) a ser mantida ao longo do curso de água é o mais adequado, ou seja, a largura do curso de água é fator preponderante na definição das APPs?*”.

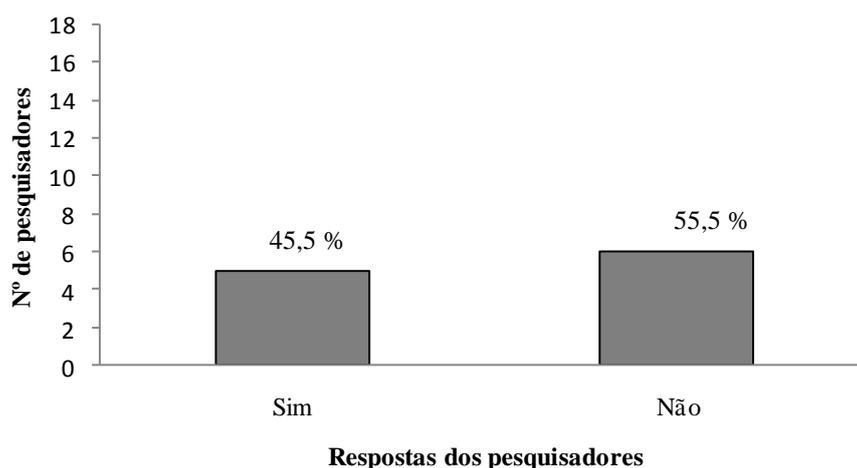


Figura 5-12 - Respostas da questão 4 do questionário: “*Em caso de resposta afirmativa na questão nº 3, está de acordo com a ideia de que o aumento da largura do curso d’água é proporcional ao aumento dos problemas marginais, ou seja, maior será a suscetibilidade de erosão o talude fluvial?*”.

Concorda-se que para a aplicação prática, como balizador a campo, a largura do rio seja um dos parâmetros mais fácil de ser identificado para auxiliar na definição da largura de APP, embora, acredita-se que haja outros fatores, que se levados em consideração, poderiam promover uma maior proteção ao ambiente fluvial. Este ponto de vista reflete-se em Metzger (2010), o qual sugere que a conservação da biodiversidade possa ser um dos fatores mais limitantes para a definição de larguras mínimas de APP. Segundo Zakia (1998) a largura da mata ciliar prevista no código florestal embora seja adequada para a proteção física dos cursos d'água, não o é em termos ecológicos.

De acordo com Lindner; Silveira (2003) no Reino Unido o protocolo atual para a implementação de zonas tampão, por exemplo, é descrito pela Agência de Meio Ambiente e pelo Ministério de Agricultura, Pesca e Alimentos do Reino Unido. Geralmente é recomendado que a zona tampão estenda-se entre 5 e 30 m de largura. No entanto, a dimensão ideal de uma zona de tampão dependerá de algumas variáveis, incluindo entre elas: a função a ser desempenhada pela zona tampão; o grau de eficiência requerido para o desempenho das funções; o tamanho da área de drenagem da zona tampão; a topografia da área de drenagem da zona tampão; e, a hidrologia e a hidrogeologia da área de drenagem da zona tampão.

Para as respostas das questões 5 a 9 do questionário calculou-se a média ponderada para o número de pesquisadores que escolheu dado peso para cada parâmetro. Na Tabela 5.3 observa-se o exemplo da questão 5, a qual apresentou um valor da média ponderada igual a 4.

Tabela 5.3 - Exemplo do número de pesquisadores que votou em cada peso para o parâmetro “vegetação arbórea”, da questão 5 do questionário, bem como a grandeza do número de pesquisadores, a fim de obter a média ponderada.

Peso	np	gnp	np x gnp
0	5	6	30
1	3	4	12
2	5	6	30
3	3	4	12
4	2	3	6
Somatório	18	23	90

Onde: np = número de pesquisadores; gnp = grandeza do número de pesquisadores.

Assim, nesse exemplo todos os pesos que tiveram menos de 4 votos, ou seja, menos de quatro pesquisadores escolheu determinado peso, esses foram desconsiderados. Sendo

observados os pesos restantes para a avaliação da influência do parâmetro para compor o PAR.

Como pode ser observado na Tabela 5.3, as respostas de peso 0 e 2 determinariam a influência do parâmetro no PAR. Para auxiliar nessa definição utilizou-se a média ponderada de influência dos pesos, a qual possui valor 3 e foi a mesma para todos os parâmetros, das questões 5 a 9 do questionário.

Assim, no exemplo da Tabela 5.3, o parâmetro "vegetação arbórea" foi avaliado como sem influência, ou seja, não foi considerado influente na suscetibilidade à erosão do solo de um talude fluvial (conforme critério descrito no item 4.2.4.2). Outros exemplos da aplicação do referido critério podem ser observados no Apêndice C.

A partir da análise das respostas do questionário, definiram-se os parâmetros que compõem o PAR, bem como se atribuiu um peso a cada um deles (Tabela 5.4).

5.4 Ajustamento do PAR adaptado à região de estudo

O procedimento para avaliar a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais na microbacia do Arroio Val de Buia assemelhou-se aquele adotado por Barbour et al. (1999).

No entanto, uma inovação trazida pelo presente estudo em relação ao PAR desenvolvido por Barbour et al. (1999), está no fato de que a matriz utilizada para avaliar a qualidade de habitat foi adaptada para avaliar a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais e, além de características físicas (parâmetros abióticos) fundamentais do corpo d'água e terreno circundante, avaliou-se ainda parâmetros bióticos (vegetação) e antrópicos (uso e cobertura da terra) na microbacia sob investigação. Todos os parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos foram avaliados em relação à influência dos mesmos na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

A eleição dos parâmetros e das categorias que compuseram o PAR, com os pesos que as definiram, bem como a explicação da forma de interpretação das categorias de alguns desses parâmetros basearam-se na metodologia estabelecida por Barbour et al. (1999) (item 4.2.3), além da observação dos pesos atribuídos a cada parâmetro no questionário, conforme analisado no item 5.3.

Na Tabela 5.4 encontram-se resumidamente os parâmetros que compuseram o PAR, as categorias de cada um e seus respectivos pesos individuais.

A fim de comparar as categorias para cada parâmetro de alguns protocolos existentes e o protocolo ajustado para este trabalho, adaptou-se uma tabela com a análise comparativa entre os protocolos existentes elaborada por Rodrigues (2008) (Tabela 5.5).

Os protocolos existentes evidenciam a atribuição de pesos ou notas ao parâmetro, de acordo com a sua categoria. Observa-se nesses protocolos que quanto maior o valor final dos protocolos melhor estaria a condição do habitat para os parâmetros avaliados (Tabela 5.5).

Entretanto, para o presente trabalho a interpretação do valor final do protocolo inverte-se, ou seja, quanto maior o valor final do protocolo, maior é a suscetibilidade de ocorrência de erosão no talude fluvial, pior seria a sua condição de estabilidade.

Tabela 5.4 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR e o grau de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Parâmetros	Grau de influência				
	Não influente	Influência Fraca	Influência Moderada	Influência Forte	Preponderante
	Pesos				
	0	1	2	3	4
Vegetação	arbórea arbustiva	-	-	herbácea	inexistente
Textura do Solo	rochoso	-	-	argiloso	arenoso
Trecho do rio	-	raio interno da curva	retilíneo	-	raio externo da curva
Inclinação do talude (graus)	-	-	$\leq 30^\circ$	$> 30^\circ$ e $< 90^\circ$	$\geq 90^\circ$
Profundidade do solo no talude (cm)	-	< 50	Entre 50 e 100	≥ 100 a 150	> 150
Largura do curso d'água (m)	-	≤ 10 e entre 10 e 50	Entre 50 e 200 Entre 200 e 600 > 600	-	-
Uso e cobertura da terra	floresta nativa	-	floresta plantada	pastagem ou campo nativo	agricultura ou solo exposto e, pavimentos (área urbana e área construída no meio rural)

Através dos pesos atribuídos para cada categoria dos parâmetros integrantes do PAR, conheceram-se os valores finais máximos e mínimos que se poderia chegar com o PAR. Em situações hipotéticas o menor valor final do PAR seria 5 e maior valor final seria 26. O valor

final do PAR é reflexo das categorias de cada parâmetro existente em dado ponto de observação. No entanto, para se definir a classe de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais de acordo com o resultado final do PAR, estipulou-se um intervalo de classe para este resultado.

A partir dos valores hipotéticos mínimo (5) e máximo (26), estipulou-se 3 intervalos de classe, com a amplitude do intervalo de 7 pontos entre as classes, as quais foram denominadas de “*estável*” (para resultado final do PAR de 5 a 12 pontos), de “*suscetível*” (para resultado final do PAR de 12 a 19 pontos) e, de “*instável*” (para resultado final do PAR de 19 a 26 pontos) (Tabela 5.6).

Para exemplificar, pode-se criar uma condição hipotética de um trecho de rio, o qual teria as seguintes características, conforme a Tabela 5.4: vegetação inexistente (4 pontos); solo arenoso (4 pontos); trecho do rio localizado no raio externo da curva (4 pontos); inclinação do talude (graus) $\geq 90^\circ$ (4 pontos); profundidade do solo no talude > 150 cm (4 pontos); largura do curso d’água entre 50 e 200 m (2 pontos) e, uso e cobertura da terra é agricultura (4 pontos). O somatório dos pesos das categorias de cada parâmetro resulta em um valor final do protocolo de 26 pontos. Ao verificar-se a Tabela 5.6, a qual traz os intervalos de classe do resultado final do PAR e as suas respectivas classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, pode-se enquadrar o valor final do protocolo de 26 pontos na classe 3, a qual corresponde à classe final do protocolo “*instável*”. Neste caso, a condição de suscetibilidade à erosão do talude atingiu o seu valor máximo, segundo esse PAR, indicando a instabilidade do talude.

O intuito de aplicação desta metodologia no presente estudo foi buscar uma alternativa simples e prática, mas não menos relevante, para a avaliação da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, tendo como base a observação de parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos, bem como as interações entre os mesmos (considerando que os mesmos não ocorrem isoladamente), e, não apenas a largura do curso d’água como prevê a legislação brasileira, como forma de incentivar a observação de outros parâmetros para a delimitação da largura de área a ser mantida vegetada ao longo de cursos d’água.

Tabela 5.5 - Análise comparativa entre as categorias para cada parâmetro de alguns protocolos existentes e o protocolo adaptado neste trabalho.

		Referências								
		Barbour; Stribling (1991)	Barbour et al. (1999)	Callisto; Moretti; Goulart. (2001)	Callisto et al. (2002)	Upgren (2004)	Minatti- Ferreira; Beaumord (2006)	Rodrigues (2008)	Cionek; Beaumord; Benedito (2011)	Protocolo adaptado neste trabalho
Categorias para cada parâmetro	Ótima, sub-ótima, razoável e pobre. As pontuações variam de acordo com cada parâmetro	Ótima (16 a 20), sub-ótima (11 a 15), razoável (6 a 10) e pobre (0 a 5)	Ótima (3), sub-ótima (2), mediana (1) e pobre (0)	Condições naturais (5 pontos) e condições leve ou severamente alteradas (3, 2 e 0)	Excelente (> 9 pontos), boa (7,5 - 8,9), regular (6,1 - 7,4), fraca (4 - 6) e muito fraca (< 4)	Ótimo (20 pontos), bom (15), razoável (10) e ruim (5)	Ótima (16 a 20 pontos), boa (11 a 15), regular (6 a 10) e péssima (0 a 5)	Ótima (16 a 20 pontos), boa (11 a 15), regular (6 a 10), e péssima (0 a 5)	Não influente (0 ponto), influência fraca (1), influência moderada (2), influência forte (3) e preponderante (4)	

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2008).

Tabela 5.6 - Intervalos de classe do resultado final do PAR e suas respectivas classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

<i>i</i>	Intervalos de classe	Classe
1	5 + 12	Estável
2	12 + 19	Suscetível
3	19 + 26	Instável

O presente estudo propôs uma série de adaptações aos parâmetros analisados em relação ao protocolo modelo como pode ser observado na Tabela 5.4 e na comparação com outros PARs existentes apresentados na Tabela 5.5. Estas adaptações deram-se em atenção às características regionais e locais, uma vez que quando não se respeita as peculiaridades locais os resultados obtidos podem mascarar a real situação do local conforme, sugerido por Rodrigues (2008).

Assim, no intuito de avaliar a pertinência dos parâmetros estabelecidos e dos pesos atribuídos às categorias de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, bem como a adequação do protocolo, este foi aplicado no Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, o qual serviu de referência para avaliação do PAR (Tabela 5.4).

5.5 Avaliação da aplicabilidade do PAR no Arroio Val de Buia

O PAR adaptado para este estudo foi aplicado na microbacia do Arroio Val de Buia, em Silveira Martins, RS, a qual foi considerada a microbacia de referência para avaliar a adequação do protocolo.

A localização dos 20 pontos de observação locados ao longo da rede de drenagem utilizados para avaliar os fatores integrantes do PAR, *in loco*, pode ser visualizada na carta imagem apresentada na Figura 5-13.

A carta imagem possibilita uma visão geral da fisionomia da microbacia e permite identificar que a distribuição das unidades amostrais deu-se de forma a abranger distintas características da microbacia e a contemplar os diferentes trechos do perfil longitudinal do curso d'água (Figura 5-13).

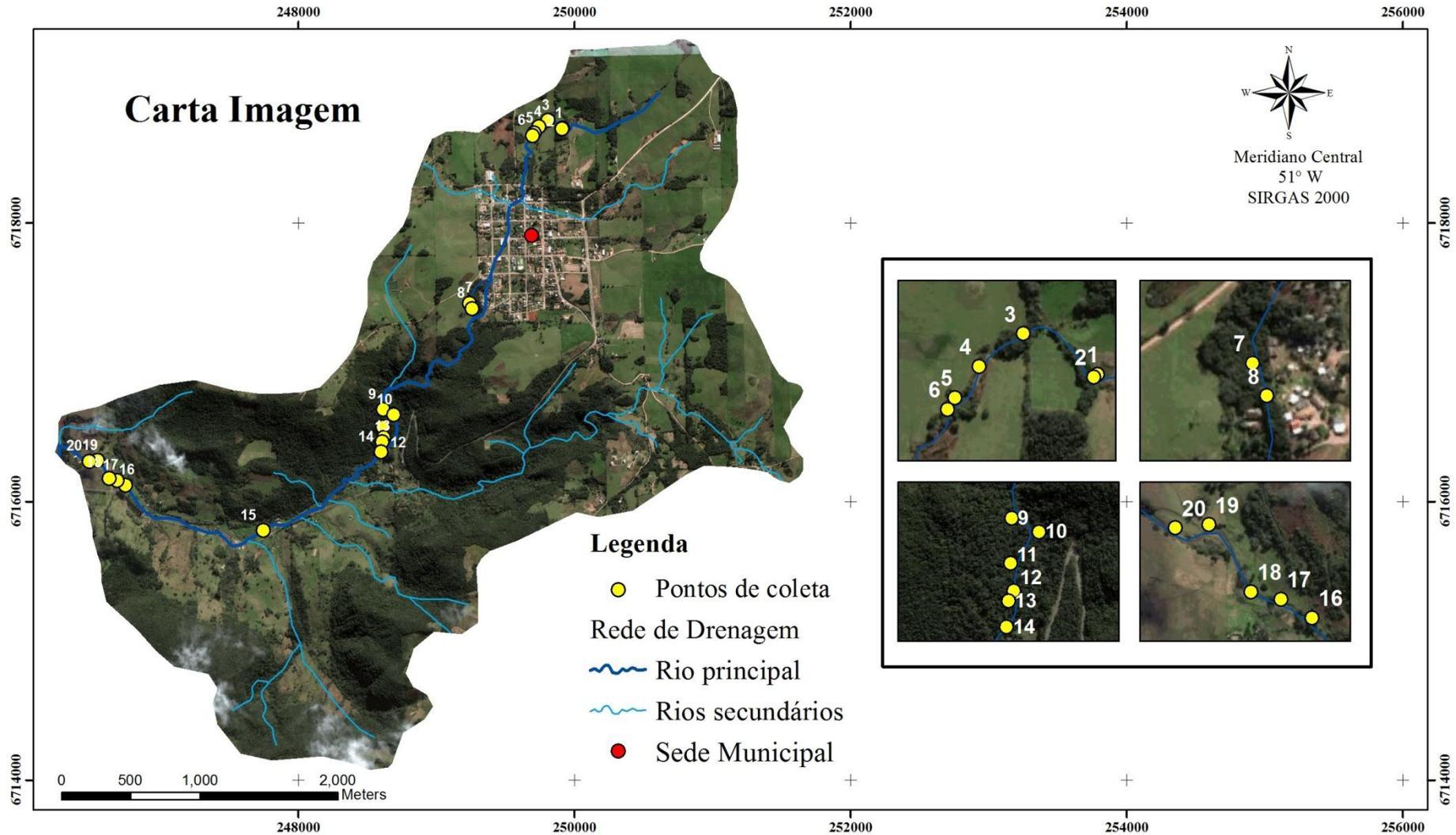


Figura 5-13 - Carta imagem da microbacia do Arroio Val de Buia, com a distribuição dos pontos de coleta de dados.

Em todos os pontos amostrais foram locadas duas unidades amostrais (dimensões de 30 x 30 m), ou seja, uma unidade na margem direita (D) e outra na margem esquerda (E). Assim, totalizaram-se 40 unidades amostrais, as quais receberam denominação em função do ponto amostral e da margem em que se encontravam, conforme descrito na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Denominação da unidades amostrais em função da localização dos pontos e da margem que se encontravam os mesmos.

Unidades amostrais	Denominação	Descrição
1	P1D	Ponto 1 – Margem Direita
2	P2D	Ponto 2 – Margem Direita
3	P3D	Ponto 3 – Margem Direita
4	P4D	Ponto 4 – Margem Direita
5	P5D	Ponto 5 – Margem Direita
6	P6D	Ponto 6 – Margem Direita
7	P7D	Ponto 7 – Margem Direita
8	P8D	Ponto 8 – Margem Direita
9	P9D	Ponto 9 – Margem Direita
10	P10D	Ponto 10 – Margem Direita
11	P11D	Ponto 11 – Margem Direita
12	P12D	Ponto 12 – Margem Direita
13	P13D	Ponto 13 – Margem Direita
14	P14D	Ponto 14 – Margem Direita
15	P15D	Ponto 15 – Margem Direita
16	P16D	Ponto 16 – Margem Direita
17	P17D	Ponto 17 – Margem Direita
18	P18D	Ponto 18 – Margem Direita
19	P19D	Ponto 19 – Margem Direita
20	P20D	Ponto 20 – Margem Direita
21	P1E	Ponto 1 – Margem Esquerda
22	P2E	Ponto 2 – Margem Esquerda
23	P3E	Ponto 3 – Margem Esquerda
24	P4E	Ponto 4 – Margem Esquerda
25	P5E	Ponto 5 – Margem Esquerda
26	P6E	Ponto 6 – Margem Esquerda
27	P7E	Ponto 7 – Margem Esquerda
28	P8E	Ponto 8 – Margem Esquerda
29	P9E	Ponto 9 – Margem Esquerda
30	P10E	Ponto 10 – Margem Esquerda
31	P11E	Ponto 11 – Margem Esquerda
32	P12E	Ponto 12 – Margem Esquerda
33	P13E	Ponto 13 – Margem Esquerda
34	P14E	Ponto 14 – Margem Esquerda
35	P15E	Ponto 15 – Margem Esquerda
36	P16E	Ponto 16 – Margem Esquerda
37	P17E	Ponto 17 – Margem Esquerda
38	P18E	Ponto 18 – Margem Esquerda
39	P19E	Ponto 19 – Margem Esquerda
40	P20E	Ponto 20 – Margem Esquerda

Em cada unidade amostral foi aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) adaptado para esta tese (item 4.2.3), de acordo com a metodologia para a aplicação a campo descrita item 4.2.5.

A fim de complementar os resultados das observações *in loco* efetuadas com a aplicação do PAR, realizou-se a análise granulométrica do solo de algumas unidades amostrais, no intuito de verificar a eficiência das observações realizadas a campo, quanto à identificação do tipo textural do solo (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 - Resultados da análise granulométrica do solo, com a textura do solo nas unidades amostrais em que houve coleta de amostras solo, no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS

Unidades amostrais	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura do solo
P1D - P1E	37,38	55,83	6,79	franco siltosa
P2D - P2E	59,60	17,69	22,71	franco argilo arenosa
P3D - P3E	24,77	66,72	8,51	franco siltosa
P4D - P4E	31,39	49,74	18,87	franco siltosa
P5D - P5E	17,43	62,80	19,77	franco siltosa
P6D - P6E	29,68	52,92	17,40	franco siltosa
P17D - P17E	67,41	22,82	9,77	franco arenosa
P18D - P18E	76,09	15,10	8,81	areia franca
P19D - P19E	81,24	13,07	5,69	areia franca
P20D	88,57	6,68	4,75	areia

Ao verificarem-se os resultados da Tabela 5.8, destaca-se que além das categorias argiloso, arenoso e rochoso, definidas para o PAR, o solo da microbacia de estudo apresentou alguns pontos com textura siltosa. No entanto, em razão deste tipo de textura ser difícil de ser identificada morfologicamente a campo, decidiu-se por não promover alterações com relação às categorias do parâmetro “solo” no PAR deste estudo. Outra justificativa para a não inclusão deste tipo de textura do solo no PAR é o fato de que a ideia do protocolo é justamente oportunizar a utilização do mesmo por pessoas com pouco ou nenhum conhecimento técnico, após breves explicações de como o PAR deve ser aplicado.

Na sequência foram apresentados os resultados da aplicação do PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, de maneira geral para as diferentes unidades amostrais, classificando-as nas distintas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais (Tabela 5.9). Em seguida, fez-se a discussão dos resultados separadamente para os 3 trechos do perfil longitudinal do curso d’água.

Tabela 5.9 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado nas diferentes unidades amostrais do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Unidade amostra I	Parâmetros							Total	Classe
	Vegetação	Solo	Trecho do curso	Inclinação do talude	Profundidade do solo no talude (cm)	Largura do curso d'água (m)	Uso do solo		
P1D	3	3	1	3	1	1	3	15	Suscetível
P2D	3	3	2	3	2	1	3	17	Suscetível
P3D	0	3	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P4D	3	3	1	4	3	1	4	19	Instável
P5D	0	3	1	4	2	1	4	15	Suscetível
P6D	0	3	2	4	2	1	4	16	Suscetível
P7D	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P8D	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P9D	0	0	4	4	1	1	0	10	Estável
P10D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P11D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P12D	0	0	2	2	1	1	0	6	Estável
P13D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P14D	0	0	2	2	1	1	0	6	Estável
P15D	0	0	2	3	4	1	0	10	Estável
P16D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P17D	3	3	4	4	4	1	3	22	Instável
P18D	3	4	2	3	4	1	3	20	Instável
P19D	3	4	4	4	4	1	3	23	Instável
P20D	3	4	2	2	1	1	3	16	Suscetível
P1E	0	3	4	3	3	1	3	17	Suscetível
P2E	0	3	2	3	2	1	3	14	Suscetível
P3E	0	3	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P4E	3	3	4	4	3	1	4	22	Instável
P5E	0	3	4	4	2	1	4	18	Suscetível
P6E	0	3	2	3	4	1	4	17	Suscetível
P7E	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P8E	4	0	2	3	1	1	4	15	Suscetível
P9E	0	0	1	2	1	1	0	5	Instável
P10E	0	0	2	4	1	1	0	8	Instável
P11E	0	0	2	4	1	1	0	8	Instável
P12E	0	0	2	4	1	1	0	8	Instável
P13E	0	0	2	3	1	1	0	7	Instável
P14E	0	0	4	4	1	1	3	13	Suscetível
P15E	3	0	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P16E	0	0	2	3	1	1	3	10	Estável
P17E	3	3	1	2	1	1	3	14	Suscetível
P18E	3	4	2	3	3	1	3	19	Suscetível
P19E	0	0	1	2	1	1	3	8	Estável
P20E	3	0	2	4	1	1	3	14	Suscetível

Depois disso, no intuito de confirmar a existência ou não de diferenças significativas estatisticamente entre as unidades amostrais sugeridas pelos resultados do PAR, apresentaram-se os resultados da análise de variância entre as categorias dos parâmetros avaliados; do teste *t* Student; da análise hierárquica de agrupamentos (HCA) e da análise de componentes principais (PCA). As análises de HCA e PCA foram outra forma de visualizar as semelhanças e diferenças dos pesos das categorias dos parâmetros nas diferentes unidades amostrais.

Na Tabela 5.9 pode-se observar os pesos atribuídos a cada categoria dos parâmetros avaliados na área correspondente a cada unidade amostral, o somatório (total) desses pesos, bem como a classe e a respectiva categoria de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais, de acordo com o resultado final do protocolo.

Assim, deu-se continuidade à interpretação dos resultados totais do PAR para cada unidade amostral, apresentados na Tabela 5.9, a partir dos quais se pode elaborar a Tabela 5.10 com a frequência de cada classe de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais dentre os pontos avaliados no Arroio Val de Buia.

Tabela 5.10 - Frequências de unidades amostrais de cada margem nas classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

<i>i</i>	Intervalos de classe	Classes	<i>f_i D</i>	<i>f_i E</i>	<i>Total</i>
1	5 + 12	Estável	10	8	18
2	12 + 19	Suscetível	6	10	16
3	19 + 26	Instável	4	2	6
Σf_i			20	20	40

i = classes; *f_i* = frequência na classe *i*; D = margem direita; E = margem esquerda;

Dentre as 40 unidades amostrais avaliadas, 20 na margem direita e 20 na margem esquerda, na margem direita (D), 6 foram consideradas “suscetíveis”, 4 unidades classificadas como “instáveis” e outras 10 unidades foram classificadas como “estável”, conforme interpretação do resultado final do protocolo para essas unidades.

Na margem esquerda (E), das 20 unidades observadas, 10 foram consideradas “suscetíveis”, 2 unidades classificadas como “instáveis” e outras 8 unidades foram classificadas como “estável”, de acordo com a interpretação do resultado final do protocolo.

A distribuição do número de unidades amostrais nas classes de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais na microbacia de estudo, em função da localização das unidades amostrais nos diferentes trechos do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, foi apresentada na Tabela 5.11, separadas por margem esquerda e direita.

Pode-se observar que no trecho I, das 16 unidades amostrais avaliadas, segundo resultado final do PAR, 11 foram classificadas como “suscetível” o que correspondeu a 68,8% das unidades amostrais do trecho (Tabela 5.12). Um exemplo são as unidades amostrais P2D e P2E, para as quais se pode perceber que o resultado do PAR evidenciou-se a campo, uma vez que apresentavam alguns sinais de erosão, mas aparentemente não apresentavam instabilidade, no entanto, possuíam uso e cobertura da terra representado por pastos naturais ou pastagem de inverno, respectivamente, além de a unidade P2D apresentar ausência de cobertura florestal há poucos metros da margem do curso d’água (Figura 5-14a).

Tabela 5.11 - Número de unidades amostrais por classe de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais em cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, de acordo com o resultado final do PAR.

Intervalos de classe	Classe	Trechos						Total
		I		II		III		
		D	E	D	E	D	E	
5 + 12	Estável	2	1	6	5	2	2	18
12 + 19	Suscetível	5	6	0	1	1	3	16
19 + 26	Instável	1	1	0	0	3	1	6
Total por trecho		16		12		12		40

Onde: D = margem direita; E = margem esquerda.

Tabela 5.12 - Percentual correspondente ao número de unidades amostrais por classe de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais em cada trecho do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, de acordo com o resultado final do PAR.

Intervalos de classe	Classe	Trechos								
		I			II			III		
		D	E	Total	D	E	Total	D	E	Total
5 + 12	Estável	12,5	6,3	18,8	50,0	41,7	91,7	16,7	16,7	33,3
12 + 19	Suscetível	31,3	37,5	68,8	0,0	8,3	8,3	8,3	25,0	33,3
19 + 26	Instável	6,3	6,3	12,5	0,0	0,0	0,0	25,0	8,3	33,3
Total por trecho (%)		100			100			100		

Onde: D = margem direita; E = margem esquerda.

Ainda no trecho I, observaram-se apenas as unidades P4D e P4E classificadas como “instáveis”, conforme resultado final do PAR. As unidades localizaram-se na margem direita e esquerda do ponto 4 (Figura 5-14 - c, d). Em ambas as margens observou-se a ausência de vegetação arbórea na área correspondente à APP, sendo esta coberta por vegetação herbácea, além de que o uso e cobertura da terra nas áreas adjacentes era agricultura (na época da avaliação estava ocupada pela cultura da soja). Outros parâmetros que influenciaram nesta classificação foram a profundidade do solo no talude (≥ 100 a 150) e a inclinação do talude ($\geq 90^\circ$).



Figura 5-14 - Vista referente às unidades amostrais P2D (a), P2E (b), P4D (c) e P4E (d), localizadas no trecho I do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

No trecho II do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia observou-se que das 12 unidades amostrais avaliadas, 11 foram classificadas como “estáveis”, segundo o resultado final do PAR, o que representa 91,7% das unidades observadas neste trecho (Tabela 5.12). Outro resultado importante é que nenhuma das unidades avaliadas no trecho II foi considerada

como “instável”. Apenas a unidade P14E foi classificada como “susceptível”, resultado que pode ser explicado pelo fato de o uso e cobertura a terra neste ponto de observação ser representado por campo nativo (Figura 5-15).

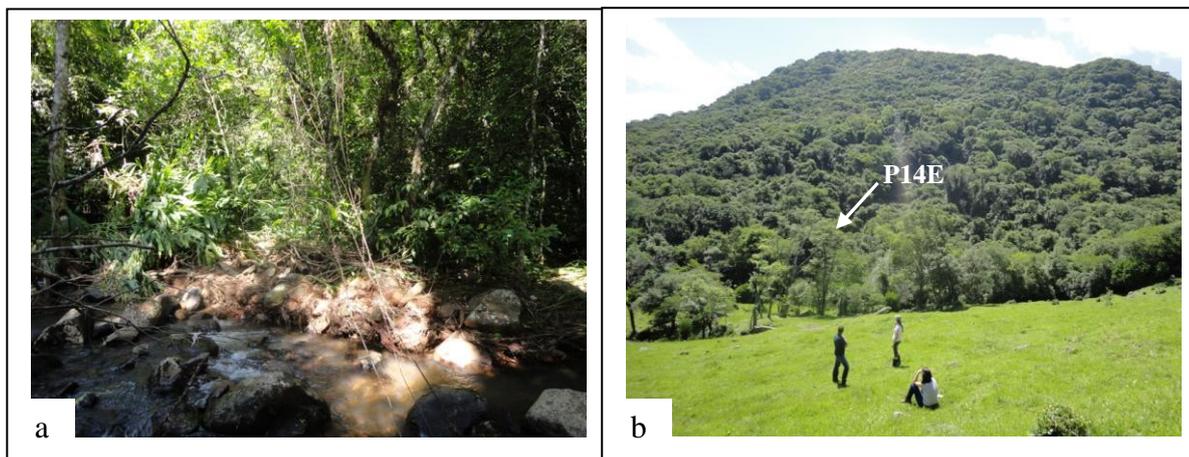


Figura 5-15 - Vista referente à unidade P14E (a) e campo nativo na área adjacente à mesma (b) localizada no trecho II do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Ao seguir a mesma linha de raciocínio, observou-se que no trecho III há homogeneidade de distribuição do número de unidades amostrais entre as 3 classes de susceptibilidade à erosão de taludes fluviais, o que correspondeu a um percentual de 33,3% das unidades amostrais em cada classe de susceptibilidade à erosão de taludes fluviais.

Dentre as unidades amostrais classificadas como “estável” do trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia pode-se destacar P19E. Esta unidade localiza-se no raio interno da curva do leito do curso d’água e apresenta o predomínio de vegetação arbustiva, caracterizada como um local de deposição de material erodido à montante do curso d’água (Figura 5-16 b).



Figura 5-16 - Vista referente às unidades amostrais P19D e P19E, localizadas no trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Legenda - A imagem “a” mostra no seu lado esquerdo a margem esquerda e no seu lado direito a margem direita do curso d’água. A imagem “b” mostra a unidade P19E, com predomínio de vegetação arbustiva e localiza-se no raio interno da curva do leito do curso d’água. As figuras “c” e “d” apresentam a unidade amostral P19D, localizada no raio externo da curva do leito do curso d’água, coberta por vegetação herbácea.

As imagens “c” e “d” da Figura 5-16 representam a unidade amostral P19D, localizada no raio externo da curva do leito do curso d’água, em solo arenoso, com uma profundidade de solo no talude $> 1,50$ m, mais especificamente 3,4 m, conforme medida a campo e, coberta por vegetação herbácea (poáceas). As imagens “c” e “d” da Figura 5-16, comprovam que esta unidade reflete a instabilidade sugerida no resultado do PAR.

Também a unidade amostral P17D foi classificada na classe “instável”, de acordo com o PAR. As imagens “b” e “d” da Figura 5-17, ilustram as condições de instabilidade do talude nas proximidades da referida unidade amostral.

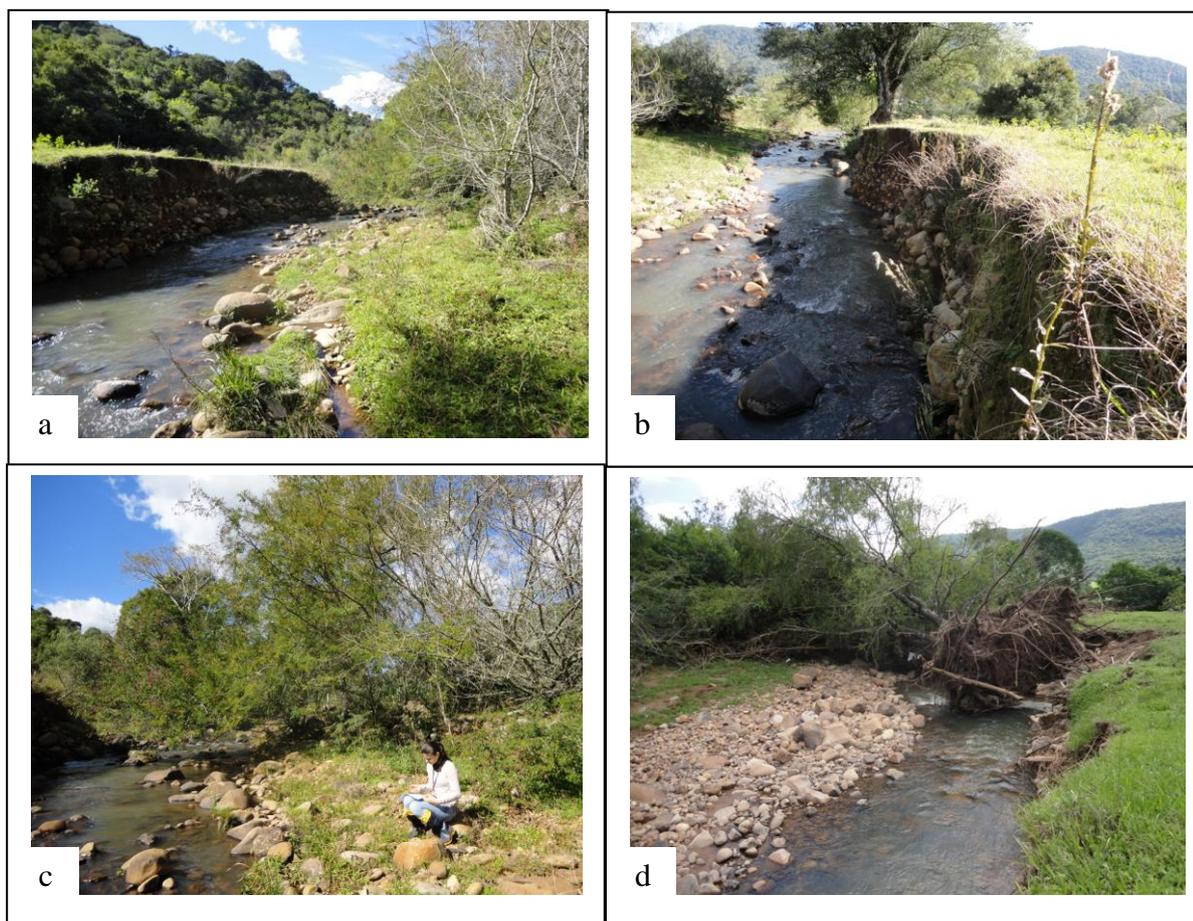


Figura 5-17 - Vista referente às unidades amostrais P17D, P17E localizadas no trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Legenda - A imagem “a” mostra no seu lado esquerdo a margem direita e no seu lado direito a margem esquerda do curso d’água. As figuras “b” e “c” mostram a margem direita do curso d’água, respectivamente, no dia da avaliação desta unidade e em uma segunda visita à região para avaliação de outras unidades amostrais. A imagem “c” mostra a unidade P17E, com predomínio de vegetação herbácea e poucos arbustos.

A imagem da Figura 5-17b foi fotografada no mês de maio de 2013, época em que foi realizada a aplicação do PAR neste ponto do curso d’água, quando já se constatou a condição de instabilidade do talude. A imagem “d” foi capturada no mês de novembro de 2013, o que corroborou para afirmação de instabilidade do talude, visto que os exemplares arbóreos presentes sobre o mesmo haviam sido derrubados pelas enxurradas de meses anteriores.

Das 4 unidades amostrais que foram classificadas como “susctível”, destaca-se a P17E (Figura 5-17, “c”), a qual localiza-se em margem oposta à unidade P17D que foi considerada “instável”. Os parâmetros que levaram as unidades a serem classificadas em classes distintas de suscetibilidade à erosão do talude foram: trecho do curso d’água, inclinação do talude e profundidade do solo no talude.

De modo geral, as diferenças entre as unidades amostrais deram-se em função das distintas categorias de todos os parâmetros do PAR presentes em cada unidade amostral.

Assim, a fim de compreender se as diferenças sugeridas pelos resultados do PAR entre as unidades amostrais apresentam significância estatística realizou-se a análise da variância entre as 40 unidades amostrais para verificar a existência de variâncias significativas entre as categorias dos parâmetros avaliados. Como pode ser observado na Tabela 5.13, a estatística do teste F mostrou-se significativa ao nível de 1% de probabilidade de erro ($p < 0.01$).

Tabela 5.13 - Análise da variância para a comparação das categorias dos parâmetros avaliados entre as 40 unidades amostrais¹ locadas no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	39	132,22857	3,39048	1.9335 **
Resíduo	240	420,85714	1,75357	
Total	279	553,08571		

¹ Foram observados 20 pontos amostrais, sendo que em um mesmo ponto amostral (o mesmo trecho do rio) foram observadas duas unidades amostrais, ou seja, uma unidade na margem esquerda (E) e outra na margem direita (D), totalizando 40 unidades amostrais. Assim, as 40 unidades amostrais correspondem aos tratamentos. FV = fonte de variação, neste caso refere-se ao ponto de observação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio; F = estatística do teste F. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

Diante disso, realizou-se um teste *t* Student, o qual avalia a significância estatística da diferença entre duas médias de amostras independentes.

Os resultados do teste *t* são apresentados na Tabela 5.14. As unidades amostrais foram organizadas em ordem decrescente das médias, em cada trecho do perfil longitudinal do curso d'água a que pertencem.

A partir dos resultados do teste *t*, aplicado ao nível de 5% de probabilidade de erro, pode-se constatar que houve diferenças significativas entre as médias das unidades amostrais. Essas diferenças foram atribuídas às categorias dos parâmetros avaliados em cada unidade amostral.

No trecho I observaram-se diferenças estatísticas significativas entre as unidades amostrais, com destaque para as P7D, P8D e P7E e, P4E. As três primeiras mostraram-se semelhantes entre si, mas revelaram-se estatisticamente distintas da unidade P4E (Tabela 5.13). De acordo com o PAR as três primeiras unidades foram classificadas como “estáveis”, enquanto a unidade P4E enquadrou-se como “instável”.

Tabela 5.14 - Teste *t* aplicado aos resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) utilizado para avaliar os diferentes trechos do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Trecho	UA	Vegetação	Solo	Trecho do curso	Inclinação do talude	Profundidade do solo no talude (cm)	Largura do curso d'água (m)	Uso do solo	Total	Média	Teste t*
I	P4E	3	3	4	4	3	1	4	22	3,14	ab
	P4D	3	3	1	4	3	1	4	19	2,71	abcd
	P5E	0	3	4	4	2	1	4	18	2,57	abcd
	P2D	3	3	2	3	2	1	3	17	2,43	abcde
	P1E	0	3	4	3	3	1	3	17	2,43	abcde
	P6E	0	3	2	3	4	1	4	17	2,43	abcde
	P6D	0	3	2	4	2	1	4	16	2,29	abcdef
	P1D	3	3	1	3	1	1	3	15	2,14	abcdefg
	P5D	0	3	1	4	2	1	4	15	2,14	abcdefg
	P8E	4	0	2	3	1	1	4	15	2,14	abcdefg
	P2E	0	3	2	3	2	1	3	14	2,00	abcdefgh
	P3D	0	3	2	3	1	1	3	13	1,86	bcdefgh
	P3E	0	3	2	3	1	1	3	13	1,86	bcdefgh
	P7D	0	0	2	3	1	1	4	11	1,57	cdefgh
	P8D	0	0	2	3	1	1	4	11	1,57	cdefgh
P7E	0	0	2	3	1	1	4	11	1,57	cdefgh	
II	P14E	0	0	4	4	1	1	3	13	1,86	bcdefgh
	P9D	0	0	4	4	1	1	0	10	1,43	defgh
	P10D	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P11D	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P13D	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P10E	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P11E	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P12E	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh
	P13E	0	0	2	3	1	1	0	7	1,00	fgh
	P12D	0	0	2	2	1	1	0	6	0,86	gh
	P14D	0	0	2	2	1	1	0	6	0,86	gh
	P9E	0	0	1	2	1	1	0	5	0,71	h
III	P19D	3	4	4	4	4	1	3	23	3,28	a
	P17D	3	3	4	4	4	1	3	22	3,14	ab
	P18D	3	4	2	3	4	1	3	20	2,86	abc
	P18E	3	4	2	3	3	1	3	19	2,71	abcd
	P20D	3	4	2	2	1	1	3	16	2,29	abcdef
	P17E	3	3	1	2	1	1	3	14	2,00	abcdefgh
	P20E	3	0	2	4	1	1	3	14	2,00	abcdefgh
	P15E	3	0	2	3	1	1	3	13	1,86	bcdefgh
	P15D	0	0	2	3	4	1	0	10	1,43	defgh
P16E	0	0	2	3	1	1	3	10	1,43	defgh	
P16D	0	0	2	4	1	1	0	8	1,14	efgh	
P19E	0	0	1	2	1	1	3	8	1,14	efgh	

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste *t* ao nível de 5% de probabilidade. ■ Categoria de estabilidade do talude: instável; ■ Categoria de estabilidade do talude: suscetível; ■ Categoria de estabilidade do talude: estável.

As demais unidades do trecho I não apresentaram diferenças significativas de acordo com o teste t , no entanto, foram classificadas em categorias distintas quanto à condição de suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Evidenciou-se que a dificuldade de serem apresentadas diferenças significativas através do teste t deve-se à pequena amplitude dos valores dos pesos atribuídos às categorias dos parâmetros que foram avaliados. Embora os parâmetros variassem suas categorias de uma unidade amostral para outra, as diferenças dos valores dos pesos de cada categoria não possuiu uma amplitude grande o suficiente para que as médias diferissem estatisticamente entre si.

O mesmo ocorreu para os trechos II e III, visto que também não houve grandes diferenças entre as médias das unidades amostrais destes trechos.

No trecho II, esta inexistência de diferenças significativas entre as médias comprova-se com os resultados do PAR, uma vez que, com exceção da unidade P14E foi enquadrada na categoria “susctível” (Figura 5-15) conforme discutido anteriormente, todas as demais unidades amostrais do referido trecho foram classificadas como “estáveis”. Este fato pode ser compreendido quando se observa as categorias dos parâmetros existentes no trecho II (Tabela 5.14), ou seja, para os parâmetros vegetação, solo, profundidade do solo no talude, largura do curso d’água e uso do solo os pesos atribuídos são idênticos para as unidades classificadas como “estáveis”, apresentado pequenas variações para os parâmetros trecho do curso e inclinação do talude, as quais não são significativas estatisticamente.

Quanto ao trecho III observou-se a diferença estatística entre as unidades amostrais P19D, P18D e P17D, classificadas como “instáveis” pelo PAR, em relação às unidades P15D, P16E, P16D e P19E, classificadas como “estáveis”. Estes resultados são reforçados ao serem revistas a Figura 5-16 e a Figura 5-17.

A observação dos três trechos simultaneamente quanto ao teste t permitiu constatar que todas as unidades amostrais classificadas como “instáveis” e com média acima de 3, diferiram estatisticamente de todas as unidades amostrais consideradas “estáveis”. No entanto, as médias das unidades amostrais classificadas como “susctíveis” não evidenciaram diferenças significativas tanto em relação às médias das unidades consideradas “instáveis”, quanto daquelas classificadas como “estáveis”. Este resultado reforça a ideia de que a amplitude dos valores dos pesos atribuídos às categorias dos parâmetros avaliados no PAR foi muito pequena, o que dificultou a segregação de valores intermediários, ou seja, não favoreceu estatisticamente a identificação da classe “susctível”.

Diante do exposto, submeteu-se o conjunto de dados a técnicas de análise multivariada. Realizaram-se a Análise Hierárquica de Agrupamentos (AHA) e a Análise de Componentes Principais (ACP). Ambas foram efetuadas a fim de identificar grupos de unidades amostrais similares entre si, com base em características que elas possuíam.

Calculou-se a similaridade a partir da distância Euclidiana entre unidades amostrais, em função das categorias de cada parâmetro avaliado. O resultado da AHA foi representado na forma de um gráfico bidimensional chamado dendrograma (Figura 5-18), que verificou as semelhanças entre as unidades amostrais avaliadas pelo PAR, no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

O grau de similaridade entre as unidades amostrais variou entre 0 e 1 quando os pesos das categorias dos parâmetros presentes em cada unidade foram idênticos (Figura 5-18).

Ao analisarem-se os resultados da AHA pode-se observar o agrupamento de duas grandes classes, unidas por maior distância euclidiana (ou distância da combinação).

Quando se observou detalhadamente, tornou-se evidente que uma das classes reuniu três subgrupos: dois formados por unidades amostrais classificadas como estáveis e um por unidades amostrais classificadas como suscetíveis (Figura 5-18). No primeiro subgrupo mostraram-se semelhantes todas as unidades amostrais classificadas como “estáveis” pelo PAR e localizadas no trecho II do perfil longitudinal do curso d’água, em seguida, este subgrupo uniu-se por uma combinação um pouco mais distante a outros dois subgrupos: o segundo subgrupo composto pelas unidades P15E, P20E e P8E, as quais, embora classificadas pelo PAR como “suscetíveis”, possuíram um valor final do protocolo próximo ao limite inferior da classe que as define como “suscetíveis”, além disso, apresentaram solo rochoso, profundidade do solo no talude menor que 50 cm e encontraram-se em trecho retilíneo do córrego, características idênticas às unidades amostrais consideradas “estáveis” do primeiro subgrupo, e; o terceiro subgrupo apresentou a unidade P14E classificada como “suscetível”, a qual apresentou uma combinação mais distante do restante do subgrupo, em função de localizar-se no raio externo da curva, as demais unidades do subgrupo também compostas por unidades amostrais “estáveis” (P7D, P7E, P8D, P16E, P19E), assemelharam-se ao segundo subgrupo, tendo como parâmetro decisivo para essa similaridade o uso do solo, visto que ambos os subgrupos apresentaram usos com pavimentos ou agricultura (ambos com peso 4) e pastagem ou campo nativo (ambos com peso 3).

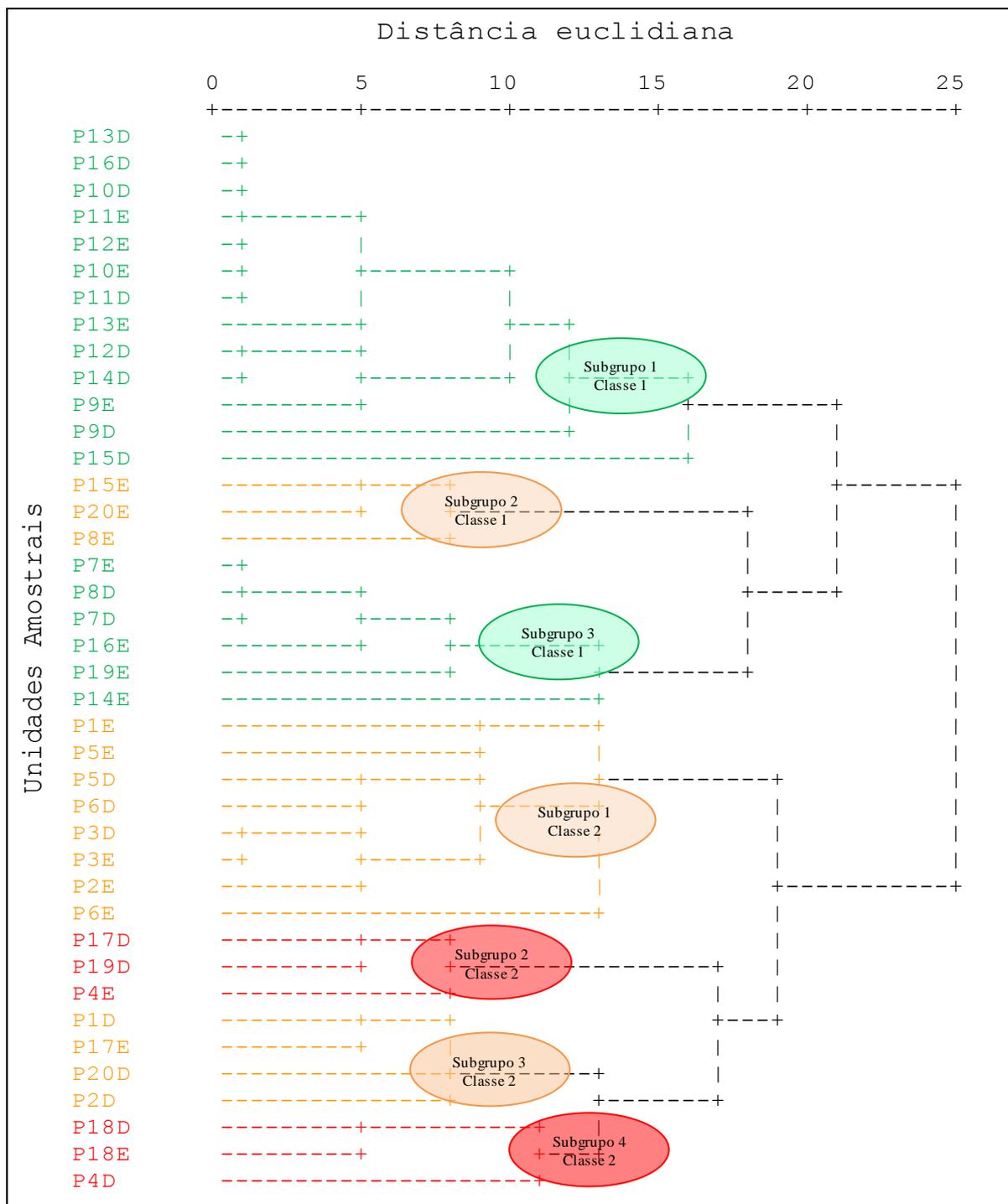


Figura 5-18 - Dendrograma da Análise Hierárquica de Agrupamentos (AHA), que verifica as semelhanças entre as unidades amostrais avaliadas pelo PAR, no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Unidades amostrais na cor verde correspondem àquelas unidades classificadas como “estável”, na cor laranja correspondem àquelas classificadas como “suscetível” e na cor vermelha àquelas classificadas como “instável” pelo PAR.

As unidades amostrais P9D e P15D fizeram parte do primeiro subgrupo, mas com maior distância da combinação em relação às demais unidades do subgrupo, o parâmetro que definiu essa menor similaridade da P9D foi o trecho do curso, pois esta se encontrou no raio externo. Já para a unidade P15D o que fez a diferença foi a profundidade do solo no talude com mais de 150 cm.

Na segunda classe observou-se o agrupamento de quatro subgrupos: dois formados por unidades amostrais classificadas como “suscetíveis” e dois por unidades amostrais classificadas como “instáveis” (Figura 5-18).

O subgrupo 1 da classe 2 foi composto pelas unidades P1E, P5E, P5D, P6D, P3D, P3E, P2E e P6E as quais mostraram-se semelhantes, sendo essas classificadas pelo PAR como “suscetíveis” e localizadas no trecho I do perfil longitudinal do curso d’água. As unidades amostrais P1E e P6E apresentaram-se com ligação mais distante das demais unidades, visto que possuíram um valor final do protocolo superior às outras. O parâmetro que influenciou o resultado final do protocolo para as unidades P1E e P6E foi a profundidade do solo no talude, que equivaleu a ≥ 100 a 150 cm e > 150 cm respectivamente.

O subgrupo 2 da classe 2 identificou semelhanças entre as unidades P17D, P19D e P4E (Figura 5-18), todas classificadas como “instáveis” pela avaliação do PAR. Esse resultado corrobora o resultado do teste *t*, o qual mostrou a forte ligação entre as médias dessas 3 unidades amostrais (Tabela 5.14).

As unidades amostrais P1D, P17E, P20D e P2D foram reunidas no subgrupo 3 da classe 2, as quais assemelham-se quanto à categoria de suscetibilidade à erosão do talude, ou seja, todas foram classificadas como “suscetíveis” de acordo com resultado final do PAR para cada uma dessas unidades amostrais (Tabela 5.14).

No quarto e último subgrupo da classe 2 resultante do dedrograma da AHA (Figura 5-18) encontram-se reunidas as unidades amostrais P18D, P18E e P4D, as três classificadas como “instáveis” segundo o resultado final do PAR.

A razão pela qual os subgrupos 2 e 4 da classe 2 não formaram um único subgrupo, uma vez serem todas as unidades amostrais classificadas como “instáveis”, é o resultado da avaliação do parâmetro trecho do curso, ou seja, as unidades do subgrupo 2 (P17D, P19D e P4E) localizaram-se no raio externo da curva, enquanto as unidades amostrais do subgrupo 4 (P18D, P18E e P4D) encontraram-se em trecho retilíneo e no raio interno da curva, respectivamente.

De maneira geral, os parâmetros fundamentais que levaram à identificação de duas classes de agrupamento das unidades amostrais, através da AHA (Figura 5-18), em ordem de

importância, foram: solo, profundidade do solo no talude, vegetação, trecho do curso d'água e uso do solo, conforme pode ser constatado com a avaliação das categorias (pesos) de cada parâmetro avaliado em todas as unidades amostrais que compõem cada classe (Tabela 5.14).

Os parâmetros inclinação do talude e largura do curso d'água não mostraram grande variação de uma unidade amostral para outra. Assim, não se pode identificar a contribuição desses parâmetros no agrupamento das unidades amostrais. Quanto à largura do curso d'água, embora houvesse variação ao longo do perfil longitudinal do curso d'água, essa não pode ser discriminada, visto que as categorias estipuladas no protocolo desse estudo incluiu na mesma categoria todas as larguras abaixo de 10 m, sendo que se observaram larguras de 1 m a 10 m.

Resumidamente as diferentes unidades amostrais, formaram 2 classes distintas na AHA correspondendo 22 unidades amostrais na classe 1 e 18 unidades na classe 2.

No intuito de complementar a análise hierárquica de agrupamentos (AHA), realizou-se a análise de componentes principais (ACP) (Figura 5-19, Figura 5-20 e Figura 5-21), as quais representaram uma outra forma de visualizar as semelhanças e diferenças nos valores das categorias (da contribuição dos valores das categorias) das diferentes unidades amostrais.

As componentes principais estão relacionadas à categoria de suscetibilidade à erosão das unidades amostrais, estabelecida a partir do resultado final do PAR. Esta relação deu-se em função das categorias de cada parâmetro. São apresentadas três componentes principais (CP), sendo que a CP 1 explica 43,54%, a CP 2 explica 25,93% e a CP 3 explica 11,99 %.

Com isso, elaborou-se 3 gráficos com a relação entre todas as componentes. Na Figura 5-19 observou-se que as 2 classes de unidades amostrais identificadas no AHA: classe 1 (P13D, P16D, P10D, P11E, P12E, P10E, P11D, P13E, P12D, P14D, P9D, P9E, P15E, P15D, P20E, P8E, P7E, P7D, P8D, P16E, P19E e P14E) e classe 2 (P1E, P5E, P5D, P6D, P3D, P3E, P2E, P6E, P17D, P19D, P4E, P1D, P17E, P20D, P2D, P18D, P18E e P4D), correspondem aos mesmos grupos formados pelas gráficos composto pelas CP 1 e CP2, evidenciando a importância de usarmos estes dois tipos de análises em conjunto para a interpretação e confirmação dos resultados (Figura 5-19).

A componente principal 1, corroborou com os resultados da AHA, visto que demonstrou a similaridade entre as unidades amostrais classificadas como “estáveis” e que compuseram o subgrupo 1 da classe 1 da AHA (P13D, P16D, P10D, P11E, P12E, P10E, P11D, P13E, P12D, P14D, P9D, P9E, P15D), bem como confirmou a similaridade daquelas unidades amostrais que foram reunidas nos subgrupos 2 (“susceptíveis”) e 3 (“estáveis”) da classe 1 da AHA, respectivamente, (P15E, P20E e P8E) e (P7E, P7D, P8D, P16E, P19E e P14E) (Figura 5-19).

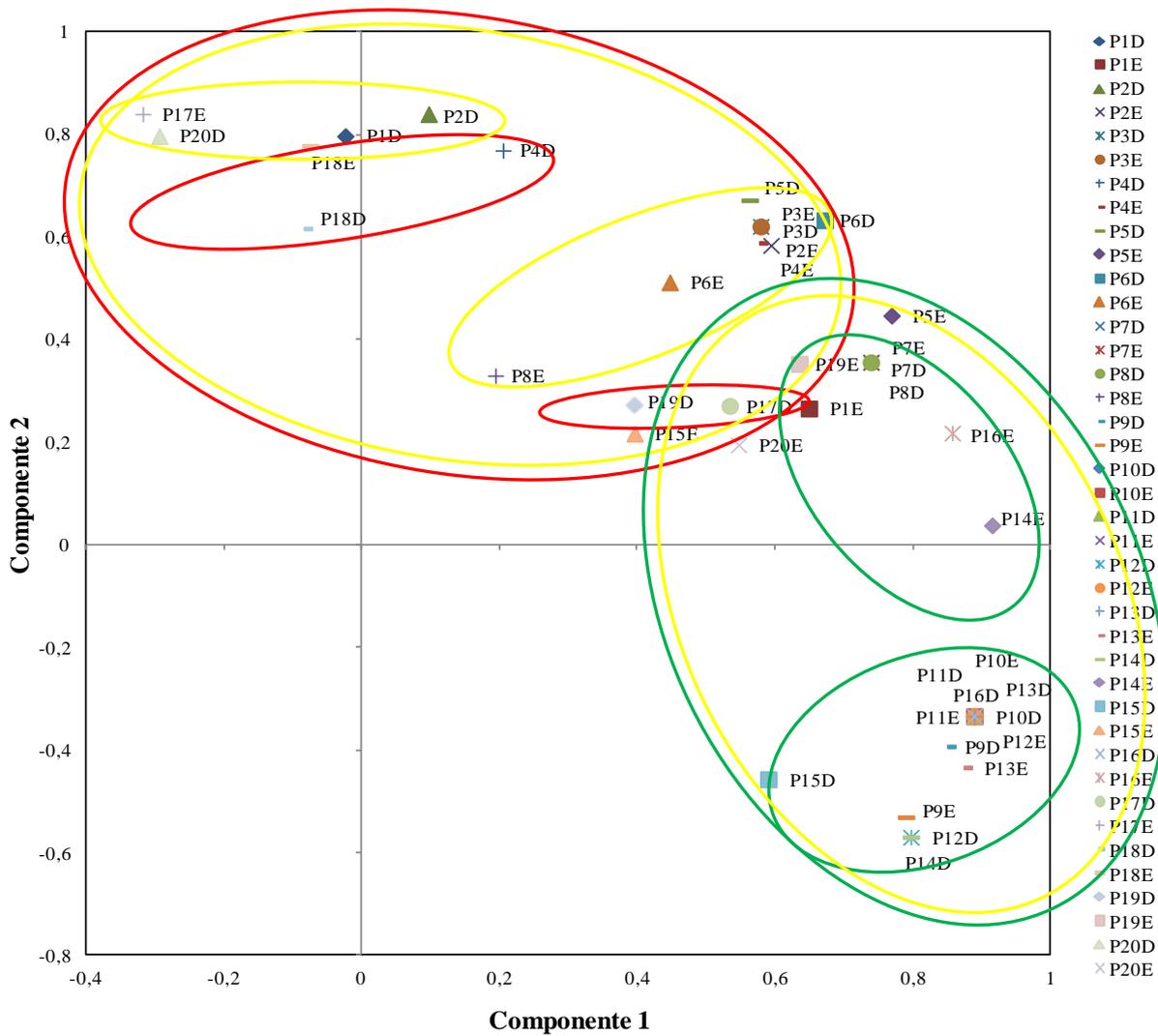


Figura 5-19 - Análise de componentes principais: Componente 1 x Componente 2. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.

Legenda: Os Círculos destacam a proximidade das unidades amostrais: vermelhos (“instáveis”); amarelos (“susceptíveis”) e verdes (“estáveis”).

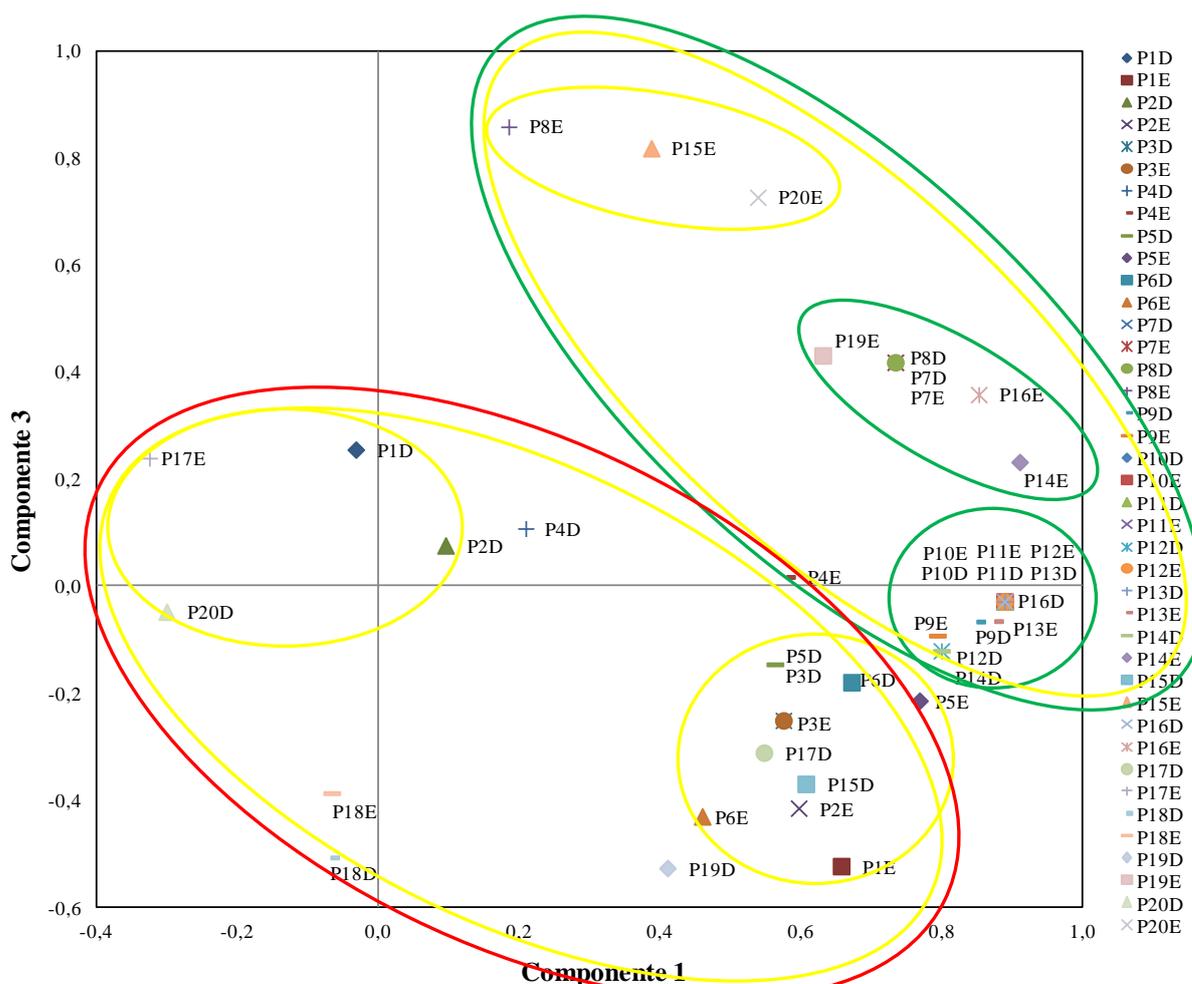


Figura 5-20 - Análise de componentes principais: Componente 1 x Componente 3. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.

Legenda: Os Círculos destacam a proximidade das unidades amostrais: vermelhos (“instáveis”); amarelos (“suscetíveis”) e verdes (“estáveis”).

Observou-se que o distanciamento da combinação mostrada no AHA nos três subgrupos da classe 1, também pode ser observado na ACP, onde as unidades P15D, P8E e P14E encontram-se mais dispersas de seus grupos (Figuras 5-19, 5-20 e 5-21).

Da mesma forma que a CP 1, a segunda componente principal demonstrou similaridade entre as unidades amostrais, conforme os agrupamentos observados na AHA. No entanto, a CP 2, evidenciou as semelhanças entre as unidades amostrais classificadas como “instáveis”, subgrupos 2 (P17D, P19D e P4E) e 4 (P18D, P18E e P4D), o que reforça a evidência da influência do solo arenoso na instabilidade de taludes fluviais, em associação principalmente com a vegetação existente à margens do curso d’água e o uso do solo encontrado na vertente adjacente a esse.

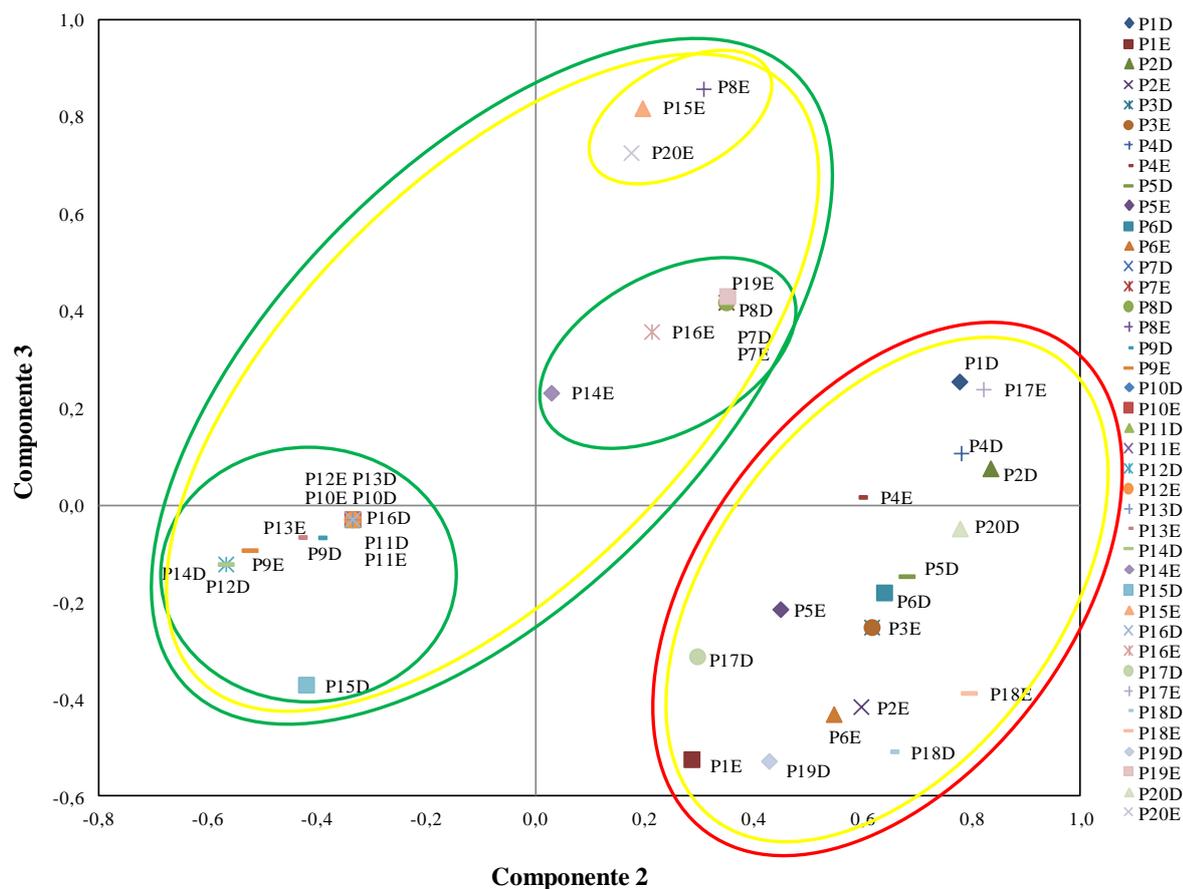


Figura 5-21 - Análise de componentes principais: Componente 2 x Componente 3. As unidades amostrais avaliadas pelo PAR no Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, foram agrupadas de acordo as similaridades encontradas entre elas.

Legenda: Os Círculos destacam a proximidade das unidades amostrais: vermelhos (“instáveis”); amarelos (“susceptíveis”) e verdes (“estáveis”).

As unidades amostrais P1E, P5E, P5D, P6D, P3D, P3E, P2E e P6E e; P1D, P17E, P20D e P2D, que constituíram os subgrupos 1 e 2 da classe 2 da AHA, respectivamente, da mesma forma, também foram consideradas semelhantes pela ACP (Figura 5-19 e 5-21).

A Figura 5-21, onde se observa as CP 2 e CP 3, permite evidenciar ainda mais a separação de dois grandes grupos de unidades amostrais, em que as mesmas unidades amostrais dos subgrupos 1, 2 e 3 da classe 1 da AHA estão nitidamente afastadas das unidades amostrais que compõem os subgrupos 1, 2, 3 e 4 da classe 2 da AHA. Ao mesmo tempo reforça a ideia de que aquelas unidades amostrais classificadas como “susceptíveis” que foram agrupadas às unidades classificadas como “estáveis” possuíram um valor final do protocolo próximo ao limite inferior da classe que as define como “susceptíveis” e, quando

agrupadas àquelas unidades classificadas como “instáveis” possuíram um valor final do protocolo próximo ao limite superior da classe que as define como “suscetíveis”.

Assim, constatou-se que as três componentes principais juntas descrevem 81,46 % da variância total dos dados. É interessante notar que as diferentes unidades amostrais, foram agrupadas entre si de acordo com as diferentes categorias de suscetibilidade à erosão elaboradas pelo PAR.

Entretanto, a ACP, assim como a AHA, mostraram relações de similaridade entre grupos de unidades amostrais classificadas como “estáveis” com algumas unidades classificadas como “suscetíveis”, bem como daquelas unidades classificadas como “instáveis” com grande parte das unidades classificadas como “suscetíveis”, fato esse que reafirma a ideia de que a amplitude dos pesos utilizada para distinguir a influência na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, para cada categoria dos parâmetros avaliados foi pequena, mascarando a identificação de valores intermediários (categoria “suscetível”).

5.6 Indicadores de fragilidade à erosão de vertente

Os indicadores de fragilidade à erosão relativos ao comprimento e à declividade das vertentes, parâmetros influentes nos processos erosivos, foram obtidos a partir do processamento de uma rotina descrita no item 4.2.2.

Foram elaborados 5 mapas com informações sobre os indicadores: - mapa do comprimento máximo de vertente afluente (Figura 5-22); - mapa da declividade média da vertente de comprimento máximo (Figura 5-23); - mapa da área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-24); - mapa da declividade média da área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-25) e; - mapa da velocidade média de vertente de comprimento máximo (Figura 5-26), os quais buscaram a determinação de indicadores de fragilidade de erosão do escoamento de áreas vertentes afluentes ao curso d'água.

As informações relativas a cada indicador de fragilidade à erosão mencionado anteriormente foram armazenadas nas células que compõe a drenagem.

A determinação desses indicadores para a microbacia ao Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, teve como objetivo auxiliar no entendimento dos resultados do Protocolo de Avaliação Rápida aplicado na mesma área, quanto à suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

A fim de facilitar o entendimento dos resultados dos mapas e visualizar-se uma possível relação dos indicadores, que esses representam, com as condições de suscetibilidade à erosão de alguns pontos avaliados com o PAR, elaborou-se a Tabela 5.15.

Tabela 5.15 - Valores do comprimento máximo de vertente afluente; da declividade média da vertente de comprimento máximo; da área de drenagem afluente acumulada; da declividade média da área de drenagem afluente acumulada e; da velocidade média de vertente de comprimento máximo armazenados em células que compõem a rede de drenagem e que tiveram locadas unidades amostrais avaliadas no PAR, na microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Ponto Amostral	Comprimento máximo de vertente afluente (m)	Declividade média da vertente de comprimento máximo (%)	Área de drenagem acumulada (ha)	Declividade média da área de drenagem acumulada (%)	Velocidade média da vertente de comprimento máximo (m/s)
P2	62,0	8,43	0,45	8,01	0,000507
P4	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000000
P7	1,0	6,06	0,09	6,06	0,000075
P14	100,0	46,19	4,20	36,61	0,000448
P17	903,0	25,70	3,15	15,00	0,001074
P19	185,0	22,76	3,33	11,58	0,001600

A Tabela 5.15 trás os valores dos indicadores de fragilidade armazenados nas células da drenagem da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS para alguns pontos avaliados pelo PAR.

A seleção dos pontos P2, P4, P7, P14, P17 e P19 deu-se de forma a contemplar locais que abrangessem os 3 trechos do perfil longitudinal do curso d'água. Além de que as unidades amostrais avaliadas nesses pontos abrangeram as distintas possibilidades de categorias de suscetibilidade à erosão em taludes fluviais consideradas no PAR, sendo assim bons representantes para a discussão deste item.

Ao analisarem-se os valores da Tabela 5.15, observa-se que no ponto 4 todos os indicadores apresentaram valor zero. Esses valores justificaram-se em razão do ponto 4 possuir a mesma cota para a área adjacente àquele segmento da drenagem, o que explica a ausência de declividade nessa área. Em caso de ausência de declividade para o ponto em questão, não há escoamento para tal ponto e por consequência todos os indicadores possuem valor nulo.

Dentre os demais pontos da Tabela 5.15 o que apresentou o maior comprimento máximo de vertente afluente foi o P17 (903,0 m), seguido do P19 (185,0 m), do P14 (100,0

m), do P2 (62,0 m) e do P7 (1,0 m) (Figura 5-22). Ao associar-se esse resultado ao valor final do PAR para as unidades amostrais dos referidos pontos, identificou-se que esse vem ao encontro da ideia de avaliação dessa variável na tese, ou seja, quanto maior o comprimento da vertente contribuinte para dada célula do curso d'água, maior seria suscetibilidade à erosão do talude fluvial, em razão de que o maior comprimento da vertente poderia indicar uma maior contribuição de escoamento para essa célula e, em associação com outros indicadores como a declividade do percurso do escoamento e a velocidade da água, sujeitariam os taludes a maior suscetibilidade à erosão.

Conforme observado na Figura 5-16 e Figura 5-17, correspondentes aos pontos amostrais P19 e P17, respectivamente, as unidades amostrais P19D e P17D foram classificadas como “instáveis”, tendo como características fundamentais para tal classificação a localização no raio externo da curva do leito do curso d'água, a profundidade de solo no talude > 1,50 m e, a área situada imediatamente à margem do curso d'água coberta por vegetação herbácea (poáceas). Nesse sentido, vislumbra-se uma possível relação de influência do comprimento máximo de vertente afluyente às condições de instabilidade dos taludes das unidades amostrais P19 e P17. O que também reforça essa indicação é o fato dos pontos amostrais P2 e P14 terem sido classificados como “suscetíveis” e o P7 ter sido considerado “estável” e apresentarem valores do comprimento máximo de vertente afluyente inferiores aos pontos P19 e P17.

No que diz respeito à declividade média da vertente de comprimento máximo (Figura 5-23), dentre os pontos que compõe a Tabela 5.15, o maior valor foi observado para o P14 (46,19 %), resultado compreendido ao analisar-se a Figura 5-6, na qual se observou que as declividades predominantes na microbacia do Arroio Val de Buia, na região de localização do referido ponto, variaram de 20 % a 75 %. No entanto, sugere-se que a contribuição desse indicador não mostrou influência negativa à suscetibilidade à erosão aos taludes no P14, pois este foi considerado “suscetível”, em razão do solo nesse ponto ser rochoso e da área marginal e grande parte da vertente adjacente serem cobertas por vegetação arbórea (Figura 5-15), características que atenuaram a contribuição da alta declividade nos processos erosivos.

Para os demais pontos da Tabela 5.15, em ordem decrescente dos valores de declividade observaram-se, respectivamente, P17 (25,70 %), P19 (22,76 %), P2 (8,43 %) e P7 (6,06 %), corroborando com a ideia de que quanto maior a declividade média da vertente de comprimento máximo, em associação com a ausência de cobertura florestal na vertente adjacente, maior a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Quanto à declividade média da área de drenagem afluyente acumulada (Figura 5-25), observou-se que os valores seguiram o mesmo comportamento da declividade média da vertente de comprimento máximo, ou seja, o maior valor observado na Tabela 5.15 foi para o P14 (36,61 %), seguido por: P17 (15,00 %), P19 (11,58 %), P2 (8,01 %) e P7 (6,06 %).

Analisou-se ainda a área de drenagem acumulada (Figura 5-24), a partir dos valores da Tabela 5.5 notou-se também para esse indicador que o maior valor ocorreu no P14 (4,20 ha), seguido por: P19 (3,33 ha), P17 (3,15 ha), P2 (0,45 ha) e P7 (0,09 ha). Na Figura 5-24, pode-se observar a ocorrência de células da rede de drenagem que receberam a contribuição de uma área de drenagem acumulada na faixa de 20 a 50 hectares, no entanto, entende-se que valores tão altos podem ter resultado de contribuições que seriam de tributários menores e que não apareceram como parte da rede de drenagem em função da escala do mapeamento.

Por fim, analisaram-se os valores de velocidade média da vertente de máximo comprimento (Figura 5-26), os quais variaram de 0 m/s a 0,001611 m/s. Para os pontos da Tabela 5.15, o maior valor observado foi para o P19 (0,0016 m/s), seguido em ordem decrescente por: P17 (0,001074 m/s), P2 (0,000507 m/s), P14 (0,000448 m/s) e P7 (0,000075 m/s). No mapa da velocidade média da vertente de máximo comprimento (Figura 5-26) pode-se observar que a célula da drenagem correspondente ao P19 armazenou um valor que se encontra na faixa das mais altas velocidades da microbacia de estudo (0,0009725 - 0,001611 m/s). Enquanto o valor desse indicador para o P7 inseriu-se na faixa das menores velocidades da microbacia (0 - 0,000146 m/s).

Os valores desses indicadores podem colaborar para o entendimento do comportamento quanto à suscetibilidade à erosão de taludes fluviais. No entanto, a fim de compreender melhor a possível contribuição dos mesmos na avaliação do PAR, apresentou, na sequência o item 5.7, o qual discutiu essa provável relação.

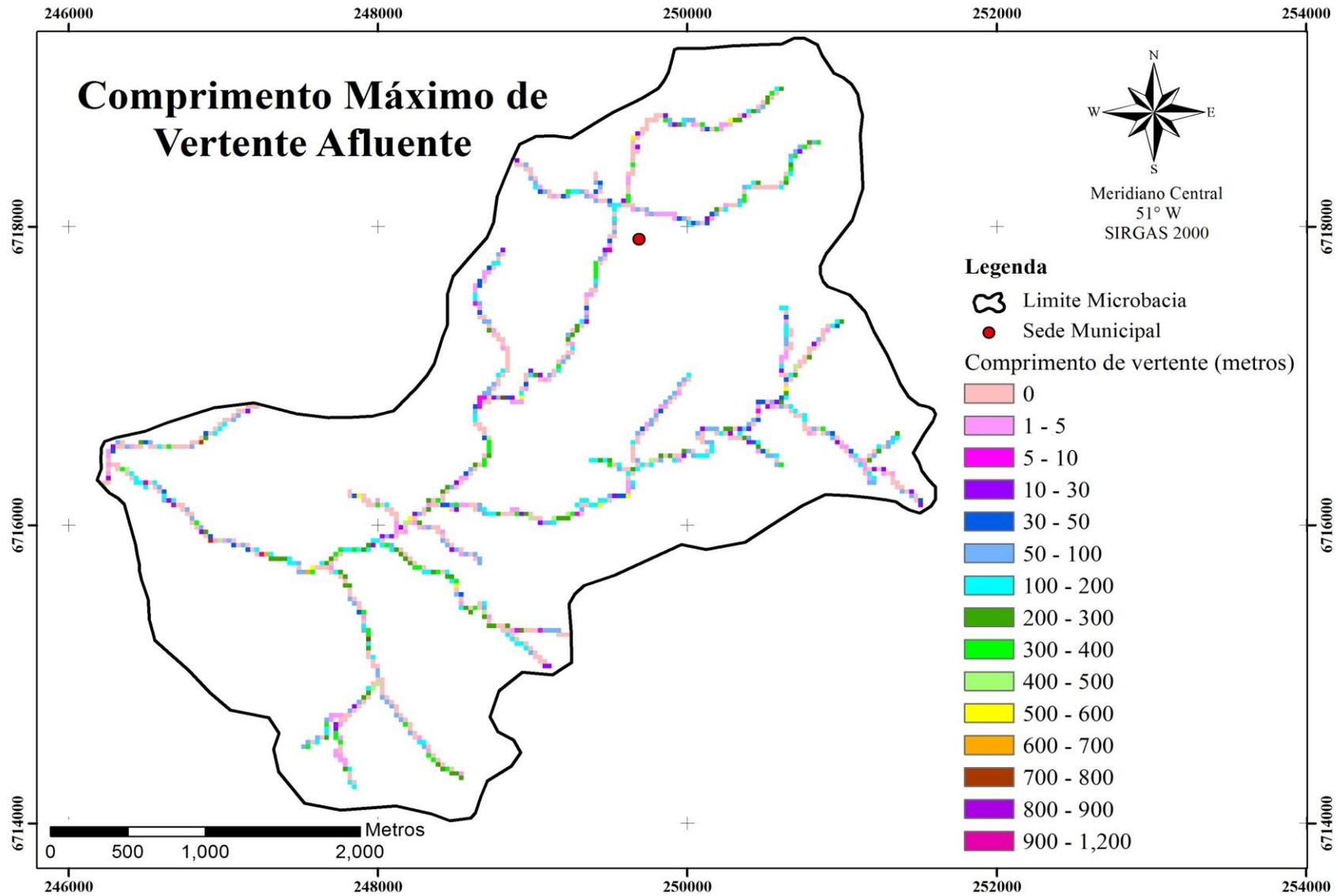


Figura 5-22 - Valor do comprimento máximo de vertente afluente a cada célula da rede de drenagem, armazenado nas células da drenagem.

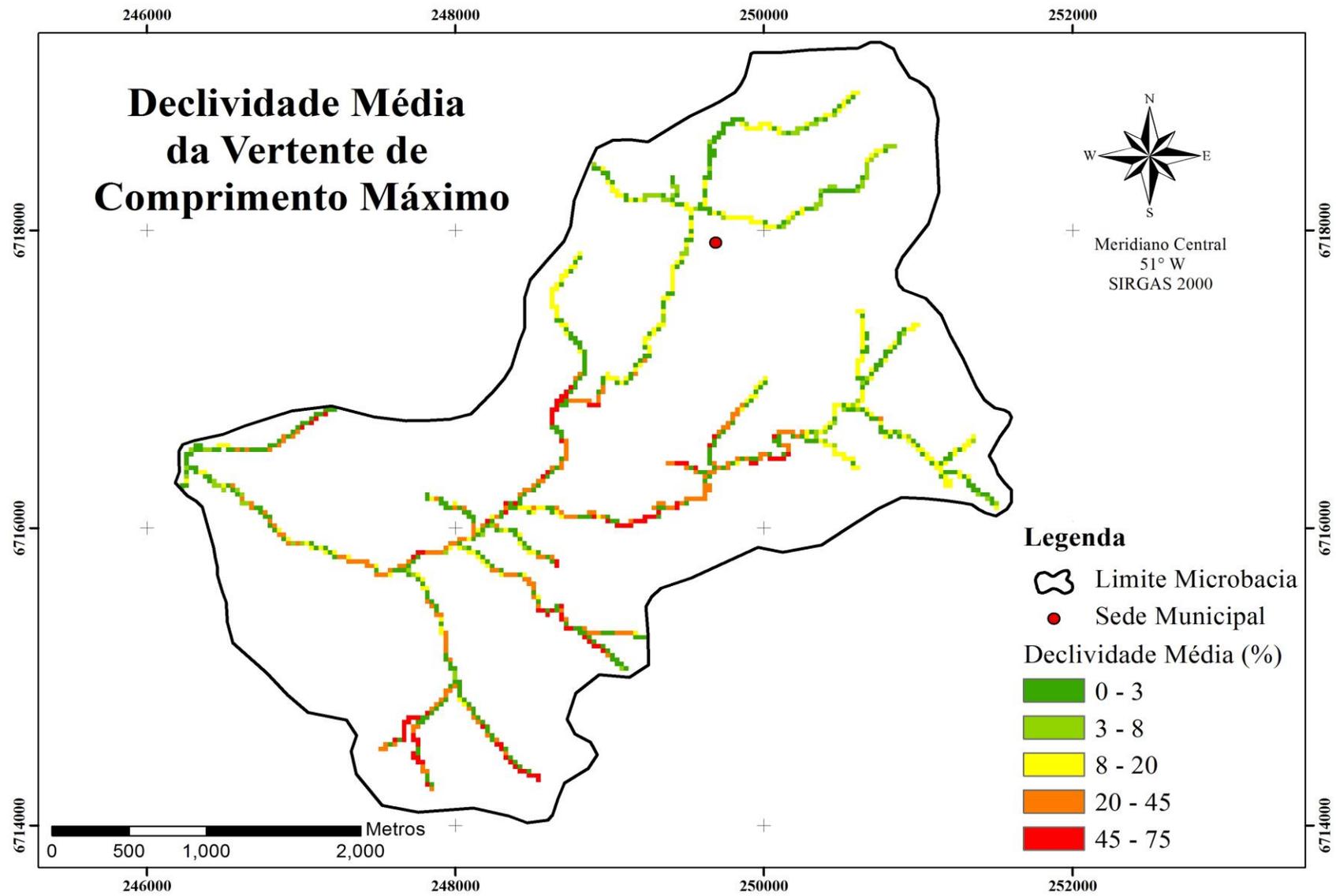


Figura 5-23 - Valor da declividade média da vertente de comprimento máximo, armazenado nas células da drenagem.

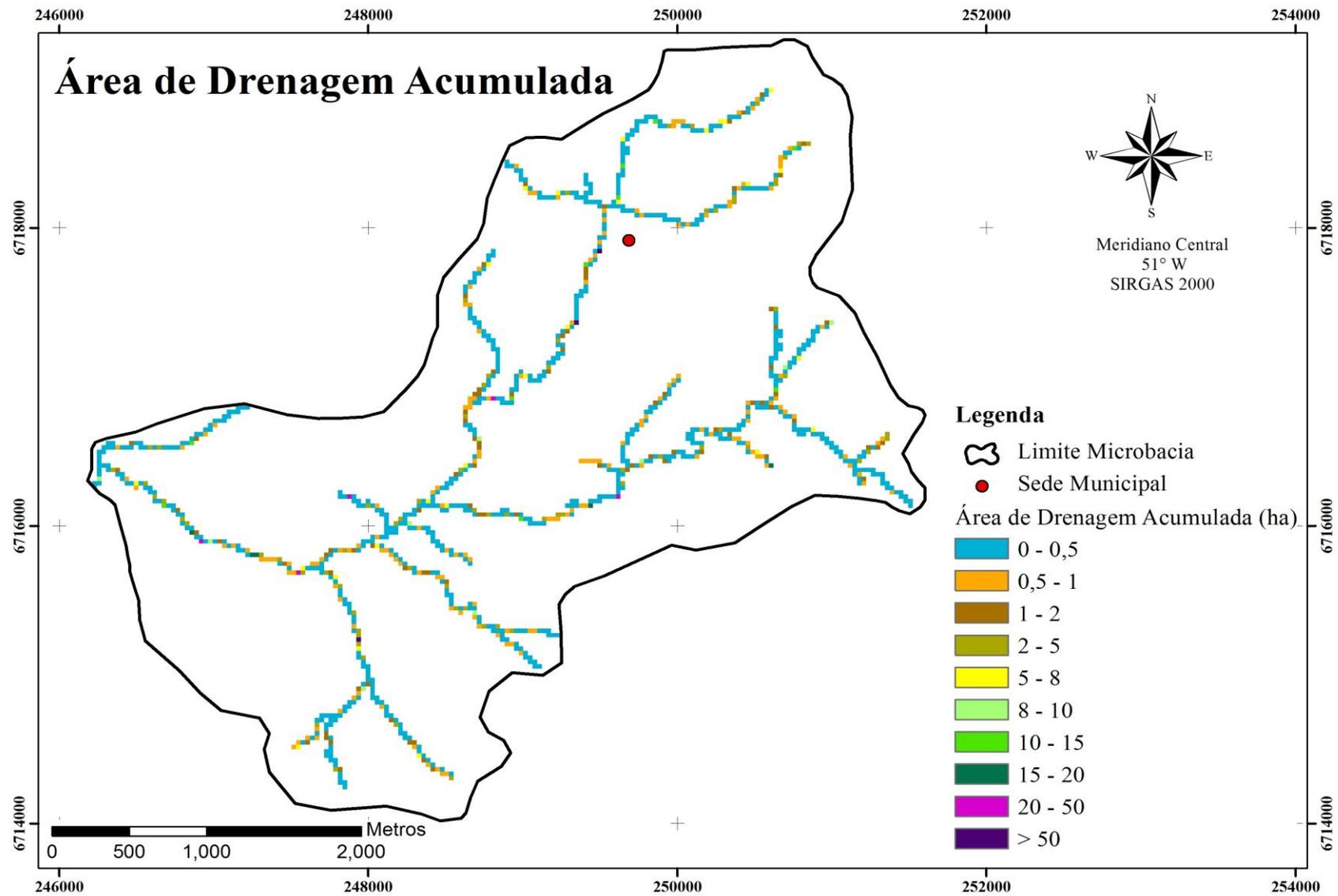


Figura 5-24 - Valor da área de drenagem acumulada, armazenado nas células da drenagem.

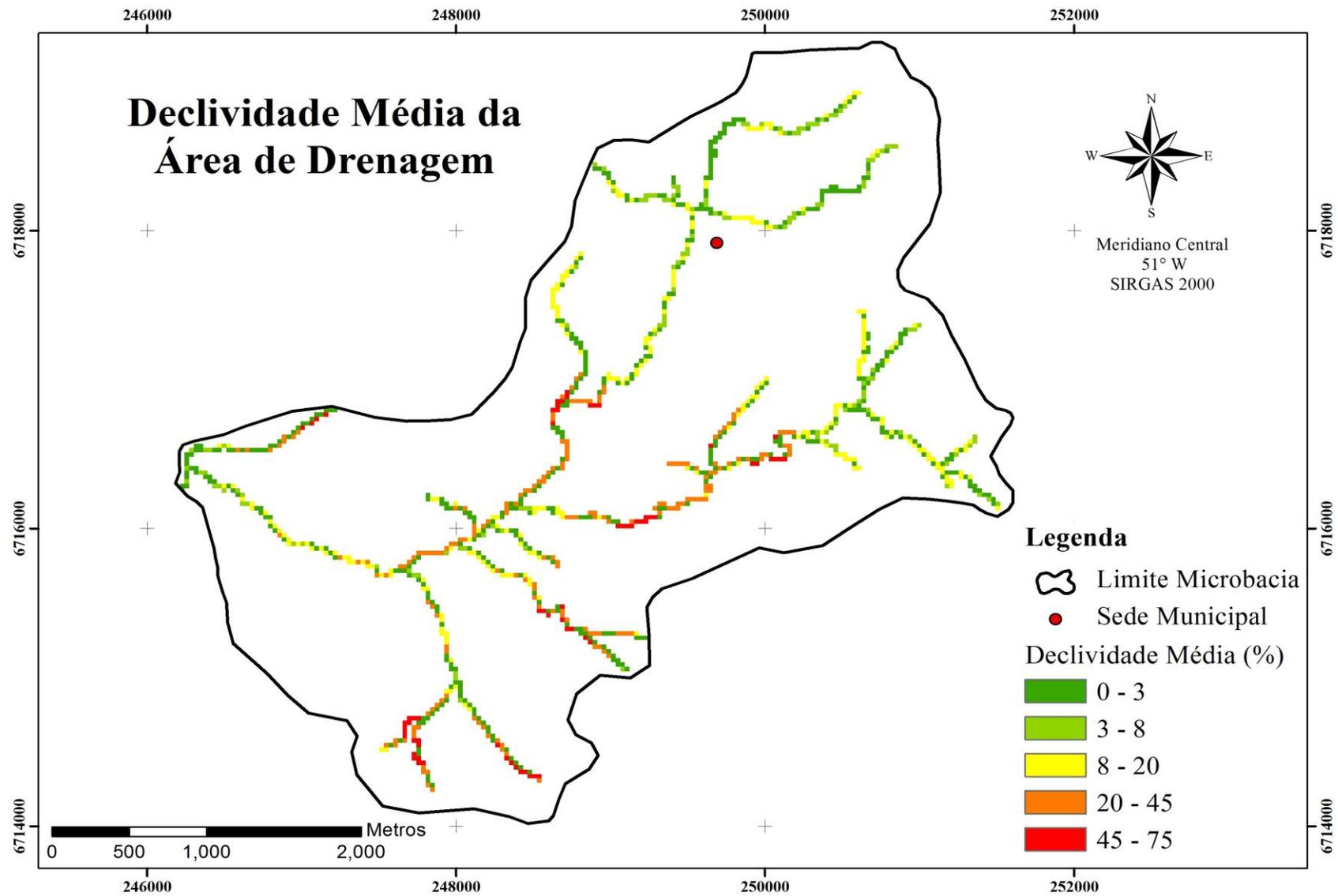


Figura 5-25 - Valor da declividade média da área de drenagem acumulada, armazenado nas células da drenagem.

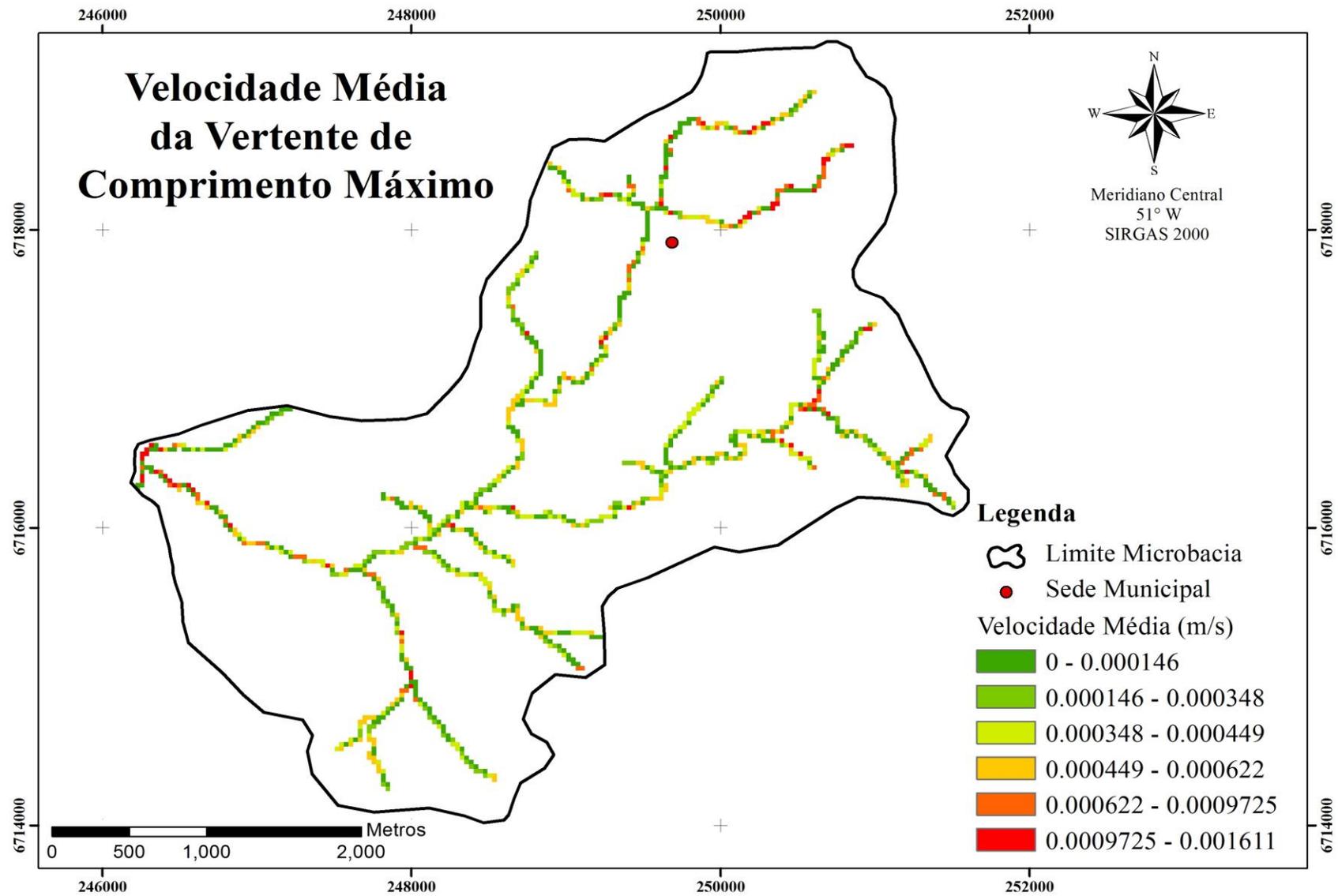


Figura 5-26 - Valor da velocidade média da vertente de comprimento máximo, armazenado nas células da drenagem.

5.7 Contribuição dos indicadores de fragilidade para a compreensão da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais

Com base nos resultados dos itens 5.5 e 5.6, foi possível buscar evidências da contribuição dos indicadores de fragilidade à erosão de áreas vertentes afluentes ao Arroio Val de Buia Silveira Martins, RS na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais e, conseqüentemente no resultado final da aplicação do PAR para o mesmo curso d'água.

Pode-se constatar que a contribuição dos indicadores de fragilidade na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, está associada a diversas características da microbacia de estudo, em especial às categorias de cada parâmetro avaliado no PAR. Ou seja, em função de quais categorias dos parâmetros constituintes do PAR estão presentes em determinada área, essas podem atenuar ou intensificar a contribuição dos indicadores de fragilidade de vertente nos processos erosivos da microbacia.

Por exemplo, o comprimento máximo de vertente afluente (Figura 5-22); a declividade média da vertente de comprimento máximo (Figura 5-23); a área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-24); a declividade média da área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-25) e; a velocidade média de vertente de comprimento máximo (Figura 5-26) quando observados para os pontos amostrais P17 e P19 sugerem que esses indicadores contribuem para a instabilidade do talude nesses locais, sendo intensificados por algumas categorias dos parâmetros do PAR encontrados nesses pontos, isto é, as unidades amostrais P17D e P19D, ambas localizaram-se no raio externo da curva do leito do curso d'água, apresentaram uma profundidade de solo no talude $> 1,50$ m, sendo esse solo arenoso e, possuíam a área situada imediatamente à margem do curso d'água coberta por vegetação herbácea (poáceas). Portanto, a contribuição desses indicadores de fragilidade foi intensificada pelos seguintes parâmetros do PAR: solo, trecho do rio, profundidade do solo no talude e vegetação.

Outra evidência da relação interativa entre indicadores de fragilidade em vertentes adjacentes a cursos d'água e as categorias de cada parâmetro avaliado no PAR é a observação do P14, o qual embora tenha apresentado, na Tabela 5.15, os maiores valores para a declividade média da vertente de comprimento máximo (Figura 5-23); para a área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-24); para a declividade média da área de drenagem afluente acumulada (Figura 5-25) e; para a velocidade média de vertente de comprimento máximo (Figura 5-26) e 100 m comprimento máximo de vertente afluente para célula da

drenagem que corresponde a esse ponto, esse não se apresentou “instável”, e sim foi considerado “susceptível”, sugerindo que a interação não tenha promovido influência, em razão do solo nesse ponto ser rochoso e da área marginal e grande parte da vertente adjacente serem cobertas por vegetação arbórea, características que atenuaram a contribuição dos indicadores nos processos erosivos.

Diante do exposto, tornou-se evidente que houve contribuição dos indicadores de fragilidade em vertentes, devido ao escoamento, na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais na microbacia de estudo, sendo que essa contribuição nem sempre foi no sentido de promover a erosão, pois a ação dos indicadores foi influenciada pela sua interação com as categorias dos parâmetros avaliados no PAR.

Cabe destacar ainda, que um dos produtos deste trabalho foi o desenvolvimento da programação da rotina que originou os mapas relativos aos indicadores de fragilidade em vertente devido ao escoamento, processada em *Python* no software ArcGIS® 10.

6 ARTIGO - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E SEUS SERVIÇOS AMBIENTAIS

Josita Soares Monteiro¹, Jussara Cabral Cruz², Damáris Gonçalves Padilha³, Edner Baumhardt⁴

RESUMO

As áreas de preservação permanente (APPs), ao longo dos cursos d'água, são determinadas em função da largura destes. Contudo, acredita-se que há outros fatores que devem ser considerados, entre quais se destacam os serviços ambientais oferecidos pelas APPs. O presente trabalho buscou compilar estudos que tratam dos serviços ambientais oriundos das APPs, a fim de fornecer subsídios para melhor entendimento sobre o assunto. Observou-se que, embora haja equações de estimativa da largura mínima de APPs, há autores que defendem a inexistência de um método definitivo para o estabelecimento desta largura que possibilite uma proteção satisfatória do curso d'água. Alguns autores afirmam que, sem os estudos da dinâmica que ocorre na área ripária, não há como concluir se as distâncias expressas numericamente para APPs são compatíveis com os "princípios" da preservação para os quais se propõem. Em virtude de diferentes metodologias e dos parâmetros envolvidos na delimitação da APP, encontram-se distintas definições de largura de faixas para uma mesma função, em uma mesma seção de rio. Deste modo, considera-se que se pode apenas fazer indicativos de larguras de áreas a serem mantidas vegetadas ou revegetadas em função do tipo de serviço ambiental que se espera, sem, entretanto, ter a determinação da largura adequada para atender, simultaneamente, a todos os serviços.

Palavras-chave: código florestal, serviço ecossistêmico, curso d'água.

Permanent preservation areas and their environmental services

ABSTRACT

The permanent preservation areas (APP), along watercourses, are determined based on the width of these. However, it is believed that there are more relevant factors, such as environmental services offered by APPs. The present study sought to compile studies that address environmental services from the APPs, such as subsidies for a better understanding on the subject. It was observed that, although there are equations for estimating the minimum width of APPs, some authors argue that the lack of a definitive method for establishing this width that allows for satisfactory protection of the watercourse. Some claim that without studies of the dynamics that occur in the riparian area, there is no way to conclude the distances expressed numerically for APPs are consistent with the "principles" of preservation for which they propose. Due to different methodologies and parameters involved in the delimitation of APP, are distinct bands of width settings for the same function in the same section of river. Thus, it is considered that one can only make widths indicative of areas to be kept vegetated or revegetated depending on the type of environmental service than expected, without, however, having to determine the proper width to serve simultaneously to all the services.

Keywords: forest code, ecosystem service, watercourse.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal – UFSM. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av Roraima s/nº. CTLAB sala 442 - Campus Universitário da UFSM – Camobi, CEP 97105-900 - Santa Maria, RS – jositasm@yahoo.com.br.

² Professora Associada – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av Roraima s/nº. CTLAB sala 539 – Campus Universitário da UFSM – Camobi, CEP 97105-900 - Santa Maria, RS – jussaracruz@gmail.com.

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal – UFSM. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av Roraima s/nº. CTLAB sala 442 - Campus Universitário da UFSM – Camobi, CEP 97105-900 – Santa Maria, RS – Brasil – damarispadilha@gmail.com.

⁴ Professor Assistente – Centro de Educação Superior Norte – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Linha Sete de Setembro s/n - BR386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen – RS – ednerb@gmail.com.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a legislação ambiental prevê uma série de leis, resoluções e decretos que definem a largura de área preservada que deve ser mantida ao longo dos cursos d'água, denominadas área de preservação permanente (APP).

Dentre as legislações ambientais mais discutidas está o Código Florestal Brasileiro, que, mesmo com a nova redação dada pelas Leis Federais nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012) e 12.727 de 17 de outubro de 2012 (Brasil, 2012a) conservou como parâmetro para a delimitação da APP a ser mantida ao longo de cursos d'água a largura destes. As referidas leis, dentre outras disposições, revogam a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

Em continuidade às aceções presentes no novo Código Florestal, quanto às áreas de preservação permanente, é oportuno transcrever, os artigos 3º e 4º, os quais estabelecem, respectivamente, a definição dessas áreas e a largura destas ao longo de cursos d'água:

“Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por”: (...)

“II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”;

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

“I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).” (Quadro 1):

Largura do curso d'água (metros)	Largura da APP (metros)*
Menos de 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Maior que 600	500

Quadro 1: Largura das áreas de preservação permanente (APPs) em função da largura dos cursos d'água.

Table 1: Width of permanent preservation areas (APP) as a function of the width of the watercourses.

* Largura mínima em ambas as margens.

* Minimum width on both sides.

Embora as mudanças sofridas pelo Código não tenham alterado os valores de largura de APP, tampouco o balizador para essa definição, ou seja, o fator preponderante para se definir a largura de APP continua sendo a largura do curso d'água, pode-se observar que houve uma modificação significativa em relação ao ponto a partir do qual se deve delimitar a APP. Com a nova lei a APP deverá ser demarcada desde a borda da calha do leito regular.

O Código Florestal de 1965 determinava que a APP fosse delimitada a partir do nível mais alto. Para tanto se precisava definir o que seria o nível mais alto. Assim, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) editou a Resolução nº 303, a qual em seu inciso I definia o nível mais alto como sendo aquele corresponde ao nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente.

Durante este período de mudanças na legislação ambiental brasileira, surgiram diversas dúvidas sobre a vigência de algumas resoluções do CONAMA, em especial a Resolução nº 303 que regulamentava o art. 2º do Código Florestal de 1965 (Lei Federal nº 4.771), dispunha sobre os parâmetros, as definições e os limites de áreas de preservação permanente e, revogava a resolução do CONAMA 004/1985. Embora a referida resolução não esteja expressamente revogada nas Leis 12.651/2012 e 12.727/2012, cabe destacar que, neste caso, ocorre uma revogação tácita, haja vista, que a mesma foi criada para regulamentar um artigo da Lei Federal nº 4.771/1965, a qual foi revogada.

Neste sentido, torna-se oportuno trazer à tona reflexões de operadores do Direito, expostas por Milarè (2009), os quais criticam os limites estabelecidos pelas Resoluções do CONAMA em virtude do entendimento de que o CONAMA teria extrapolado a sua competência, por estabelecer, em atos infralegais, restrições ao direito de propriedade, rendendo ensejo a frequentes questionamentos quanto à legalidade e constitucionalidade de suas resoluções.

Entre as reformulações do Novo Código Florestal Brasileiro destacam-se a possibilidade de redução das faixas de APP ao longo dos cursos de água apresentadas no Quadro 1, em pequenas propriedades rurais e em áreas urbanas consolidadas.

Embora haja uma ampla legislação sobre o tema, nem sempre as condicionantes legais são respeitadas e, por vezes, o desrespeito se dá em razão da falta de clareza das próprias leis (ou das diferentes interpretações que a legislação faculta). Além disso, existe a dificuldade técnica de aplicação das leis a campo, ou seja, delimitar as larguras de áreas de preservação ao longo dos cursos d'água, visto que cada curso, bem como cada bacia hidrográfica em que se situa, apresenta características únicas e distintas entre si. Essa afirmação pode ser evidenciada pela presença de mais de um bioma no mesmo Estado, como é o caso do RS, o qual apresenta o

Bioma Mata Atlântica e o Bioma Pampa, biomas estes com características bastante distintas, considerando-se, ainda, que o último não ocorre em nenhum outro Estado brasileiro.

A rigorosidade na fixação da largura da APP em função da largura do próprio curso d'água incita alguns questionamentos, como por exemplo: apenas este parâmetro satisfaz adequadamente as necessidades ecológicas de preservação para todos os diferentes biomas, ecossistemas ou formações florestais?

Sabe-se que a efetividade das áreas de preservação permanente (APP) depende de diversos fatores e suas inter-relações. Segundo Metzger (2010), um importante aspecto que deve ser observado e levado em consideração é o serviço ambiental que se espera das áreas de preservação permanente, ou seja, deve-se considerar se essas áreas terão função de corredores ecológicos, de filtros naturais, de canais para infiltração de água, de estabilizadoras de margens, entre outros.

O mesmo autor faz outras indagações, das quais também se partilha, tais como: será que a largura das faixas de APP não deveria variar em função da topografia da margem, do tipo de solo, do tipo de vegetação, ou do clima, em especial em razão da pluviosidade local?

As dificuldades de demarcar essas larguras de APP são mencionadas por diferentes autores, como, Lima e Zakia (2004). Estes autores ressaltam que os limites da zona ripária, sob o ponto de vista geomorfológico, não são de fácil delimitação, e podem variar ao longo da microbacia e entre diferentes microbacias, em função das diferenças de clima, geologia e solos. A extensão da zona ripária também poderia ser delimitada com base em critérios ecológicos, ou seja, a fim de cumprir a função de corredor de fluxo gênico ao longo da paisagem, assim como visando atender às dimensões mínimas que garantam a sua sustentabilidade.

Assim, com base no exposto, o presente trabalho busca na revisão de literatura subsídios para um melhor entendimento sobre as divergências nas fixações de APPs do novo código florestal, compilando os resultados de alguns estudos que demonstram a necessidade de se considerar a base científica existente, na definição dos inúmeros parâmetros legais da área ambiental. Concomitantemente às discussões, espera-se incentivar estudos correlacionados, com vistas à definição de respostas que atendam aos distintos serviços ambientais das APPs.

MATERIAL E MÉTODOS

A fim de delinear a elaboração deste trabalho utilizou-se pesquisa bibliográfica em livros, em teses, em dissertações, em anais de eventos, bem como em artigos publicados em periódicos

compilados ao Sistema Capes. No intuito de buscar subsídios para entender a relação entre a largura de áreas vegetadas e os serviços ambientais que estas podem oferecer, analisaram-se, especificamente, estudos que abordassem os temas: corredores ecológicos; estabilização de taludes fluviais; filtro de poluentes e, infiltração da água. A escolha dos referidos serviços deu-se pela relevância dos mesmos, o que é justificado pelo grande número de estudos relacionados aos temas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serviços Ambientais das APPs

Os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos são considerados bens e serviços providos pelo ambiente que contribuem direta ou indiretamente para o bem estar humano. Os provedores destes serviços são aqueles que fazem aumentar a capacidade dos ecossistemas de restaurar ou melhorar suas funções (Atanazio, 2011).

Dentre os locais que apresentam como finalidade a prestação destes serviços, estão as áreas de preservação permanente. Na definição legal destas, destaca-se a expressão “coberta ou não por vegetação nativa” (Brasil, 2012), a qual denota a finalidade do legislador de dar proteção não exclusivamente às florestas e demais formas de vegetação natural, mas aos locais ou às formações geográficas em que tais áreas estão inseridas funcionalmente, ou seja, na ação recíproca entre a cobertura vegetal e sua preservação e a manutenção das características ecológicas do domínio em que ela ocorre (Milarè, 2009).

Neste sentido, as florestas, sejam nativas ou não, podem oferecer uma infinidade de bens e serviços ambientais.

Atualmente, têm-se dado maior ênfase aos recursos naturais comercializáveis (valor de uso direto), tais como a madeira e os extrativos. No entanto, as florestas oferecem também serviços indiretos ou intangíveis que garantem a sustentabilidade das diversas atividades econômicas. Dentre os serviços ambientais gerados pelas florestas, destacam-se: a regulação da disponibilidade e da qualidade das águas, a estabilidade térmica, a redução da concentração de poluentes atmosféricos, a captura de CO₂, a ciclagem de nutrientes e a própria conservação do solo (Bochner, 2007).

Andrade e Fasiaben (2009) salientam que a importância dos serviços ambientais para o sistema econômico e para o bem estar das gerações atuais e futuras é cada vez mais reconhecida, sendo um exemplo ilustrativo a criação, pela administração de Barack Obama,

da divisão de Serviços Ambientais e Mercados dentro do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Mattos et al. (2007), ao estudarem a valoração ambiental de APPs, em Viçosa (MG), por meio do método de valoração contingente, em que se medem as preferências individuais a partir da disposição a pagar, nesse caso pela recuperação ou preservação das APPs da microbacia, concluem que a demonstração do valor monetário das APPs revelaram a importância das mesmas para as pessoas e como a preservação dessas áreas afeta o seu bem-estar, isto é, sua qualidade de vida. Neste sentido, com intuito de aprimorar a compreensão sobre este assunto, serão discutidos alguns dos principais serviços ambientais das áreas de preservação permanente, ao longo dos cursos d'água.

Corredores Ecológicos

Os corredores ecológicos são áreas da superfície terrestre, cobertas por vegetação, que possibilitam a interligação dos fragmentos florestais isolados na paisagem, em especial unidades de conservação, facilitando o fluxo gênico vegetal e animal (Metzger, 2010; Rodrigues et al., 2009; Ayres et al., 2005; Sgrott, 2003; Câmara, 1996). O aumento dessa conectividade reduz a probabilidade de que eventos ambientais imprevisíveis eliminem parte significativa das espécies e de seu patrimônio genético (Rodrigues et al., 2009; Ayres et al., 2005).

Além disso, a vegetação também confere a melhoria nas condições de fornecimento de abrigo e sustento para a fauna aquática e terrestre (Sgrott, 2003; Soares e Perez Filho, 1997).

Entre as áreas que naturalmente desempenham a função de corredores ecológicos destacam-se as áreas de preservação permanente, em especial, aquelas localizadas em paralelo aos cursos d'água.

A influência da constituição de um corredor ecológico no ambiente dá-se em função do que se espera do mesmo. Segundo Laurence e Laurence (1999) os benefícios dos corredores podem estar relacionados à largura, à extensão, à conectividade e à sua qualidade. Metzger (1997) refere-se ainda à topografia e à largura das áreas de influência da mata ciliar, entre outros fatores, mas sem dúvida o fator mais importante é a largura, o que está de acordo com as observações de Lees e Peres (2008). Nesse contexto, deve-se considerar que, em razão das variações entre os tipos florestais quanto às características de estrutura, de composição florística, de microclima, entre outras, muitas espécies da floresta tropical, por exemplo, poderiam ser mais sensíveis aos efeitos de bordadura e, em virtude disso, levariam a uma

exigência de corredores mais largos do que espécies similares localizadas em floresta temperada (Laurence e Laurence 1999). Essa mesma constatação foi relatada por Viana e Pinheiro (1998), ao analisarem alternativas para a atenuação de problemas relativos à conservação da biodiversidade em fragmentos florestais, os quais explicaram que o fator de forma é um parâmetro útil para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos, sobretudo por perturbações ocasionadas pelo efeito de bordadura. Este fator corresponde à relação entre a área de um fragmento florestal e o seu perímetro.

Ao considerarem-se as matas ciliares como tendo função de corredores ecológicos, pode-se concordar com Viana e Pinheiro (1998), quando estes aduzem que o reflorestamento de matas ciliares deve levar em conta o fato das futuras florestas apresentarem um baixo fator de forma. Por exemplo, uma mata ciliar de 30 x 1000 m apresenta um fator de forma de 0,3, o que é extremamente baixo. Com base neste fator, Viana e Pinheiro (1998) recomendaram que o plantio nas bordas das matas ciliares seja diferenciado.

Salamene et. al. (2011) constataram que 63% da APP do Rio Guandu no Rio de Janeiro, consistem em áreas que distam mais de 100m das demais matas, o que pode dificultar a dispersão de propágulos e, conseqüentemente, a regeneração dessas áreas. Os estudos de Lees e Peres (2008) demonstraram que muitas espécies de aves e mamíferos florestais no Sul da Amazônia usam corredores de mata ciliar e que os remanescentes florestais que formam corredores estreitos não fornecem habitat adequado para diversas espécies.

Entre os resultados observados com mamíferos arborícolas no Norte de Queensland, na Austrália, Laurence e Laurence (1999), descreveram a ocorrência de um gradiente em abundância de duas espécies mais dependentes da floresta tropical, as quais mostraram-se fortemente influenciadas pela largura do corredor. Os três remanescentes florestais que continham as espécies de gambás, variaram de 200 a 490 m de largura.

Os mesmos autores destacam, ainda, que a presença de falha na continuidade do corredor (espaço não vegetado), para espécies de mamíferos arborícolas, pode torná-lo intransitável. Recomendam evitar, inclusive, clareiras estreitas (10 a 80 m), afirmando que a continuidade do corredor é fundamental para a manutenção de algumas espécies.

Em estudo de corredores ripáreos estreitos e altamente perturbados em uma paisagem florestal fragmentada em torno de Alta Floresta - Mato Grosso, Lees e Peres (2008) observaram vertebrados típicos de habitats desmatados e depauperados, enquanto que em corredores de maior largura (> 100 m) e mais bem preservados, verificou-se ampla variedade de espécies. Para essa determinação Lees e Peres (2008) consideraram como corredores menos perturbados aqueles que apresentaram um perfil de dossel mais elevado e mais uniforme,

enquanto como corredores perturbados foram considerados aqueles que apresentaram uma sequência histórica de exploração seletiva de madeira e mortalidade de árvores, ocasionada pelos efeitos de borda.

Outra observação importante de Lees e Peres (2008) é o fato de a restrição de movimento de gado, ao longo das matas ciliares, e sua exclusão de áreas-chave ao lado de córregos desmatados permitirem a regeneração do corredor e facilitarem a restauração da conectividade.

Laurence e Laurence (1999) sugeriram que espécies de mamíferos essencialmente florestais necessitam de corredores de pelo menos 200 m de largura. Para os pequenos vertebrados tropicais (<20 kg), corredores de pelo menos 200 m a 300 m de largura poderiam ser suficientes, pelo menos para corredores de comprimento limitado (<3 km).

Segundo Lees e Peres (2008), embora a largura do corredor tenha sido, em seus estudos, o mais importante determinante de riqueza de espécies, houve ainda forte interação entre a largura e o grau de perturbação de floresta, ou seja, os corredores mais largos geralmente apresentaram-se associados a uma estrutura de dossel mais intacta.

A largura mínima de 30 m para cursos d'água mais estreitos do que 10 m, de acordo com a legislação brasileira, mostrou-se insuficiente em comparação com o limite crítico de largura de aproximadamente 400 m nos resultados de Lees e Peres (2008) para áreas em floresta tropical. Atentos à ressalva de Laurence e Laurence (1999) ao fato de que estudos aplicados em áreas de climas diferentes podem apresentar resultados diversos, poder-se-ia afirmar que, caso Lees e Peres (2008) repetissem as suas observações em área de clima temperado, poderiam encontrar outros resultados. Independente disso, Lees e Peres (2008) recomendam que, faixas ribeirinhas devem apresentar, sempre que possível, largura superior a 400 m (200 m de cada lado do curso d'água), particularmente ao longo de cursos com mais de 10 m.

Assim, mesmo em áreas de preservação permanente, localizadas ao longo de cursos d'água, com objetivo de exercer a função de corredores ecológicos, constata-se, muitas vezes, a descontinuidade de áreas florestadas, em razão da falta de cumprimento da legislação que doutrina o tema. No entanto, mesmo em áreas com as larguras de APPs em conformidade com as exigidas pela legislação, não se pode afirmar com propriedade que cumprem o papel desejado, em razão dos possíveis efeitos de borda e das peculiaridades de cada indivíduo que integra determinado sistema.

Estabilização de taludes fluviais

A importância da estabilidade de áreas situadas em encostas e de taludes fluviais tem ganhado destaque especial nos últimos anos, haja vista o aumento de acontecimentos envolvendo desastres naturais, principalmente nas áreas urbanizadas.

Segundo Denardi (2007), os taludes fluviais são áreas susceptíveis à ocorrência de perturbações, nas quais ocorrem inúmeros eventos indesejáveis, a exemplo de desmoronamentos, assoreamentos, corrosão nas margens e queda de árvores. Isto ocorre naturalmente devido à força e à direção das águas, potencializado pelas alterações inadequadas (ou negativas) na cobertura vegetal. A vegetação forma uma camada protetora entre a atmosfera e o solo (Styczen e Morgan, 1995), sendo que os benefícios de proteção ou de estabilização oferecidos pela vegetação dependem do tipo de vegetação e do tipo de processo de degradação da encosta (Araújo et al., 2005).

As funções hidrológicas e ecológicas exercidas pela vegetação que recobre taludes fluviais levaram diferentes autores ao consenso de que esta promove o tamponamento entre os cursos de água e as áreas próximas cultivadas, a recarga dos aquíferos subterrâneos por meio de canais formados no solo pelas raízes das plantas e a resistência do solo das margens de rios devido à malha formada pelas raízes (Davide et al., 2000; Carpanezzi, 2000; Soares e Perez Filho, 1997). As raízes atuam como fibras resistentes à tensão de tração, de compressão ou de cisalhamento, fazendo com que a ruptura por cisalhamento do solo envolva, necessariamente, a resistência à ruptura do sistema solo-raiz (Fiori e Carmignani, 2001).

Enquanto os componentes do sistema radicular contribuem para a resistência mecânica do solo, os componentes da parte aérea da vegetação - tronco, galhos e folhas - absorvem a energia dos agentes erosivos, que é reduzida até atingir o solo (Styczen e Morgan, 1995). Provavelmente, a intensificação dos processos de geração do escoamento direto deve contribuir para o aumento da erosão fluvial e, com certeza, a ausência da proteção mecânica que as raízes da mata ciliar oferecem às margens também contribui para a degradação (Lima, 2008).

A vegetação ripária exerce uma influência significativa sobre a geomorfologia fluvial por afetar a resistência ao fluxo de água (Hickin, 1984) - isto porque a água que flui nos cursos não está isolada à complexa interação com a área ripária (Coelho et al., 2011) - a resistência mecânica do solo em taludes, o armazenamento de sedimento, a estabilidade de leito e a morfologia do canal (Coelho et al. 2011; Hickin, 1984).

A vegetação de mata ciliar ajuda a estabilizar taludes e reduzir a erosão, visto que as raízes mantêm o solo “unido” (CRJC, 2012). Além disso, em pequenos cursos d’água, o controle da erosão pode ser satisfatório se houver a cobertura do talude com arbustos e árvores ou grama,

em uma faixa com largura em torno de 10 m, enquanto que, para a proteção dos taludes em fluxos maiores, a manutenção de 15 m de largura da faixa vegetada é suficiente (CRJC, 2012).

No entanto, de acordo com Kobiyama (2003), para que a vegetação ripária atue como estabilizadora de taludes é recomendável o estudo do perfil do solo. Entende-se, neste caso, que a análise do perfil do solo é importante para se conhecer o comportamento do sistema radicular das plantas.

Considerando-se o exposto em estudos relacionados ao serviço da vegetação ciliar como estabilizadora de margens, observa-se que devem ser considerados diversos fatores na definição da largura da faixa vegetada necessária para a estabilização de taludes fluviais, antes de afirmar que determinada largura de APP às margens de um curso d'água garantirá este serviço.

Filtro de Poluentes

O efeito direto da mata ciliar na manutenção da qualidade da água de uma microbacia tem sido demonstrado em diversos experimentos (Lima, 2008).

Estudos sobre a influência de zonas ripárias na qualidade da água demonstram sua eficiência para reduzir impactos provenientes de poluição difusa (sedimentos, nutrientes e pesticidas) e pontual, sobre corpos d'água. As práticas de restabelecimento da qualidade da água possuem como meta a redução da intensidade, da magnitude ou da frequência do distúrbio (Checchia e Guindani, 2003).

Conforme Brito et al. (2009) a falta ou a deficiência da vegetação nas margens dos rios pode aumentar a diferença no tamanho das partículas contaminantes, tendo-se a degradação da mata ciliar como o fator preponderante na contaminação do rio por sedimentos que, no geral, não são transportados pela corrente.

Os mecanismos para reduzir as alterações oriundas da poluição difusa, podem envolver o tratamento, a conversão ou a alteração prévia de substâncias antes da sua entrada nos corpos d'água (Checchia e Guindani, 2003). Algumas estratégias utilizadas são o isolamento, a remoção, a transferência e a diluição de um poluente por meio do espaço e do tempo. A habilidade que as zonas ripárias possuem de modificar, incorporar ou concentrar substâncias num sistema lótico pode ser adotada como forma viável de restaurar e manejar corpos d'água (Checchia e Guindani, 2003). Na Tabela 1, encontram-se alguns valores de largura de mata

ciliar encontrados na literatura e suas respectivas referências, para cumprir a função de filtro de poluentes.

Tabela 1: Resumo de informações referentes a alguns valores de largura de mata ciliar, encontrados na literatura e suas respectivas referências, para cumprir a função de filtro de poluentes.

Table 1: Summary information for some values of width of riparian vegetation, found in the literature and their references, to fulfill the function of filter pollutants.

Fonte	Objeto de estudo	Largura mata ciliar	Resultados e condições
Connecticut River Joint Commissions (CRJC, 2012)	Avaliar a necessidade de diferentes larguras de faixas vegetadas para remover sedimentos em função da declividade da encosta	10 m	Remoção da maioria dos sedimentos para encostas mais suaves do que 15 %
		> 10	Larguras maiores para encostas > 15% ou onde carga de sedimentos for grande
CRJC (2012)	Literatura	30 m	Remoção da maioria dos poluentes
		150 m	Para a remoção da maioria dos poluentes em solos argilosos
Coelho et al. (2011)	Avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água		Não é possível afirmar que a largura de 30 m para a APP paralela aos cursos d'água é a mais adequada A largura depende do enfoque da conservação ou, do serviço ambiental que se espera da mesma
Borin et al. (2010)	Avaliar dois sítios experimentais (3-5 anos), na região do Vêneto (Nordeste da Itália)	Faixa vegetação jovem	Redução de 33% escoamento total, nitrogênio em 44% e fósforo em 50%
		Faixa vegetação madura*	Redução de 100% de NO ₃ -N e fósforo
Borin et al. (2010)	Eficiência da faixa de proteção de vegetação como barreira útil a herbicidas	Faixa vegetação madura	Redução de 60 a 90%
Abu-Zreig et al. (2003)	Avaliar a remoção de sedimentos e nutrientes em diferentes larguras de faixas	5 m	Remoção de sedimentos, no entanto, não são tão eficazes para a remoção de Fósforo (P)
		15 m	Remoção de sedimentos e de fósforo
Large e Petts (1992)	Diferentes larguras de mata ciliar com efeito	2m a 200 m	Correlações restritas à qualidade da água, desconsiderando-se a ocupação do solo além

	tampão		da APP, a conectividade biológica e a diversidade de habitats
Pinay e Décamps (1988)	Avaliar campos agrícolas	30 m	Redução de nitratos da água do lençol freático

* As faixas de vegetação considerada madura eram compostas por uma linha de árvores (1 m de largura) e uma faixa de 5 m de grama, e apresentavam mais de 20 anos (Borin et al., 2010).

A qualidade físico-química da água é preponderantemente influenciada pelas características de ocupação do solo da zona ripária em comparação com a influência da ocupação da respectiva bacia de drenagem (Coelho et al., 2011).

Dependendo da largura e da complexidade da faixa de vegetação ciliar, 50-100% dos sedimentos e dos nutrientes que lhes são inerentes podem decantar e serem absorvidos pelas plantas ou carregados em escoamento lento da água. Faixas mais largas com vegetação florestal são, ainda, mais eficazes do que faixas estreitas e aquelas vegetadas com grama (CRJC, 2012).

Com base no exposto, conclui-se que a faixa de valores de definição sugerida para a variação da largura da faixa marginal, quando se considera a área de preservação permanente destinada a filtragem de poluentes, é bastante ampla, variando em razão de motivos semelhantes aos observados para os demais serviços, como, por exemplo: tipo e uso e cobertura da terra, declividades das vertentes, tipo de cobertura vegetal da área marginal e, especialmente, de acordo com o tipo de poluente que observa.

Infiltração da Água

A infiltração da água no solo é um processo importante da fase terrestre do ciclo hidrológico, uma vez que determina quanto de água da chuva penetra no solo e quanto esco superficialmente (Lima, 2008).

Martins e Paiva (2001) conceituaram a capacidade de infiltração como a taxa máxima com que um determinado solo pode absorver água, em uma dada condição. É um parâmetro da mais alta importância no processo de transformação de chuva em vazão. Seu valor depende do conteúdo de água no solo, permeabilidade, temperatura do solo e da profundidade da camada impermeável, grau de compactação e cobertura vegetal. A cobertura vegetal confere a melhoria nas condições de infiltração da água e na regularização do regime hídrico (Soares e Perez Filho, 1997), bem como a mitigação do hidrograma - redução de enchente e regularidade do deflúvio (Kobiyama, 2000).

Conforme Lima (2008), a cobertura vegetal é um dos importantes fatores que podem influenciar a condição superficial do solo. De fato, a presença da vegetação e da camada de material orgânico (serrapilheira) fornece proteção contra o impacto das gotas da chuva, reduzindo a compactação e a desagregação do solo. Ademais, a cobertura florestal, especialmente aquela com desenvolvimento de sub-bosque, em regiões com maior energia erosiva, tende a diminuir o transporte de sedimentos ou perda de solo, pela quebra da energia cinética das gotas de chuva, favorecendo a manutenção de taxas elevadas de infiltração (Lima, 1986). Trimble e Weitzman (1954) ratificaram essa observação, pois ao instalar pluviógrafos debaixo da copa, verificaram que, no piso florestal, a precipitação interna chegou com intensidade reduzida em até 20 %, relativamente à intensidade da precipitação incidente. Da mesma forma, corroboram dessa colocação os resultados obtidos por Rodrigues et al. (2007) ao comparar a capacidade de infiltração em quatro áreas distintas: mata nativa, área recuperada, reflorestamento e solo exposto. Conforme os mesmos autores, a taxa de infiltração é maior na mata nativa, justificada pela existência de grande quantidade de raízes de diversos diâmetros e profundidades, bem como de túneis e cavidades criados pela fauna que habita o solo.

Logo, sob condição de cobertura de floresta natural, a exemplo da área de zona ripária não antropizada, a taxa de infiltração é, normalmente, mantida em seu máximo (Lima 2008). Essas áreas auxiliam, ainda, na recarga de aquíferos subterrâneos (Hinkel, 2003). A referida recarga é definida como a infiltração descendente de água através do solo e/ou do fluxo sub-superficial lateral de unidades hidrológicas adjacentes (Bredenkamp et al., 1995).

Ao considerar outras características da vegetação ripária, Silva (2003) classificou algumas funções da zona ripária e adotou a manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações como uma delas, uma vez que a vegetação ribeirinha preserva os meandros do curso de água, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e aumentando a capacidade de infiltração de água durante as inundações. Segundo o mesmo autor, também pelo aumento da capacidade de infiltração, diminui-se a quantidade de água que chega diretamente ao rio, ou seja, reduzem-se os picos de cheia. A CRJC (2012) em estudo que reúne algumas informações a respeito de largura de faixas ripárias, afirma que, para que se tenha um efetivo controle de cheias, a vegetação ciliar deve conter mais de 60 metros a contar do leito do rio.

Ademais, Baumhardt (2010) em estudo envolvendo microbacias experimentais, observou que em bacias onde existe cobertura florestal (natural ou plantada) aliada à zona ripária com pouca ou nenhuma intervenção antrópica, há indícios de maior regularização do deflúvio e atenuação dos picos de cheia, ainda que a quantidade de água escoada no canal ao longo do

tempo seja menor em relação à bacia de campo monitorada, em função da maior evapotranspiração de bacias florestadas.

Portanto, no que se refere ao serviço de infiltração de água, pode-se concluir que, pelo fato do solo florestal apresentar, normalmente, boas condições de infiltração, qualquer área florestada constitui importante fonte de abastecimento de água para os aquíferos (Lima, 2008). No entanto, em locais onde o lençol freático é superficial (zona ripária, planícies costeiras e áreas alagadiças) a cobertura florestal provoca, pela evapotranspiração, o rebaixamento natural do lençol freático.

Perspectiva geral

A largura mínima necessária de vegetação ciliar deve fornecer os benefícios esperados, de acordo com o serviço ambiental proposto, com um custo aceitável (CRJC, 2012).

Ousa-se dizer que, sem os estudos da dinâmica que ocorre na área ripária, não há como se concluir se os “limites” ou distâncias expressos numericamente para faixas marginais são compatíveis com os “princípios” da preservação em consonância com as funções para as quais são propostos, hoje estabelecidos na legislação vigente (Hinkel, 2003).

No entanto, Metzger (2010) aduz que o conhecimento científico obtido nestes últimos anos permite não apenas sustentar os valores indicados no novo Código Florestal de 2012 em relação à extensão das áreas de preservação permanente, mas, na realidade, indicam a necessidade de expansão destes valores para limiars mínimos de pelo menos 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia.

Silva (2003) concluiu, ao revisar este assunto para seu estudo, que a grande variação das faixas para uma mesma função (diferença entre a largura mínima e máxima) dá-se em razão das diferentes metodologias empregadas e todos os outros parâmetros envolvidos na determinação: tipo de solo, tipo de vegetação, declividade, vazão do efluente etc.

Outro aspecto ressaltado pelo autor é que a maioria dos trabalhos pesquisados avalia a eficiência de faixas vegetativas sob o aspecto da redução de nutrientes. Isto pode ser explicado em virtude de que as causas mais frequentes de contaminação dos rios são as fontes difusas de poluição.

Assim, após a análise de diversos estudos sobre o tema, considera-se que se pode apenas fazer indicativos de larguras de áreas a ser mantidas vegetadas ou revegetadas em função do tipo de

serviço ambiental que se espera das mesmas, sem, entretanto, ter certezas quanto à largura adequada para atender, concomitantemente, a todos os serviços.

CONCLUSÕES

Embora existam equações de estimativa da largura mínima da faixa ripária, baseadas em parâmetros hidráulicos, ainda não há um método definitivo para o estabelecimento de largura que possibilite a proteção satisfatória do curso d'água.

Neste sentido, pode-se concluir que a fixação de largura de APP por imposição legal não condiz com às necessárias para o uso múltiplo.

Frente a estas premissas, urge a ampliação do incentivo à pesquisa, pois se observa que as variações de valores de APP para cada serviço ambiental se dão em função de uma série de fatores, dentre os quais, muitos se relacionam com características regionais, como: clima, tipos e usos tradicionais do solo, geomorfologia e, pouco ou nada com as larguras dos cursos d'águas que protegem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-ZREIG, M. et al. Phosphorus Removal in Vegetated Filter Strips. **Journal of Environmental Quality**. v. 32, March–April, p. 613-619. 2003.

ANDRADE, D. C., FASIABEN, M. DO C. R. A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos Pagamentos por Serviços Ecosistêmicos (PSE). **Revista Economia Ensaios**. v. 24, n. 1, UFU, 2009. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistaeconomiaensaios/article/view/2223/4807>. Acesso em: 12/01/2012.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ATANAZIO, R. Geoprocessamento aplicado em projeto de Pagamento por Serviços Ecosistêmicos (PSE) no município de Apucarana, PR. 2011. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE. p. 4720-4732. Disponível em: <http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p0622.pdf>. Acesso em: 13/01/2012.

AYRES, J. M. et al. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Belém, PA: Sociedade Civil Mamirauá – SCM. 2005. 256 p.

BAUMHARDT, E. **Balço hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na Região da Campanha do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Engenharia Civil), UFSM. 2010.

BOCHNER, J. K. **Serviços Ambientais Gerados pela Floresta De Mata Atlântica na Qualidade do Solo**. Monografia Curso Engenharia Florestal, Instituto de Florestas da UFRJ. Seropédica, RJ Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2007II/Julia%20Kishida%20Bochner.pdf>. Acesso em: 12/01/2012.

BORIN, M. et al. Multiple functions of buffer strips in farming areas. **European Journal of Agronomy**, n. 32, p. 103–111. 2010.

BRASIL. 2012. Lei Federal Nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 07/06/2012.

BRASIL. 2012a. Lei Federal Nº 12.727/2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm. Acesso em: 28/03/2013.

BREDENKAMP, D.B. et al. **Manual on Quantitative Estimation of Groundwater Recharge and Aquifer Storativity**. Water Research Commission, Pretoria. 1995.

BRITO, R. N. R. de et al. Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 173 – 180. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n1/a17v39n1.pdf>. Acesso em: 10/12/2011.

CÂMARA, I. G. Plano de ação para a Mata Atlântica. Roteiro para a conservação de sua biodiversidade. **Série Cadernos da Reserva da Biosfera**, Caderno n. 4, 1996. 34 p.

CARPANEZZI, A. A. Benefícios indiretos da floresta. In: GALVÃO, A. P. M. (Org) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Colombo: Embrapa Florestas, p 19-55. 2000.

CHECCHIA, T.; GUINDANI, A. A. Sustentabilidade ambiental na nona ripária: uma abordagem emergética. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. 2003. Alfredo Wagner – SC. p . 139.

COELHO, R. C. T. P. et al. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 104-117. 2011.

CRJC - Connecticut River Joint Commissions. River Banks and Buffers. Introduction to Riparian Buffers. Disponível em: <http://www.crjc.org/buffers/Introduction.pdf>. Acesso em: 18/01/2012.

DAVIDE, A. C. et al. Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 65-74, nov./dez. 2000.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – UFSM, Santa Maria.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. Influência da vegetação na estabilidade de taludes. In: **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas**: aplicações na estabilidade de taludes. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001. cap. 8, p. 295-318.

HICKIN, E.J. Vegetation and river channel dynamics. **Canadian Geographer**, v.28, p.111-126, 1984.

HINKEL, R. Vegetação ripária: funções e ecologia. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. 2003. Alfredo Wagner – S. p. 40 – 48.

KOBIYAMA, M.; SILVA, R. V. da. Uso da zona ripária na prevenção de desastres. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. 2003. Alfredo Wagner – SC. p. 102 – 111.

KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. **Revista OESP Construção**, São Paulo, Ano 5, n. 32, p. 112-117, 2000.

LARGE, A. R.; PETTS, G. E. Rehabilitation of river margins. Chap. 21. In: CALOW, P.; PETTS, G. E. (Eds.). **The river handbook hidrological and ecological principles**. Oxford: Balckwell Scientific Publications, 1992. p. 401-418.

LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F. Tropical wildlife corridors: Use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. **Biological Conservation**, 91:231-239. 1999.

LEES, A. C.; PERES, C. A. Conservation Value of Remnant Riparian Forest Corridors of Varying Quality for Amazonian Birds and Mammals. **Conservation Biology**. Volume 22, No. 2, p. 439-449. 2008.

LIMA, W. de P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciências Florestais Piracicaba – São Paulo, 2008, 253 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITAO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/ Fapesp, p. 33-44. 2004.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, S.P: Gráfica do IPEF, 1986.

MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. DIAS de. Quantidade dos Recursos Hídricos. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

MATTOS, A. D. M. de et al. Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão São Bartolomeu no Município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**. v.31 n.2 Viçosa mar./abr. 2007.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem Base Científica? **Natureza & Conservação**. 8 (1): 92-99, July 2010.

METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of South-East Brazil. **Landscape and Urban Planning**. n. 37, p. 29-35. 1997.

MILARÈ, E. Título VIII Áreas Protegidas – Capítulo I – Espaços Territoriais especialmente protegidos em sentido amplo (*LATO SENSU*) – Seção I – Área de Preservação Permanente – APP. In. **Direito do Ambiente: a gestão ambiental em foco – Doutrina, jurisprudência, glossário**. p. 740 – 747. 6. Ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais. 1343 p. 2009.

PINAY, G.; DÉCAMPS, H. The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model. **Regulated Rivers - Research & Management**, 2:507-516, 1988.

RODRIGUES, R. R. et al. (Org.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p.

RODRIGUES, G. B. et al. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, p.73-80, 2007.

SALAMENE, S. et. al. Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do Rio Guandu/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, no. 2, p. 221-231, 2011.

SGROTT, E. Fitossociologia da zona ripária no Estado de Santa Catarina. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**, 2003, Alfredo Wagner – SC. p. 14 – 39.

SILVA, R. V. da. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. 2003. Alfredo Wagner – SC. p. 74.

SOARES, P. R. de B.; PEREZ FILHO, A. Recomposição de mata ciliar em planícies de inundação – proposta metodológica. In.: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais... Viçosa**. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. UFV, 1997. p. 14-26.

STYCZEN, M. E.; MORGAN, R. P. C. Engineering properties of vegetation. In: MORGAN, R. P. C.; RICKSON, R. J. **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. London: E & FN Spon, 1995. p. 5 - 58.

TRIMBLE, Jr.; WEITZMAN G. R. S. Effect of a hardwood forest canopy on rainfall intensities. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 35, n. 2, p. 226-234, 1954.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. ESALQ/USP. v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998.

7 CONCLUSÕES

As pesquisas conduzidas para a elaboração desta tese buscaram desenvolver uma metodologia que fosse de aplicação fácil e que permitisse a identificação das condições de estabilidade dos taludes fluviais, tendo como base a observação de parâmetros bióticos, abióticos e antrópicos, bem como as interações entre os mesmos. Os estudos nortearam-se na hipótese de que variáveis intrínsecas à própria área de preservação permanente situada ao longo de cursos d'água, bem como as suas interações, seriam mais relevantes para a identificação de serviços ecossistêmicos providos por essas áreas, em especial a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, do que apenas a largura do próprio curso d'água como prevê a legislação brasileira.

A elaboração de um protocolo de avaliação rápida (PAR) para a determinação da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais (objetivo primeiro) foi realizada a partir da identificação de 7 parâmetros (vegetação, solo, trecho do curso, inclinação do talude, profundidade do solo no talude, largura do curso d'água e uso do solo) e da atribuição de pesos para definir o grau de influência de cada parâmetro na suscetibilidade à erosão. O resultado do PAR é dado a partir do somatório dos pesos dos sete parâmetros e da respectiva identificação em qual das 3 classes de suscetibilidade à erosão está cada seção de rio: “*estável*” (para resultado final do PAR de 5 a 12 pontos), de “*suscetível*” (para resultado final do PAR de 12 a 19 pontos) e, de “*instável*” (para resultado final do PAR de 19 a 26 pontos).

Das análises estatísticas realizadas para avaliar a qualidade do modelo construído, ou seja, a pertinência dos parâmetros estabelecidos no PAR e dos pesos atribuídos aos mesmos, pode-se observar que houve discriminância entre as unidades amostrais avaliadas (seções de rio), evidenciando a existência de diferenças entre elas no que se refere à suscetibilidade à erosão. Essas diferenças foram atribuídas às distinções entre as categorias de cada parâmetro observado, obtendo-se a distinção de grupos a partir de ambas as técnicas, AHA e ACP. As técnicas mostraram-se complementares para análise dos resultados, o que mostra a importância do uso conjunto para a interpretação e confirmação dos resultados.

De maneira geral, os parâmetros fundamentais que levaram à identificação de dois grandes grupos de unidades amostrais, através da AHA e da ACP, em ordem de importância, foram: solo, profundidade do solo no talude, vegetação, trecho do curso d'água e uso do solo. Os parâmetros inclinação do talude e largura do curso d'água não mostraram variação significativa de uma unidade amostral para outra. Em razão disso, não se pode identificar a

contribuição desses parâmetros no agrupamento das unidades amostrais. Quanto à largura do curso d'água, embora houvesse variação ao longo do perfil longitudinal do curso d'água, essa não pode ser discriminada, visto que as categorias estipuladas no protocolo desse estudo incluiu na mesma categoria todas as larguras abaixo de 10 m, sendo que a campo se observaram larguras de 1 m a 10 m.

Embora os parâmetros variassem a sua influência à suscetibilidade à erosão de uma unidade amostral para outra, a amplitude dos valores dos pesos de cada categoria não se mostrou grande o suficiente para que as médias diferissem estatisticamente entre si. Este fato, embora não tenha impedido a identificação dos agrupamentos, dificultou a identificação de diferenças significativas através do teste *t*.

Foram selecionados como indicadores de fragilidade à erosão, em áreas vertentes afluentes ao curso d'água, os seguintes índices fisiográficos: comprimento máximo de vertente afluente; declividade média da vertente de comprimento máximo; área de drenagem afluente acumulada; declividade média da área de drenagem afluente acumulada e; velocidade média de vertente de comprimento máximo.

Observou-se que esses indicadores de fragilidade ao serem associados às diversas características da microbacia de estudo, explicam em grande parte os resultados do PAR, conferindo maior confiabilidade à classificação obtida com o PAR, referentes aos processos erosivos da microbacia. Quanto a isso, constatou-se, no estudo de caso desta tese, que a contribuição desses indicadores de fragilidade foi mais evidente quando associados aos seguintes parâmetros do PAR: solo, trecho do rio, profundidade do solo no talude e vegetação. No entanto, essa contribuição nem sempre foi no sentido de indicar maior probabilidade de erosão, pois a ação dos indicadores foi influenciada pela sua interação com as categorias dos parâmetros avaliados no PAR, ou seja, nem sempre unidades amostrais com os maiores valores de indicadores de fragilidade mostraram-se “instável”, pois estas unidades apresentaram, por exemplo, solo rochoso e vegetação arbórea, categorias de parâmetros do PAR que atenuaram os processos erosivos.

Por fim, conclui-se que o protocolo proposto apresentou-se como uma ferramenta de avaliação rápida de córregos com características semelhantes às do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS, e útil para o zoneamento e a hierarquização de áreas prioritárias para o gerenciamento ambiental e a recuperação de áreas degradadas, especialmente aquelas ligadas a obras de engenharia natural, podendo ser difundido e aplicado, desde que adaptado às características regionais.

8 RECOMENDAÇÕES

Diante de algumas conclusões e limitações observadas ao longo da tese puderam-se formular algumas recomendações:

- o intervalo entre os pesos utilizados para distinguir a influência na suscetibilidade à erosão de taludes fluviais, para cada categoria dos parâmetros avaliados, poderia ser alterado (ampliado) de modo a melhorar a identificação de valores intermediários (categoria “suscetível”);

- a inserção de mais categorias aos parâmetros, a exemplo da textura do solo, com a inserção da textura siltosa, pode trazer uma melhor representação das áreas de estudo;

- também a subdivisão do parâmetro largura do rio, em intervalos abaixo de 10 metros pode auxiliar do entendimento do comportamento do curso d’água quando avaliado pelo PAR, sem considerar os indicadores de fragilidade de vertente;

- deve-se ter cuidado ao processar a rotina em *Python*, em especial para cursos d’água com largura superior a 30 metros, onde essa largura poderá ser maior que a largura de uma célula que compõem a área ocupada pelo rio, podendo ocorrer erro no encerramento da rotina de cálculo em *Python*, ou seja, o procedimento poderá não encontrar a célula formadora do rio ou considerar a célula errada;

- a aplicação de PARs deve estar associada, na medida do possível, com a avaliação de indicadores de fragilidade de vertentes adjacentes, a fim de fornecer um diagnóstico mais completo das condições de conservação do ambiente estudado e dos parâmetros de maior influência;

- o PAR pode estimular a participação da sociedade no sentido de que leigos podem aplicá-lo em razão da simplicidade;

- o protocolo proposto não é conclusivo, novos ajustes poderão vir a enriquecê-lo de acordo com novos objetivos, acompanhando as mudanças ambientais, ao longo do tempo, na região do Arroio Val de Buia;

- finalmente, recomenda-se a utilização de PARs pelos órgãos ambientais como instrumento de baixo custo econômico capaz de fornecer bons indicativos da suscetibilidade à erosão de taludes fluviais; bem como, ponderar a possibilidade de utilização desses parâmetros no apoio à decisão em processos de licenciamento e na definição e na atualização na legislação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNETHY, B, RUTHERFURD, I. D. **Guidelines for stabilising streambanks with riparian vegetation**. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. University of Melbourne, Parkville, Victoria. Setember, 1999.

ARAÚJO FILHO, R. N. de. **Comportamento de taludes da margem do Rio São Francisco submetida à técnica de Bioengenharia de solos**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe. 2012.

ATANAZIO, R. Geoprocessamento aplicado em projeto de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE) no município de Apucarana, PR. 2011. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE. p. 4720-4732. Disponível em: <http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p0622.pdf>. Acesso em: 13/01/2012.

BARBOUR, M.T. et al. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 1999.

BRADY, N. C.; WEIL, R. *The Nature and Properties of Soils*. 14 ed., 2008. 992 p.

BRASIL (2012). Lei Federal Nº 12.651 (Código Florestal Brasileiro). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 07/02/2014.

BRASIL (2012a). Lei Federal Nº 12.727. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm. Acesso em 07/02/2014.

BREN, L.J. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. **Journal of Hydrology**. v. 150, p. 277-299. 1993.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Rev. Bras. Rec. Hídricos**, 6: 71-82. 2001.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica, Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em 24 de abril de 2010.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W., **Applied Hydrology**, Estados Unidos: McGraw-Hill, 1988. 404 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Ed. Edgard Blücher Ltda. 1981. 313 p.

CIONEK, V. DE M.; BEAUMORD, A. C.; BENEDITO, E. **Protocolo e avaliação rápida do ambiente para riachos inseridos na região do Arenito Caiuá** – Noroeste do Paraná. Maringá: EDUEM, Coleção Fundamentum, nº 72, 47 p. 2011.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001, p. 93-148.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia** – uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia** – uma atualização de bases e conceitos. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 211-252.

CURCIO, G. R. A importância das APPs e seu aprimoramento. **Revista Opiniões**. Ribeirão Preto. n. 4. p. 11. Dez 09/Fev.2010. 2009. Disponível em: <http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=616>. Acesso em 14/01/2010.

CURCIO, G. R. **Proposta para legislação brasileira: APP fluvial**. 2009a. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: http://www.senado.gov.br/sf/comissoes/cas/ap/ano-de-2009/AP20090429_APRESENTA%C3%87%C3%83Oappfluvial-Gustavo.pdf. Acesso em: 15/02/2012.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo de cursos de água**. Porto Alegre: EST, 2005. 189 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1), 1997. 212 p.

FLANAGAN, D.C. et al. Simplified equations for filter strip design. Transactions of the ASAE, n.32 (6): p. 2001-2007. 1989.

FRIEDHEIN, J. A. **Silveira Martins, Berço da Quarta Colônia**. Disponível em: <http://silveiramartins.rs.gov.br/silveira-martins-berco-da-quarta-colonia/>. Acesso em 05/12/2013.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2012, p. 149-209.

HAIR, JR., J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 5 ed. 2005. 593 p.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V.VH. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **J. North Am. Benthol. Soc.**, 16: 853-860.

IBAMA, SEMA, IAP. Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP Nº 005, de 28 de março de 2008. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_CONJUNTA_IBAMA_SEMA_IAP_005_2008.pdf. Acesso em 26/02/2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=432065&search=rio-grande-do-sul|silveira-martins|infograficos:-historico>. Acesso em: 05/12/2013.

KAMPF et al. Metodologia para classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da disposição final de resíduos. **Fepam em Revista**, Porto Alegre, v.2, n.1, p.11-17, jan./dez. 2008.

LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F. Tropical wildlife corridors: Use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. **Biological Conservation**, 91:231-239. 1999.

LEES, A. C.; PERES, C. A. Conservation Value of Remnant Riparian Forest Corridors of Varying Quality for Amazonian Birds and Mammals. **Conservation Biology**. Volume 22, No. 2, 439-449. 2008.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 178 pg.

LINDNER, E. A.; SILVEIRA, N. de F. Q. da. A legislação ambiental e as áreas ripárias. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. 2003. Alfredo Wagner – SC. p. 49-63.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004. 110 p.

MAZIERO, E. **Histograma tempo/área geoprocessado: uso em Modelo chuva-vazão concentrado**. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos – princípios, integração e aplicação**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem Base Científica? **Natureza & Conservação**. 8 (1): 92-99, July 2010.

MILARÈ, E. Título VIII Áreas Protegidas – Capítulo I – Espaços Territoriais especialmente protegidos em sentido amplo (*LATO SENSU*) – Seção I – Área de Preservação Permanente – APP. In. **Direito do Ambiente: a gestão ambiental em foco – Doutrina, jurisprudência, glossário**. p. 740 – 747. 6. Ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais. 1343 p. 2009.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. **Health and Environmental Journal**, v. 5, n. 2, 21-27. 2004.

MIOLA, A. C. **Planejamento para comunidades rurais em situações de enchentes**. 2013. 216 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

NEUMANN, P. S. **As Estratégias dos Agricultores Familiares e o Desenvolvimento Sustentável Na Região Central do RS.** Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/12/100458.pdf>. Acessado em 21/02/2014.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS.** 2008, 87 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish.** EPA/440/4-89/001. Office of Water Regulations and Standards, US Environmental Protection Agency, Washington, DC. 1989.

PORTO, M. L. Os campos sulinos: sustentabilidade e manejo. **Ciência & Ambiente.** Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 119-138, jan./jun. 2002.

QUADROS, F. L. F. de; PILLAR, V. de P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente.** Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 109-118, jan./jun. 2002.

RODRIGUES, A. S. de L.; MALAFAIA, G, CASTRO, P. de T. A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. **Saúde e Biol.**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 26-42, jan./jul. 2010.

RODRIGUES, A. S. de L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Universidade Federal de Ouro preto. 2008. 118 f.

RODRIGUES, A. S. DE L.; CASTRO, P. DE T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 13, n.1, p. 161-170, jan/mar. 2008.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas.** 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SANTANA, N. M. P. de; CASTRO, S. S. de; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso e cobertura da terra e relação com focos erosivos lineares na alta bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, **19** (2): 103-121, dez. 2007.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293 p.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência & Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 57-68, jul./dez. 2000.

SCHWARZBOLD, A. Teorias ecológicas dos rios. **Ciência & Ambiente**, v. 41, n. 2, p. 5-20, jul./dez. 2010.

SERIGATTO, E. M. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Sepotuba – MT.** Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, julho de 2006. 188 f.

SILVA, R. V. da. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. **Anais... I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias.** 2003. Alfredo Wagner – SC. p. 74.

SOIL CONSERVATION SERVICE-SCS. **Hydrology, supplement A:** section 4 of Engineering Handbook, USDA. [S.l.:s.n.], 1957.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. Ed. Porto Alegre – Emater/RS-ASCAR. 2008. 222 p.

SUTILI, F. J. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil:** espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática. 2007. 95 f. Tese de Doutorado (Instituto de Bioengenharia de Solos e Planejamento da Paisagem) - Universidade Rural de Viena, Viena, Áustria.

SUTILI, F. J. **Bacia hidrográfica do Arroio Guarda-Mor:** características e proposições para o manejo dos cursos de água. Monografia (Curso de Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2001. 72 p.

SUTILI, F.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. Hidrografia de Santa Maria. **Ciência e Ambiente/Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, v. 1, n.38, p. 79-92, jan/jun 2009. ISSN 1676-4188.

SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de curso de água. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 13-20, jun. 2004.

TELES, H. F. **Bioindicadores e parâmetros abióticos dos recursos hídricos da Serra de Itabaiana – Sergipe**. São Cristóvão, 2012. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 107 f. Disponível em: http://bdtd.ufs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=926. Acesso em 10/12/2013.

TRICART, J. Os tipos de leitos fluviais. **Notícia Geomofológica**, Campinas, v. 4, n. 11, p. 41-49, 1966.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 1, p. 161-168, Jan/Mar 2012.

VIERA, E.G.; ROVANI F.F.M. uso da terra em Silveira Martins: uma nova perspectiva ou possibilidade por meio das geotecnologias. **Anais...** Encontro de Geógrafos de América Latina. Montevideo Uruguay. 2009. Disponível em: http://egal2009.easyplanners.info/buscar.php?id_tl=3347#>. Acesso em: 30 de maio 2011.

WERLANG, M. K., et al. Trabalho de campo em geomorfologia: visualização de formas de relevo, solos e dinâmica erosiva na topossequência desde a depressão periférica sul-riograndense até o rebordo do planalto (planaltos e chapadas da bacia sedimentar do Paraná) em Santa Maria-RS/Silveira Martins-RS (Nota Técnica). **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 1826, jul./dez. 2010.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental**: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas naturais. 1998, 113 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZANCOPE, M. H. de C. **Riscos e danos ambientais no contexto da geomorfologia fluvial**, 2011, p. 328. In: GUIMARÃES, S. T. DE L.; CARPI JUNIOR, S.; BERRÍOS, M. B. R.; TAVARES, A. C. **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais** [recurso eletrônico] / - Rio Claro: IGCE/UNESP/RIO CLARO, 2012. 406 p.

APÊNDICES

Apêndice A - Questionário aplicado a pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento.

Questionário / Entrevista

Autora: Josita Soares Monteiro

Orientadora: Jussara Cabral Cruz

*Obrigatório

Nome do entrevistado:

Instituição: *

1 - Autoriza que estas informações sejam utilizadas como referências na tese, bem como, caso julgemos necessário, apresentá-las nos anexos do documento? *

Sim

Não

2 - Autoriza que sua identidade seja divulgada em associação às informações fornecidas como referência na tese? *

Sim

Não

3 - Em sua opinião o parâmetro utilizado pela Legislação Brasileira (Lei Federal 12.651/2012) para a determinação da largura de área de preservação permanente (APP) a ser mantida ao longo do curso de água é o mais adequado, ou seja, a largura do curso de água é fator preponderante na definição das APPs? *

Sim

Não

4 - Em caso de resposta afirmativa na questão nº 3, está de acordo com a ideia de que o aumento da largura do curso d'água é proporcional ao aumento dos problemas marginais, ou seja, maior será a suscetibilidade de erosão o talude fluvial?

- Sim
- Não

5 - Em seguida, serão apresentados diversos fatores, os quais julgamos serem pertinentes para a definição da largura da APP ao longo dos cursos d'água. No entanto, gostaríamos de obter a sua opinião quanto à relevância dos mesmos no que tange à influência sobre a suscetibilidade de erosão de um talude fluvial. Para tanto, pede-se que a avaliação se dê utilizando uma nota (peso) a cada fator. Os pesos devem ser atribuídos dentro de uma escala de 0 (zero) a 4 (quatro), cuja descrição e significado encontram-se abaixo: *

Peso 0 (zero) = sem influência. Significa que determinado fator não aumenta, nem diminui a suscetibilidade de erosão do talude fluvial.

Peso 1 (um) = influência fraca. Significa que a presença desse fator torna fraca a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.

Peso 2 (dois) = influência moderada. Significa que a presença desse fator torna moderada a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.

Peso 3 (três) = influência forte. Significa que a presença desse fator torna forte a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.

Peso 4 (quatro) = preponderante. Significa que determinado fator é o principal a ser observado, ou seja, é o fator, que em qualquer situação exercerá influência sobre a erosão do talude fluvial.

	0	1	2	3	4
Fatores Bióticos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fatores Abióticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fatores Antrópicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6 - Utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, avalie a subdivisão para o fator biótico (observado apenas quanto à vegetação). *

	0	1	2	3	4
Vegetação Arbórea	<input type="radio"/>				
Vegetação Arbustiva	<input type="radio"/>				
Vegetação Herbácea	<input type="radio"/>				
Vegetação Gramínea	<input type="radio"/>				
Vegetação inexistente (ou solo exposto)	<input type="radio"/>				

7 - Utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, avalie a subdivisão para os fatores abióticos. *

	0	1	2	3	4
Solo	<input type="radio"/>				
Trecho do curso d'água	<input type="radio"/>				
Inclinação do talude	<input type="radio"/>				
Profundidade do solo no talude	<input type="radio"/>				
Largura do curso d'água	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente adjacente ao curso d'água	<input type="radio"/>				
Comprimento da vertente adjacente ao curso d'água	<input type="radio"/>				

8 - Utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, como forma de ampliar o entendimento, avalie a subdivisão mais detalhada dos fatores abióticos. *

	0	1	2	3	4
Solo Rochoso	<input type="radio"/>				

	0	1	2	3	4
Solo Argiloso	<input type="radio"/>				
Solo Arenoso	<input type="radio"/>				
Trecho do curso d'água Retilíneo	<input type="radio"/>				
Trecho do curso d'água interno da curva	<input type="radio"/>				
Trecho do curso d'água externo da curva	<input type="radio"/>				
Inclinação do talude $\leq 30^\circ$	<input type="radio"/>				
Inclinação do talude $> 30^\circ$ e $< 90^\circ$	<input type="radio"/>				
Inclinação do talude 90° (inclui-se nessa faixa os taludes “solapados”)	<input type="radio"/>				
Profundidade do solo no talude < 50 cm	<input type="radio"/>				
Profundidade do solo no talude 50 a 100 cm	<input type="radio"/>				
Profundidade do solo no talude 100 a 150 cm	<input type="radio"/>				
Profundidade do solo no talude > 150 cm	<input type="radio"/>				
Largura do curso d'água (m) ≤ 10	<input type="radio"/>				
Largura do curso d'água (m) Entre 10 e 50	<input type="radio"/>				

	0	1	2	3	4
Largura do curso d'água (m) Entre 50 e 200	<input type="radio"/>				
Largura do curso d'água (m) Entre 200 e 600	<input type="radio"/>				
Largura do curso d'água (m) > 600	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente (graus) 0 a 3	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente (graus) 3 a 8	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente (graus) 8 a 20	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente (graus) 20 a 45	<input type="radio"/>				
Declividade da vertente (graus) > 45	<input type="radio"/>				

9 - Utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, avalie a subdivisão para os fatores antrópicos. *

	0	1	2	3	4
Agricultura	<input type="radio"/>				
Pastagem ou campo nativo (usado para pecuária)	<input type="radio"/>				
Floresta plantada	<input type="radio"/>				
Área construída (no meio rural)	<input type="radio"/>				

	0	1	2	3	4
Área urbana	<input type="radio"/>				
Área alagada (açudes e barragens)	<input type="radio"/>				

10 - Caso identifique alguma outra variável que possa ser inserida na relação acima, por favor, cite e justifique a indicação.

Apêndice B - Planilha de campo.

Ponto N°:	Coordenadas do ponto:		Descrição:						
PARÂMETRO		Situação no ponto		PARÂMETRO		Situação no ponto		Velocidade da água com micromolinetete (n° de rotações/minuto)	
		Margem Direita	Margem Esquerda			Margem direita	Margem Esquerda		
Trecho do curso	retilínea			Uso atual do solo	Agricultura			tempo (min.)	n° de rotações
	raio interno da curva				Pastagem ou campo				
	raio externo da curva				Floresta plantada				
Largura do rio (m)	≤ 10				Área constr. (rural)				
	Entre 10 e 50				Área urbana				
	Entre 50 e 200			Açudes e barragens					
	Entre 200 e 600			s/ regeneração					
	> 600			c/ regeneração					
Altura do talude (m)				s/serrapilheira					
Solo	rochoso			c/serrapilheira					
	argiloso			pisoteio					
	arenoso			Relevo					
Profundidade do solo no talude (cm)	< 50			Drenagem					
	50 a 150			Sinais de erosão					
	100 a 150			Pedregosidade					
	> 150			Rochosidade					
Inclinação do talude	≤ 30°			Complexidade do terreno					
	> 30° e < 90°			(há variações de solos em curto espaço ou há irregularidade do terreno?)					
	90°			OBS:					
Vegetação	arbórea								
	arbustiva								
	herbácea								
	gramínea								
	inexistente (solo exposto)								

Apêndice C - Exemplo da Questão 6 - Utilizando a mesma escala de pesos da questão 5, avalie a subdivisão para o fator biótico (observado apenas quanto à vegetação).

Peso	Vegetação Arbórea				Vegetação Arbustiva				Vegetação Herbácea				Vegetação Gramínea				Vegetação Inexistente			
	FA(np)	FR(%)	gnp	gnpx np	FA(np)	FR(%)	gnp	gnp x np	FA(np)	FR(%)	gnp	gnp x np	FA(np)	FR(%)	gnp	gnp x np	FA(np)	FR(%)	gnp	gnp x np
0	5	27,8	6	30	3	16,7	4	12	0	0	1	0	0	0,0	1	0	0	0,0	1	0
1	3	16,7	4	12	5	27,8	6	30	3	16,7	4	12	3	16,7	4	12	1	5,6	2	2
2	5	27,8	6	30	6	33,3	7	42	9	50,0	10	90	5	27,8	6	30	0	0,0	1	0
3	3	16,7	4	12	3	16,7	4	12	6	33,3	5	30	10	55,6	11	110	2	11,1	3	6
4	2	11,1	3	6	1	5,6	2	2	0	0	1	0	0	0,0	1	0	15	83,3	16	240
Total	18	100	23	90	18	100	23	98	18	100	21	132	18	100	23	152	18	100	23	248
MP	4				4				6				7				11			