UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUACAO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL E SUA RELAÇÃO COM OS COMPONENTES DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ – OESTE DO RS/ BRASIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paula Mirela Almeida Guadagnin

Santa Maria, Rio Grande do Sul
2015

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL E SUA RELAÇÃO COM OS COMPONENTES DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ – OESTE DO RS/ BRASIL

Paula Mirela Almeida Guadagnin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGGeo), Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Romario Trentin

Santa Maria, RS, Brasil
2015

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL E SUA RELAÇÃO COM OS COMPONENTES DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ – OESTE DO RS/ BRASIL

elaborada por
Paula Mirela Almeida Guadagnin

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Romario Trentin, Dr.
(Presidente/Orientador)

Fabiano da Silva Alves, Dr.
(Coorientador/URCAMP)

Anabela Silveira de Oliveira Deble, Dr. (URCAMP)

Luiz Eduardo de Souza Robaina, Dr.(UFSM)

Santa Maria, 13 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

- A minha família, especialmente aos meus pais Paulo e Lurdes pelo apoio, ensinamentos, palavras acolhedoras e de incentivo, sobretudo nos momentos difíceis.

- Ao Fabiano pelo companheirismo, carinho, paciência e grande incentivo para iniciar esta etapa de minha vida profissional, bem como apoio para seguir em frente nos momentos de crise.

- Ao professor Romario Trentin, pela orientação, amizade, paciência e grande dedicação nos trabalhos, que contribuíram para meu crescimento profissional.

- Ao professor Fabiano da Silva Alves, coorientador do trabalho, pelas valiosas contribuições e apoio no desenvolvimento deste.

- Ao professor Robaina por contribuir durante o desenvolvimento dos trabalhos, sempre disposto a auxiliar e dar sugestões enriquecedoras.

- Aos professores Anabela Silveira de Oliveira Deble, Luis Eduardo de Souza Robaina e Adriano Figueiró, por se disponibilizarem a avaliar este trabalho, contribuindo para a sua melhor qualificação.

- Aos demais professores do PPGGeo pelos conhecimentos compartilhados durante as disciplinas.

- Ao colega Anderson Sccoti, sempre disposto a ajudar, explicar, apoiar e prontamente atender aos muitos pedidos: “Anderson, tu pode me ajudar aqui no...”.

- Aos demais colegas do LAGEOLAM, pela receptividade e agradável convívio durante o curso.

- A querida Débora, pelo carinho e amizade prestados nas agradáveis acolhidas durante as idas a Santa Maria.

- Ao Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, por tornar viável a realização do curso e aos colegas do campus São Miguel do Oeste, pelo incentivo e apoio.

- Aos amigos e amigas de nosso conviver diário, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

- A Universidade Federal de Santa Maria pela possibilidade de realização do mestrado em uma instituição pública de qualidade.

RESUMO
Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL E SUA RELAÇÃO COM OS COMPONENTES DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ – OESTE DO RS/ BRASIL

AUTORA: Paula Mirela Almeida Guadagnin
ORIENTADOR: Romario Trentin
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 13 de fevereiro de 2015.

Este trabalho busca demonstrar a relação existente entre a distribuição das tipologias de vegetação florestal e as formas e componentes do relevo na bacia hidrográfica do arroio Caverá (BHAC), na região oeste do Rio Grande do Sul, como subsídio à discussão da dinâmica floresta-campo na referida região, utilizando para tal, variáveis geomorfométricas extraídas de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e mapa de vegetação gerado através do SIG ArcGIS 10 desenvolvido pela ESRI, 2013, com o uso de imagens Landsat 8 OLI. Este estudo demonstrou que o relevo, através de seus componentes, exerce grande influência na distribuição e avanço da vegetação florestal em região predominantemente campestre, como é o caso da área de estudo. A bacia hidrográfica do arroio Caverá, possui em seu relevo, uma área distinta da predominância de colinas de ondulamento suave da região, que conhecida como Serra do Caverá, apresenta colinas onduladas e fortemente onduladas, com declividades maiores que 15% e altitudes que chegam a mais de 300 metros. Nestas porções da bacia, a vegetação florestal, principalmente dos capões-de-mato e matas de encosta, tem sua ocorrência mais intensa, fato este que pode também ser explicado pelos resultados obtidos neste estudo. Através da análise dos cruzamentos e trabalhos de campo realizados na bacia, pôde-se observar que as concavidades do terreno favorecem, principalmente, o desenvolvimento dos capões-de-mato, cujos indivíduos avançam sobre as encostas dos morros e morrotes geralmente através das porções convergentes do relevo, onde há maior concentração da água, por vezes formando canais de drenagem. Após seu estabelecimento na encosta os indivíduos constituintes dos capões-de-mato dissipam-se também através dos contatos entre as rochas vulcânicas e areníticas, esta dinâmica ocorre de forma constante até a formação das matas de encosta. As técnicas de SIG utilizadas para o estudo revelaram-se adequadas e permitiram o cruzamento de parâmetros de relevo e vegetação, demonstrando uma importante associação, em especial relacionado às condições de declividade das encostas e da concentração de água.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Vegetação florestal; Geomorfologia; Oeste do RS.

ABSTRACT

Master's thesis
Graduate Program in Geography
Federal University of Santa Maria

CHARACTERIZATION AND MAPPING OF FOREST VEGETATION AND ITS RELATIONSHIP WITH RELIEF COMPONENTS IN THE HIDROGRAPHIC BASIN OF THE CAVERÁ STREAM – WEST OF THE RS STATE/ BRAZIL

AUTHOR: Paula Mirela Almeida Guadagnin
ADVISER: Romario Trentin
Defense Place and Date: Santa Maria, February 13nd, 2015.

This paper stresses the existing relationship between the distribution of forest vegetation typologies and forms and relief componentes in the hidrographic basin of the Caverá stream, in the West of the Rio Grande do Sul state, as a subsidy to the discussion of dynamics forest-grassland in that region, using for that geomorphometric variables extracted from SRTM data (Shuttle Radar Topography Mission) and map of vegetation generated through the GIS ArcGIS 10 developed by ESRI, 2013, utilizing images Landsat 8 OLI. This study demonstrated that the relief, through their components, exerts great influence on the distribution and advancement of forest vegetation in predominantly grassland region such as the study area. The hydrographic basin of the Caverá stream, has in its relief, a distinct area of the predominance of the region hills surrounding smooth, that known as Serra do Caverá, has rolling hills and strongly corrugated, with higher declivities that 15% and elevations that reach more than 300 meters. In these portions of the basin, the forest vegetation, principally for capons-of-woods and slopes forests has its most intense occurrence, fact that can be explained by the results obtained in this study. Through the analysis of overlaps and field work in the basin, it was observed that terrain concavities favor, mainly the development of capons-of-wood, whose individuals advanced by the hillsides of hills and morrotes usually through the converging portions of the relief, where there a greater concentration of water, sometimes forming drainage channels. After their establishment on the hillside constituent individuals capons-of-country dissipate also through contacts between volcanic and sandstone rocks, this dynamic occurs constantly until the formation of the slopes forests. The GIS techniques used to study have proved to be appropriate and have allowed the crossing of parameters of the relief and vegetation, demonstrating a important association, especially related to conditions of declivities of slopes and the concentration of water.

Keywords: Hodrographic basin; Forest vegetation; Geomorphology; West of RS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...13
Figura 2 – Mapa da Vegetação Sul-Brasileira, elaborado por Lindman..... ..17
Figura 3 – Mapa Fitogeográfico do Rio Grande do Sul, produzido por Rambo... ...20
Figura 4 – Mapa de províncias Biogeográficas da América do Sul, produzido por Cabrera e Willink..... ...22
Figura 5 – Mapa de regiões fitoecológicas elaborado por Veloso e Góes-Filho.. ...24
Figura 6 – Mapa Fitogeográfico do Estado do Rio Grande do Sul, elaborado por Reitz, Klein e Reis..... ...26
Figura 7 – Localização da área da bacia hidrográfica do arroio Caverá nas bacias hidrográficas dos rios Ibirapuitã e Ibicuí..... ...36
Figura 8 – Localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá no Mapa Geológico do Rio Grande do Sul – CPRM..... ...38
Figura 9 – Localização da área da bacia hidrográfica do arroio Caverá no Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Ibicuí..... ...39
Figura 10 – Fluxograma apresentando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas..... ...47
Figura 11 – Imagens de satélite de duas porções do curso principal do arroio Caverá..... ...52
Figura 12 – Mapa hidrográfico da bacia do arroio Caverá..... ...53
Figura 13 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...55
Figura 14 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...58
Figura 15 – Mapa de orientação de vertentes da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...60
Figura 16 – Mapa morfológico da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...62
Figura 17 – Áreas com relevo plano a suavemente ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...63
Figura 18 – Áreas com relevo ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá ...63
Figura 19 – Áreas com relevo fortemente ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...64
Figura 20 – Mapas das unidades geomorfométricas I a VI da bacia hidrográfica do Arroio Caverá..... ...68
Figura 21 – Mapas das unidades geomorfométricas VII a XII da bacia hidrográfica do Arroio Caverá..... ...70
Figura 22 – Mapa litológico da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...73
Figura 23 – Rocha vulcânica formando uma delgada camada de cerca de 1,5m em topo de morrote de arenito..... ...74
Figura 24 – Morrote de arenito com topo vulcânico..... ...75
Figura 25 – Depósitos recentes no curso principal do arroio Caverá..... ...76
Figura 26 – Mapa da vegetação florestal da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...77
Figura 27 – Fotografia da mata ciliar do arroio Caverá..... ...78
Figura 28 – Fotografias mostrando os núcleos florestais formados pelos capões-de-mato..... ...81
Figura 29 – Imagem de satélite e fotografia mostrando a forma como se estabelecem os capões-de-mato..... ...90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem da orientação das vertentes na bacia do arroio Caverá..... 59
Gráfico 2 – Relação entre as unidades geomorfométricas e a mata ciliar na bacia do arroio Caverá..... 84
Gráfico 3 – Relação entre a mata ciliar e as classes de declividade na bacia do arroio Caverá..... 85
Gráfico 4 – Relação entre a mata ciliar e o plano de curvatura das vertentes na bacia do arroio Caverá..... 85
Gráfico 5 – Relação entre as unidades geomorfométricas e os capões-de-mato e matas de encosta na bacia do arroio Caverá..... 86
Gráfico 6 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e as classes de declividade da bacia do arroio Caverá..... 88
Gráfico 7 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e o plano de curvatura das vertentes da bacia do arroio Caverá..... 88
Gráfico 8 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e o perfil de curvatura das vertentes da bacia do arroio Caverá..... 89
Gráfico 9 – Relação entre as orientações das vertentes e a distribuição dos capões-de-mato e matas de encosta na bacia do arroio Caverá..... 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das informações básicas para a determinação das unidades geomorfométricas..... ...46
Tabela 2 – Dados morfométricos da rede de drenagem do arroio Caverá..... ...51
Tabela 3 – Intervalo das classes hipsométricas e respectivas áreas..... ...54
Tabela 4 – Classes de declividade das vertentes na bacia e respectivas Áreas..... ...56
Tabela 5 – Características das formas do relevo na bacia do arroio Caverá.... ...61
Tabela 6 – Descrição geral das unidades geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Caverá..... ...66
Tabela 7 – Listagem das espécies da mata ciliar do arroio Caverá..... ...78
Tabela 8 – Listagem das espécies dos capões-de-mato e matas de encosta da bacia do arroio Caverá..... ...82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 14
2.1 Estudos da Dinâmica da Vegetação Natural do Rio Grande do Sul..... 14
2.2 Metodologias para Mapeamento da Cobertura Vegetal na Região Sul do País..... 29
2.3 O Relevo nos Estudos Geomorfológicos..... 32
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 36
3.1 Geologia..... 36
3.2 Geomorfologia..... 38
3.3 Clima..... 40
3.4 Solos..... 42
3.5 Uso e ocupação do solo..... 43
4 METODOLOGIA..... 44
4.1 Análise do Meio Físico..... 44
4.2 Análise da vegetação..... 47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 50
5.1 Análise do Meio Físico..... 50
5.1.1 Análise da rede de drenagem..... 50
5.1.2 Atributos do relevo..... 54
5.1.2.1 Hipsometria..... 54
5.1.2.2 Declividade..... 56
5.1.2.3 Orientação de vertentes..... 59
5.1.2.4 Mapa Morfológico..... 61
5.1.2.5 Unidades de Relevo – Compartimentação Geomorfométrica..... 64
5.1.3 Análise das características litológicas..... 72
5.1.3.1 Rochas vulcânicas..... 74
5.1.3.2 Rochas areníticas..... 74
5.1.3.3 Depósitos recentes..... 75
5.2 Análise da Vegetação..... 76
5.2.1 Matas ciliares..... 76
5.2.2 Capões-de-mato e Matas de encosta..... 81
5.3 Relação entre a Vegetação Florestal e as Formas e Componentes do Relevo..... 83
5.3.1 Matas ciliares..... 83
5.3.2 Capões-de-mato e Matas de encosta..... 86
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 95

1 INTRODUÇÃO

A definição de estratégias de gestão dos recursos naturais a partir de bacias hidrográficas é fundamental para a compreensão do funcionamento do ecossistema como um todo integrado. Esta ferramenta serve de subsídio para decisões políticas e administrativas frente a questões que busquem o desenvolvimento social e econômico sem causar danos aos recursos naturais da região.

A maior parte da vegetação natural na região oeste do estado do Rio Grande do Sul encontra-se alterada e sobre forte influência das ações antrópicas, visto que nos últimos anos tem se intensificado o uso agrícola do solo, bem como a expansão da silvicultura, ações que transformam drasticamente o aspecto natural da vegetação, restando, então, poucos e reduzidos locais onde a vegetação natural ainda apresenta traços originais.

Tal descaracterização foi referenciada por Ab'Saber (2012) que destacou a retirada da "vegetação chaquenha e de pradarias mistas" para o estabelecimento de cultivos agrícolas. O autor considera:

> Pradarias mistas, com floretas-galeria subtropicais, recobriam grandes espaços da Campanha Gaúcha. Arrozais intermináveis foram implantados em todas as planícies das depressões sul-riograndenses, enquanto, recentemente, a soja prolifera intensamente na paisagem agrária das áreas de basalto decomposto, situadas a oeste e a nordeste de Alegrete, assim como nas terras pretas de Bagé (AB'SABER, 2012, p. 106).

Frente a esta realidade, o presente trabalho visa estudar e mapear áreas onde a vegetação natural ainda é preservada, com a finalidade de ampliar o conhecimento acerca das riquezas e endemismos da flora regional e seus vínculos com o ambiente físico, contribuindo assim com a geração de subsídios que possam servir não apenas a futuros estudos científicos, mas também como referência às políticas públicas voltadas as questões de gestão e conservação dos recursos naturais. Isto posto, o trabalho torna-se de extrema importância uma vez que tais locais certamente, em um futuro próximo, serão descaracterizados pela ação antrópica que intensifica-se na região.

O uso da unidade “bacia hidrográfica” como área de trabalho motiva-se a partir do conceito de Botelho (1998, apud Alves *et al*, 2010) que a define como uma célula natural, que permite o reconhecimento e estudo das relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que agem em sua esculturação. Constituindo-se, desta forma, em uma unidade natural propícia à realização de estudos da relação da vegetação natural com o meio físico.

O mapeamento é um instrumento imprescindível para a gestão do espaço, pois define as potencialidades e fragilidades de áreas, como por exemplo a existência de raridades e endemismos da biodiversidade vegetal que devem ser preservadas e valorizadas, áreas vulneráveis a processos erosivos, que necessitam de manejo específico, bem como áreas naturais com potenciais turísticos.

Estudos da vegetação na região oeste do Rio Grande do Sul têm sido desenvolvidos, de forma específica, por alguns pesquisadores, como Marchiori (2004), Alves (2008 e 2012) e Deble (2011) que em seus trabalhos descrevem a ocorrência de espécies raras e endêmicas. Destaca-se o trabalho de Alves (2008) que ao descrever a vegetação ocorrente em “morrotes de arenito” na região oeste do estado destaca a ocorrência de nanofanerófitas, suculentas e microfanerófitas xerófilas, inclusive espécies raras e endêmicas.

A bacia hidrográfica do arroio Caverá, por estar localizada na mesma região geográfica, apresenta-se como área com potencial de ocorrência de tais espécies. Todavia não foram, até então, realizados estudos detalhados da vegetação na referida área, o que evidencia a carência de informações a respeito da distribuição da vegetação florestal na bacia do arroio Caverá.

Outra característica que desperta interesse na realização deste trabalho, consiste no fato de que uma considerável parte da bacia hidrográfica apresenta características naturais, ou seja, a intervenção antrópica nesta área não apresenta-se de forma tão intensa, o que possibilita a realização de uma melhor caracterização das tipologias fisionômico-florísticas de vegetação florestal.

Desta forma, teve-se como principal objetivo o mapeamento e caracterização fisionômico-florística da vegetação florestal, bem como sua correlação com os componentes do relevo na bacia hidrográfica do arroio Caverá. E como objetivos específicos: i) Analisar as condições do meio físico da bacia, com intuito de reconhecer e diferenciar unidades, com base nas características do relevo, do

substrato rochoso e da rede hidrográfica; ii) Elaborar mapa da bacia, com as distintas unidades morfológicas e geomorfométricas reconhecidas, a fim de servir de base geográfica para o posterior mapeamento da vegetação; iii) Analisar e classificar os diferentes tipos fisionômicos de vegetação florestal existentes na bacia; iv) Realizar levantamento florístico nas distintas tipologias fisionômicas de vegetação florestal previamente definidas; v) Correlacionar as tipologias fisionômico-florísticas de vegetação florestal previamente definidas com os componentes do relevo; vi) Elaborar mapa de vegetação florestal da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

A bacia hidrográfica do arroio Caverá (BHAC), localiza-se na região oeste do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Alegrete e Rosário do Sul, sendo cruzada pelas rodovias BR-290 e VRS-306, conforme figura 1.

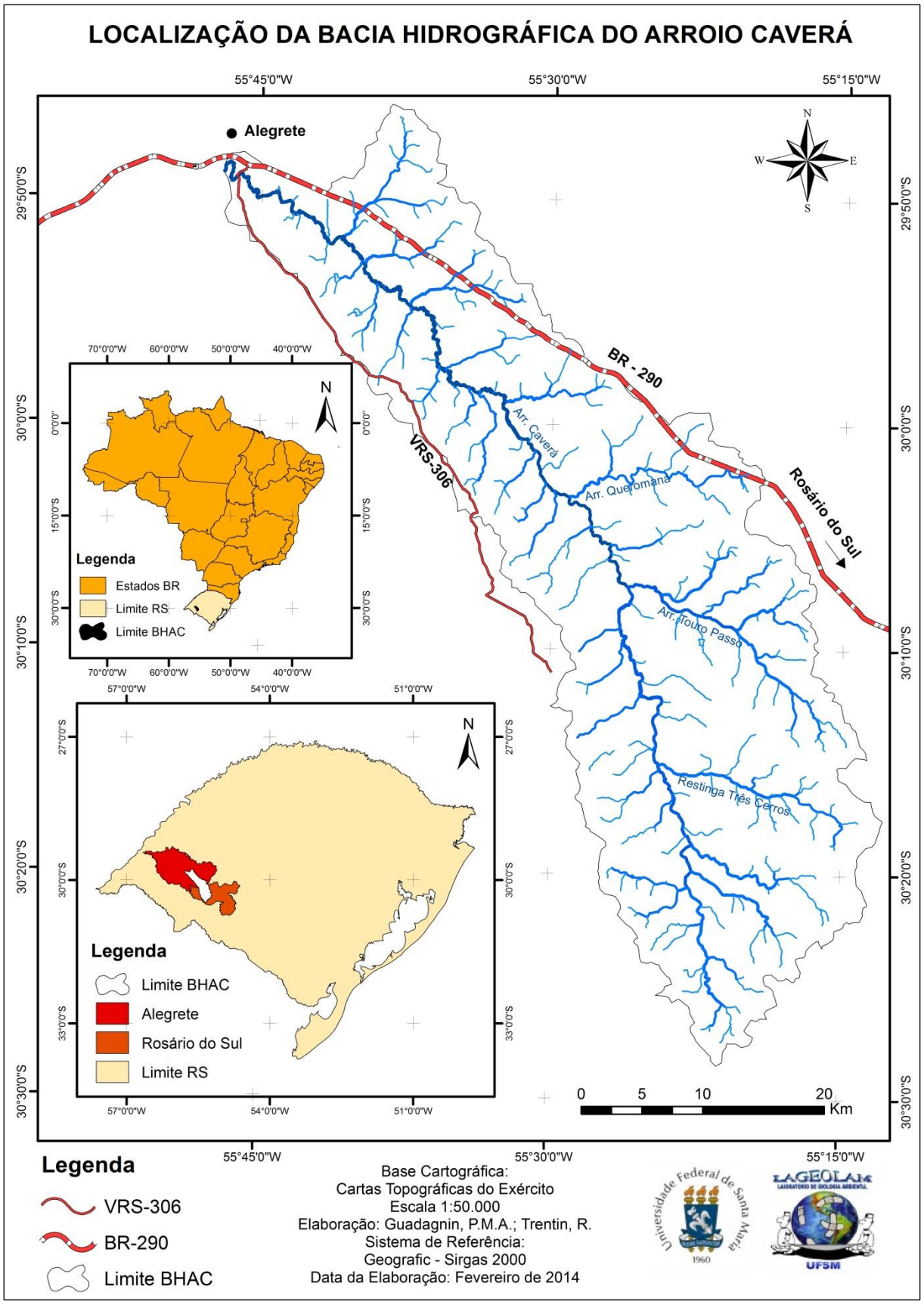

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A distribuição da vegetação natural na superfície terrestre é objeto de estudo de várias áreas e sub-áreas do conhecimento, como a botânica e, principalmente, a fitogeografia. Tais estudos, no território sul-rio-grandense, iniciaram no período dos viajantes naturalistas, no século XIX, com contribuições como as de Auguste de Sain-Hilaire entre 1820-1821, Robert Avé-Lallemant em 1858, Hermann von Ihering em 1880 e, destacadamente, Carl Axel Magnus Lindman entre 1892-1893 (ALVES *et al*, 2010).

Mais recentemente, outros trabalhos se destacam no estudo da vegetação no Estado do Rio Grande do Sul, como *A Fisionomia do Rio Grande do Sul*, de Balduíno Rambo (1956), e também os estudos da vegetação feitos pelo IBGE, no extinto projeto *Radambrasil* (1982). Atualmente, alguns autores se destacam no estudo da distribuição da vegetação e sua vinculação com os fatores do meio físico, principalmente no oeste e sudoeste do Estado, são eles, Marchiori (2002; 2004), Alves (2008; 2012) e Deble (2011).

Entretanto, não há concordância no que se refere às diferentes tipologias de vegetação existentes no Rio Grande do Sul, nem sobre a terminologia utilizada para esta definição (ALVES *et al*, 2010). Fato que apresenta-se como consenso entre os pesquisadores, é a coexistência de vegetação florestal e campestre no Estado.

2.1 Estudos da Dinâmica da Vegetação Natural do Rio Grande do Sul

A ciência que se preocupa em investigar e compreender a dinâmica da vegetação natural em um determinado território é a fitogeografia. Esta ciência utilizada há muito tempo por pesquisadores e naturalistas é conceituada pelo naturalista argentino Angelo Cabrera (1971, p.1), em sua obra *Fitogeografia De La Republica Argentina*, da seguinte forma: “La Fitogeografía o Geografía Botánica, es

la rama de las ciencias que estudia la distribuición de los vegetales sobre el globo terráqueo y las leyes que determinam esta distribución.” No mesmo parágrafo o autor ressalta que os fatores climáticos como temperatura, umidade, luz, são os principais determinantes na distribuição das plantas no território, mas que também são importantes o relevo, o solo e a ação animal. O autor utiliza-se desta complexa interação de fatores, onde por vezes pode ocorrer a anulação de um ou outro, para explicar como em uma região úmida e de solo permeável podem ocorrer espécies xerófilas e em uma região árida onde ocorram canais de drenagem, registre-se a ocorrência de espécies hidrófilas.

Ao referir-se aos territórios fitogeográficos, Cabrera destaca que:

> Las diferentes especies vegetales se distribuyen sobre la tierra de acordo a sus exigencias climáticas y edáficas, y también de acuerdo a las oportunidades que hayan tenido para reproducirse y ampliar su área geográfica. (CABRERA, 1971, p.4)

Desta maneira e formando associações com plantas de outras espécies é que se originam as associações vegetais clímax que gradualmente formam as grandes regiões fitogeográficas terrestres. Em seu trabalho, Cabrera considera a existência de sete grandes regiões fitogeográficas, a saber, regiões: *Holártica*, *Paleotropical*, *Neotropical*, *Capense*, *Australiana*, *Antártica* e *Oceânica*. Estas dividem-se em domínios, que por sua vez são divididos em províncias que, por fim, são formadas por distritos fitogeográficos.

Sampaio (1934) ao escrever sobre a *Phytogeographia do Brasil* esclarece que esta ciência pode ser dividida em quatro grandes ramos ou especialidades, sendo elas:

> 1.º - *Phytogeographia Floristica* ou simplesmente *Floristica* que estuda os aspectos da flora em cada região; é um ramo descriptivo. 2.º - *Phytogeographia Ecologica* que estuda as relações entre as plantas e o meio; é um ramo interpretativo ou biológico, isto é, a feição geographica da Ecologia Vegetal; tem hoje um sub-ramo muito importante, a Sociologia ou Synecologia vegetal. 3.º - *Phytogeographia Genetica* ou *Epiontologia* que estuda a origem das plantas em cada região e no mundo; deste ramo destacou-se recentemente a Paleontologia Vegetal para constituir o 4.º ramo a seguir. 4.º - *Paleophytogeographi*a ou *Phytogeographia paleontológica*, individualizada recentemente por Brockmann – Jerosch; estuda os vegetais fosseis, especialidade que compete essencialmente a geologo, interessando, porem, muito á botanica e á biologia em geral. (SAMPAIO, 1934, p. 22).

A fitogeografia apresenta-se como um campo de estudo bastante complexo, onde vários fatores do meio físico podem interagir entre si, anular-se ou mesmo destacarem-se na determinação da distribuição da vegetação. Neste trabalho, busca-se através dos princípios da fitogeografia, relacionar a ocorrência da vegetação florestal com algumas características do meio físico na área de estudo.

A vegetação do Rio Grande do Sul é objeto de estudo de naturalistas e pesquisadores há muito tempo. Em termos conceituais, Marchiori (2006, p.4) define vegetação como o "conjunto de plantas de uma determinada área sob os pontos de vista da fisionomia, estrutura e composição." Sendo os termos fisionomia e estrutura relacionados à aparência geral e em estratos, respectivamente, da vegetação e o termo composição relacionado à flora.

A respeito da vegetação presente no estado do RS, Lindman (1974, p. 8) ressalta que "o território do Rio Grande apresenta, pois, um limitado numero de regiões vegetaes; cada uma de área consideravel e de natureza particular." O autor dividiu a vegetação do estado em três regiões: "A região das areias movediças", "Os campos" e "As mattas". A figura 2 apresenta o mapa da vegetação Sul-Brasileira elaborado por Lindman em 1892-94.

Lindman (1974, p. 63), ao referir-se aos "campos" e mais especificamente à "campanha do Rio Grande" ressalta o aspecto predominantemente campestre da vegetação nesta região e diz que quando se usa o termo campanha, "quer-se indicar a parte desprovida de mattas, as grandes planicies, e sobretudo na parte sul, que são terrenos baixos em comparação com a parte norte." O autor ressalta ainda mais esta característica no seguinte trecho:

> A parte sul (e oéste) do Rio Grande é, pois, especialmente um territorio baixo que, sem limites naturaes proprios, é continuado nos paizes vizinhos e, como nelles, quase que sem mattas, porque mattas continuas comparaveis ás do territorio colonial existem sómente em alguns pontos nos declives orientaes das serras do Herval e dos Tapes, onde se acham os ultimos avanços para o sul da grande região florestal brasileira. No mais, predominam os campos ou pastagens naturaes que muito participam dos do planalto, mas que nos limites sul e oeste do estado apresentam traços de maior pobreza, maior esterilidade e de perfeita harmonia com o caracter dos «pampas». Pode-se, pois, affirmar com toda a segurança que no Rio Grande encontra-se uma zona de transição entre os dois grandes contrastes da natureza sul-americana, a matta virgem brasileira e os pampas argentinos (LINDMAN, 1974, p. 7).

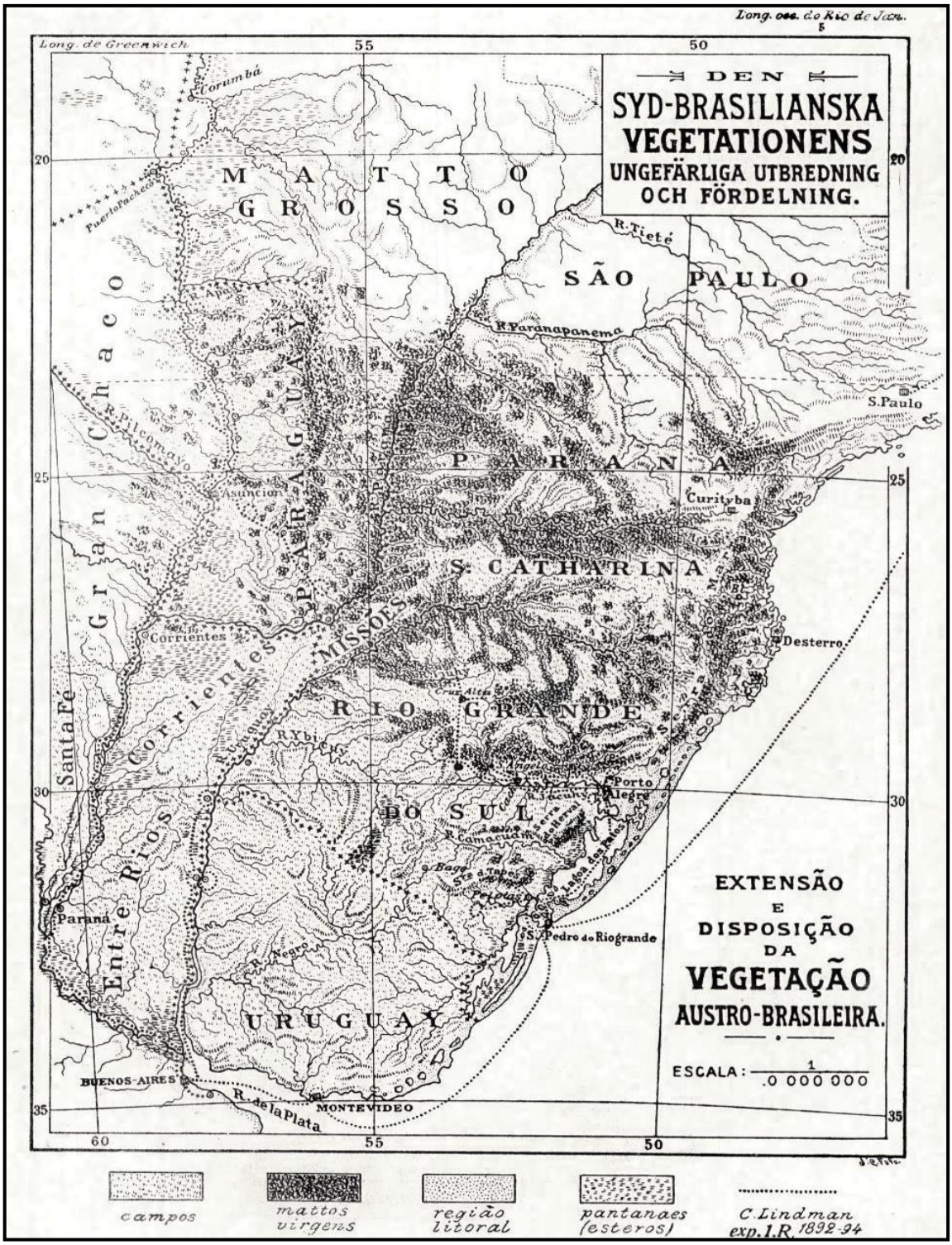

Figura 2 – Mapa da Vegetação Sul-Brasileira, elaborado por Lindman 1892-1894.

Em seu estudo sobre a vegetação do estado, Lindman (1974) fez referência, também, à ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas em meio aos campos como um aspecto sempre presente, como pode ser observado em seguida:

> Mas os campos do Rio Grande, pelo que pude ver, nunca são exclusivamente campos arbustivos, prados, pastagens, gramados, esteppes ou, em outros termos, nunca são completamente destituidos de arvores. Seria certamente difficil encontrar uma só milha quadrada em que não entrasse na paizagem um grupo de arvores ou uma parte florestal. (LINDMAN, 1974, p. 115)

Ao escrever sobre “A Fisionomia do Rio Grande do Sul”, o padre Balduíno Rambo (1956), que dividiu o estado em cinco “Regiões Fisionômicas Naturais”: “Litoral Rio-Grandense”, “Serra do Sudeste”, “Campanha do Sudoeste”, “Depressão Central” e “Planalto”, ressalta a ocorrência de matas em meio à predominância campestre ao referir-se à vegetação da campanha:

> De todas as regiões naturais do Rio Grande do Sul, a Campanha do Sudoeste é a que mais ostenta o caráter do campo sul-brasileiro, pois a vegetação silvática só na borda setentrional chega a se constituir em mata virgem, deixando todo o resto à flora graminácea, sulcada de tênues cordões de galeria (RAMBO, 1956, p. 122).

Ao tratar da distribuição fisionômica da vegetação na Campanha do Sudoeste, Rambo (1956, p. 126) esclarece que há uma distribuição nas formações: “mata virgem, capões, mata arbustiva, cordões de galeria, mata palustre, vegetação dos tabuleiros, vassourais, campo, parque espinilho” e destaca ainda, que a peculiaridade da distribuição da vegetação consiste na “predominância absoluta do campo gramináceo em comparação com o qual as outras formações quase desaparecem na fisionomia da paisagem”.

Quanto à composição florística da vegetação, Rambo (1956), destaca a ocorrência, em matas arbustivas e cordões de galeria, de sarandis, unha-de-gato, camboim, branquilho, sombra-de-touro, aroeira, salgueiro, crista-de-galo etc. Na vegetação dos tabuleiros o autor faz referência à ocorrência de Echinocactus, Cereus e Dyckia (os quais denomina litófitos), além de ressaltar o aspecto xerófilo da vegetação e a ocorrência de líquens, gramíneas, leguminosas, compostas e vassourais. Já a “formação principal da campanha”, o campo, segundo Rambo, constitui-se principalmente por gramíneas, compostas e leguminosas.

No trabalho de Rambo (1956) pode-se observar a descrição da área de transição entre as regiões do “Planalto” e da “Campanha do Sudoeste”. Esta transição destaca-se no seguinte trecho, em que o autor descreve as paisagens do planalto:

> Na zona entre São Francisco de Assis e Boqueirão, a serra entra em flanco declínio. As ruínas de arenito com suas formas tabulares dominam a paisagem. Nelas, a vegetação em parte é campestre, em parte silvática; o mato, formando colares ao redor das elevações, é alto e denso, mas nas mesetas aparece um misto de parque de espinheiros e matinha xerófila. É aqui mais do que em qualquer outro lugar que se pode constatar o nexo entre a Serra Geral e as coxilhas areníticas da campanha: os tabuleiros e as torres ruinosas que se destacam na serra prolongam-se em linha, freqüentes vezes interrompida, mas bem definida, até o Ibicuí, e além dele, até a Coxilha do Caverá. (RAMBO, 1956, p. 318)

O mapa fitogeográfico do estado do Rio Grande do Sul (Figura 3), elaborado por Rambo (1956), apresenta a divisão da vegetação em *Mato*, *Campo*, *Vegetação palustre* e *Vegetação litorânea*. O autor descreve as paisagens da campanha no trecho:

> Na impressão total da paisagem, a horizontalidade aparece exagerada pela vastidão dos campos baixos; a verticalidade aparece encurtada pelas formas pesadas dos tabuleiros; a variação introduzida pelos cursos de água ora dirigidos de sul a norte, ora de norte a sul impõe-se mais no mapa do que na realidade, por causa da insignificante altitude dos divisores da água; enfim, uma sensível tendência de se derramar lentamente no Uruguai ainda hoje caracteriza essa região, expressão fisionômica de sua formação geológica. (RAMBO, 1956, p. 135).

Figura 3 – Mapa Fitogeográfico do Rio Grande do Sul, produzido por Rambo, 1941-1942.

Cabrera e Willink (1973) na obra “Biogeografia de America Latina” elaboram o mapa de “Provincias Biogeograficas de America Del Sur” (Figura 4) onde descrevem vinte e quatro províncias. Dentre elas, a “Provincia del Espinal”, e a “Província Pampeana”, ambas pertencentes ao “Dominio Chaqueño”, tomam a região oeste do estado do Rio Grande do Sul.

Ao referirem-se à província Pampeana, os autores acima dizem que esta província ocupa as regiões planas do leste da Argentina, o Uruguai e a metade austral do Rio Grande do Sul. A descrição geral da vegetação da província pampeana feita pelos autores é citada a seguir:

> La vegetación dominante es la estepa o seudoestepa de gramíneas que Forman matas de 60 cm a um metro de altura, entre las cuales crecen numerosas especies herbáceas y algunos sufrutices y arbustos. Los pastizales tienen um período de reposo durante el inverno y, generalmente, otro durante el verano. A comienzos de primavera la pampa se muestra em todo su esplendor cuando florecen centenares de especies de gramíneas, semejando la estepa um mar de pasto policromo que se agita a impulsos del viento. Hay también numerosas comunidades edáficas, estepas halófilas, bosques marginales em las orillas de los rios, formados por especies procedentes de la Provincia Paranense, y bosques xerófilos sobre las barrancas y bancos de conchilla. También hay numerosas comunidades hidrófilas y asociaciones saxícolas em las serranias (CABRERA e WILLINK, 1973, p. 79).

Segundo os autores por se tratar de um território de grande aproveitamento agrícola e agropecuário, a vegetação original desta província foi quase totalmente destruída pelos cultivos ou alterada devido ao pastoreio intensivo. Por isso é necessário supor as características da vegetação original a partir de relictos ou campos pouco alterados pelo homem, mesmo assim, segundo Cabrera e Willink (1973, p. 80) “siempre queda la duda del grado de pureza de estas muestras”.

Cabrera e Willink (1973) diferenciam quatro distritos na província Pampeana: “Distrito Uruguayense”, “Distrito Pampeano Oriental”, “Distrito Pampeano Occidental” e “Distrito Pampeano Austral”. Segundo os autores o Distrito Uruguayense envolve o sul do Brasil, Uruguai e Entre Rios e Santa Fé, na Argentina. A comunidade clímax é a “pradera de flechillas, o ‘flechillar’”, onde as espécies predominantes são as do gênero *Stipa*, associadas com *Poa*, *Eragrostis*, *Melica*, *Piptochaetium*, *Paspalum*, *Panicum* e muitas outras gramíneas, incluindo espécies de *Bothriochloa*, *Schizachirium* e outros gêneros de origem tropical. Segundo Cabrera e Willink (1973, p. 80), “Hay numerosas comunidades edáficas; ante todo selvas ribereñas parecidas a las de la Provincia Paranense, si bien empobrecidas de norte a sur...”. Nestas florestas ribeirinhas, segundo os autores, predominam espécies como “laureles” (*Ocotea acutifólia*, *Nectandra falcifolia*), “mata-olho” (*Pouteria salicifolia*), “chal-chal” (*Allophyllus edulis*), “branquilho” (*Sebastiania brasiliensis*), “lecherón” (*Sapium haematospermum*), “anacauita” (*Blepharocalyx tweediei*) etc.

> También hay bosques edáficos xerófilos sobre las barrancas de los rios, com elementos florísticos del Espinal; predominan el tala (*Celtis spinosa*), el algarrobo (*Prosopis Alba*), el coronillo (*Scutia buxifolia*), la sombra de toro (Jodina rhombifolia), el sauco (*Sambucus australis*), el ombú (*Phytolacca*

dióica) y otras especies. Abundam comunidades hidrófilas: juncales de *Scirpus californicus*, pajonales de *Spartina densiflora*, etc. y también comunidade sammófilas sobre dunas o suelos arenosos, con *Elionurus muticus*, *Poa lanuginosa*, *Panicum racemosum* y *Senecio crassiflorus* (CABRERA e WILLINK, 1973, p. 81).

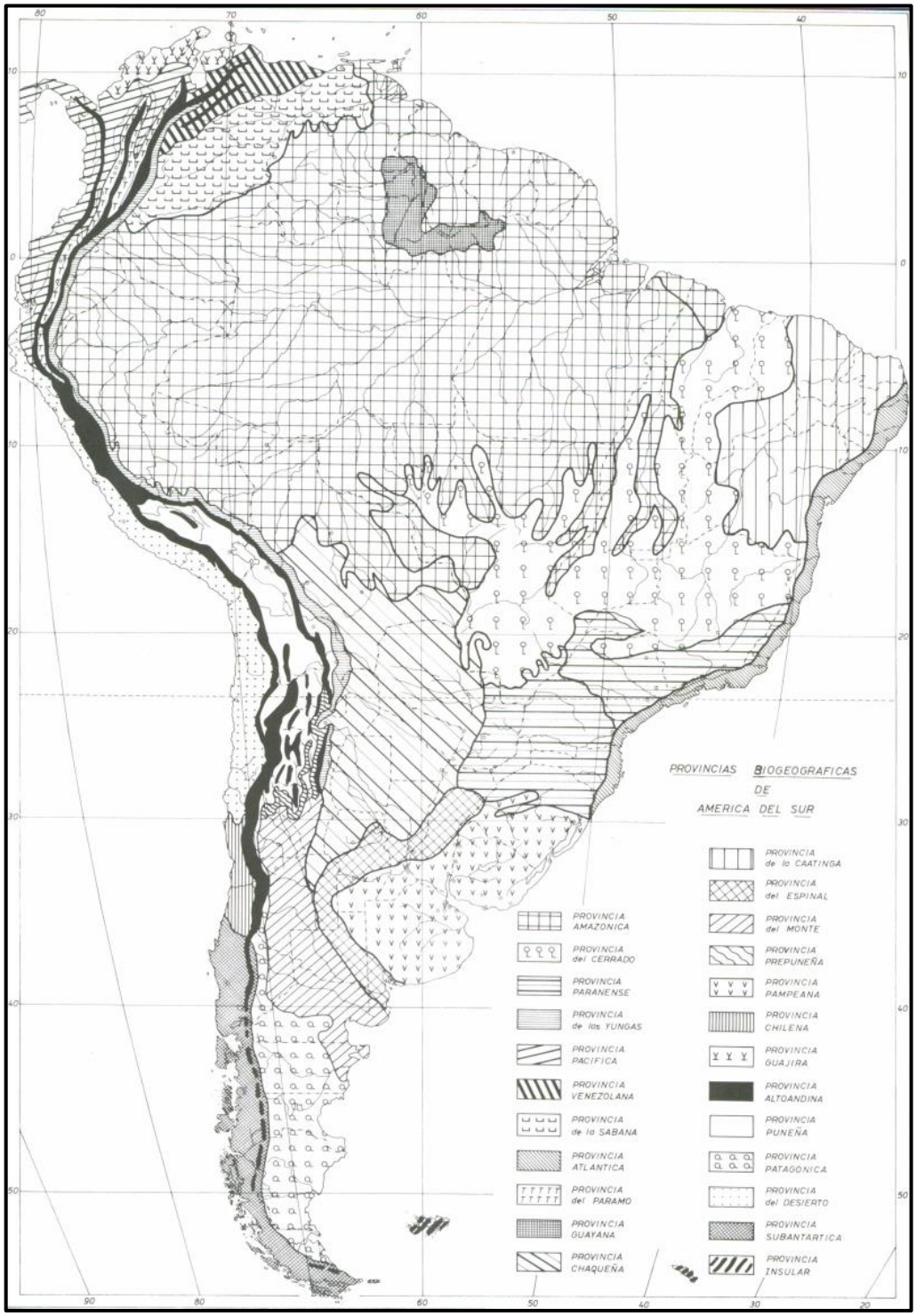

Figura 4 – Mapa de províncias Biogeográficas da América do Sul, produzido por Cabrera e Willink (1973).

Em 1982, Veloso e Góes-Filho[1] definiram sete “regiões fitoecológias” e duas “áreas sob condições ecológicas especiais” para o Rio Grande do Sul (Figura 5), destas, identifica-se, para a região oeste do Estado: “Região da Estepe”, “Região da Savana Estépica”, “Região da Savana” além de “Áreas de Tensão Ecológica”. A região da Estepe compreende a área do Planalto da Campanha e as depressões do rio Negro e Ibicuí, ao sul e oeste do Estado. Nesta formação são reconhecidas duas unidades: Estepe Parque e Estepe Gramíneo-Lenhosa. Na Estepe Parque, localizada no extremo sudoeste do Estado, os elementos arbóreos são mais frequentes, enquanto na Estepe Gramíneo-Lenhosa, os elementos arbóreos ocorrem em frequências menores, restringindo-se a regiões mais protegidas e terrenos mais acidentados.

A região da Savana Estépica,

> está localizada, em sua maior parte, nas áreas dissecadas do Planalto da Campanha, recobrindo arenitos do Jurássico, basaltos do Juracretáceo, assim como partes menores das áreas vizinhas, da Depressão do Rio Ibicuí, sob sedimentos do Permiano e Triássico (VELOSO; GÓES-FILHO,1982, p. 547).

Quanto à cobertura vegetal, Veloso e Góes-Filho (1982, p. 562), afirmam que a região da savana estépica é formada por “hemicriptófitas savanícolas dos gêneros *Andropogon, Aristida e Sorghastrum*”; “caméfitas representadas por cactáceas, leguminosas anãs e compostas” e “fanerófitas estépicas dominadas pelos gêneros *Astronium, Schinus, Lithraea e Acacia*”.

[1] Dados incorporados do extinto projeto RadamBrasil.

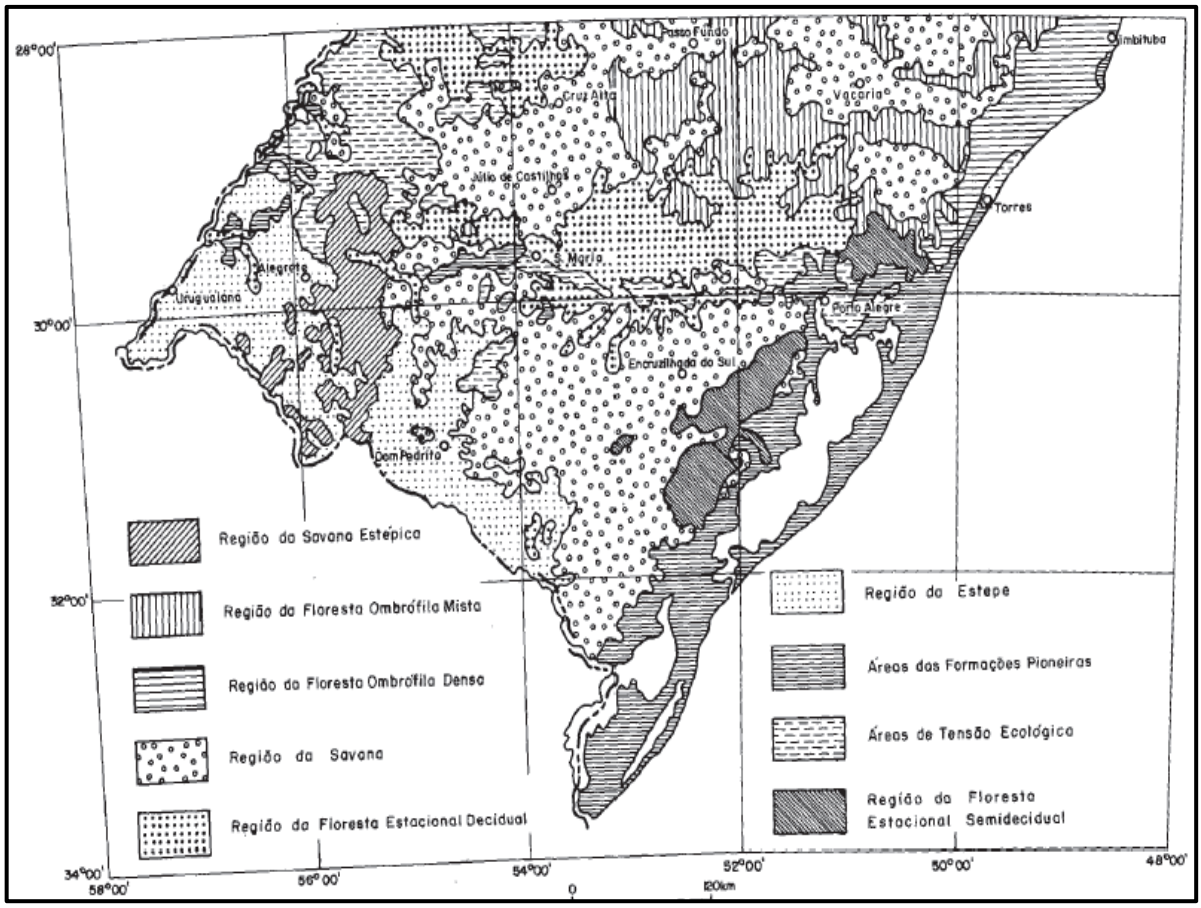

Figura 5 – Mapa de regiões fitoecológicas elaborado por Veloso e Góes-Filho, 1982.

Para a região da “Savana” foram consideradas as formações campestres, muitas vezes intercaladas por árvores isoladas, capões de mata nativa e matas galeria. Estas condições permitiram que esta região fosse subdividida em três formações distintas, seguindo parâmetros fitofisionômicos: Arbórea Aberta, Parque e Gramíneo-Lenhosa, todas apresentando formações ciliares. A Savana Arbórea Aberta compreende, em grande parte, a região do Escudo Sul-Rio-Grandense, com sua vegetação típica apresentando aglomerados arbóreos. A Savana Parque ocorre em duas áreas distintas: os Campos de Cima da Serra e parte do Escudo Sul-Rio-Grandense, reunindo elementos da Floresta Estacional e da Floresta Ombrófila Mista, respectivamente. A Savana Gramíneo-Lenhosa ocorre junto ao Planalto das Araucárias e em parte na região do Escudo, caracterizada sempre pela presença predominante de gramíneas.

As áreas de tensão ecológica, segundo Veloso e Góes-Filho (1982, p. 599) “são constituídas pela interpenetração de floras entre duas ou mais regiões fitoecológicas”. Os autores ressaltam ainda que tais contatos apresentam-se na forma de encrave, pois a flora de cada região mantém sua característica ecológica sem se misturar. Na região oeste do Estado, esta área corresponde ao “Contato Savana/ Savana Estépica. Quanto à vegetação, segundo os autores, destacam-se “cactáceas do gênero *Opuntia”*, “gramíneas rizomatosas”, “cespitosas”, bem como “caméfitas pertencentes às famílias das oxalidáceas, leguminosas, umbelíferas e outras”. Elementos fanerófitos com as espécies: “*Astronium balansae* (pau-ferro)”, “*Tabebuia avellanedae* (ipê-roxo)”, “*Enterolobium contorticiliquum* (timbaúva)”, “*Schinus molle* (aroeira-salsa)”, “*Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha)”, “*Lithraea molleoides* (aroeira-de-fruto-achatado)”, “*Celtis talla* (taleiro)”, entre outras.

Também ao se referir à vegetação do estado do Rio Grande do Sul, Reitz, Klein e Reis (1988), identificam oito regiões fitogeográficas, a saber: “Floresta da Encosta Atlântica”, “Área do Sudeste (Escudo Rio-grandense)”, “Bacia do Rio Ibicuí”, “Área do Sudoeste (Parque do Espinilho)”, “Bacia do Alto Rio Uruguai”, “Bacia do Rio Jacuí (Depressão Central)”, “Floresta do Planalto com presença de Araucária” e “Restinga Litorânea”, (Figura 6).

Ao referirem-se à bacia do Rio Ibicuí, Reitz, Klein e Reis (1988, p. 12), ressaltam que:

> Trata-se na sua maior parte de área de contato de florestas e campos, predominando a floresta nas partes mais baixas e mais próximas aos rios, formando largas e desenvolvidas matas de galeria, enquanto nos divisores de água, predominam os campos (REITZ *et al*, 1988, p. 12).

As espécies florestais características, citadas pelos autores, são o “pau-ferro (*Astronium balansae*), o toropi (*Sapium glandulatum*), a aroeira (*Lithraea molleoides*), a sina-sina (*Parkinsonia aculeata*) e o inhanduvaí (*Acacia caven*)”.

Figura 6 – Mapa Fitogeográfico do Estado do Rio Grande do Sul, elaborado por Reitz, Klein e Reis, 1988.

Mais recentemente, podem ser citados os trabalhos de José Newton Cardoso Marchiori sobre a vegetação do Rio Grande do Sul em que, mais especificamente da região oeste do Estado, a obra *Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos*, do ano de 2004, traz uma importante e essencial contribuição à discussão da dinâmica entre campos e florestas no Estado, bem como, às divergências terminológicas utilizadas para designar o tipo de vegetação da referida região.

Referindo-se à coexistência de campos e florestas no Estado do Rio Grande do Sul, Marchiori (2004) referencia tal observação feita por Lindman em 1906, e esclarece que os campos sulinos devem ser interpretados como “formações

relictuais” em relação às florestas no atual clima ombrófilo, pois, além de não possuírem vantagens adaptativas em relação às florestas,

> o umedecimento e aquecimento do clima, verificados no Holoceno, propiciou a expansão florestal sobre antigas áreas campestres, tanto a partir de eventuais refúgios, sobreviventes da longa fase xerotérmica, no último período glacial pleistocênico, como de áreas florestais situadas mais ao norte (MARCHIORI, 2004, p.19).

O autor ressalta, também, que além de terem perdido espaço para as florestas no estado, os campos sofreram “profundas alterações florísticas e estruturais” devido à modificação climática citada anteriormente.

Outro fator referenciado por Marchiori (2004) para a “explicação da coexistência e o limite brusco entre florestas e campos” no Rio Grande do Sul “deve ser buscada na biologia das plantas representativas dos respectivos biomas e em suas vinculações com o relevo”.

Este “avanço” da vegetação florestal sobre a original predominância campestre no oeste do Rio Grande do Sul pode ser associado também às variações topográficas do terreno e à dinâmica da água no solo. Entretanto, são raros os estudos detalhados que fazem a relação entre estes elementos da paisagem, com a utilização de informações espacializadas.

Quanto às diferentes terminologias empregadas para designar as formações campestres, Marchiori (2004) destaca as denominações Estepe, Savana, Savana-Estépica e Pradaria como inadequadas, após trazer uma discussão sobre cada uma delas e imprimir suas considerações. Em virtude disto e de acordo com a proposição de Lindman em 1906, adotada também por Rambo em 1956, Marchiori (2004) defende a denominação tradicional de *campos*, para a vegetação sul-rio-grandense.

Marchiori (2004) aponta a existência de diferentes fitofisionomias nos *Campos Sulinos*, como as “Florestas de Galeria”, os “Capões”, os “Capões e parques com pau-ferro”, o “Parque-Espinilho”, os “Palmares de butiá-anão”, os “Vassourais e chircais” além de “Árvores solitárias” e “Fanerófitas invasoras”.

Alves (2008) refere-se à diversidade de terminologias apontadas anteriormente por Marchiori (2004), dizendo que:

> mesmo sem consenso na terminologia fitogeográfica do Estado, entende-se que todas as contribuições à Fitogeografia do Rio Grande do Sul são válidas e de extrema importância, pois revelam informações de diferentes

> óticas, obtidas em diferentes épocas, servindo como fundamento a novas propostas de estudos, com vistas à compreensão e ao entendimento de como se procedeu a ocupação e a distribuição da vegetação nativa no território sul-rio-grandense (ALVES, 2008, p. 32).

Em trabalho mais recente, Alves *et al* (2010), reafirmam esta existência de fitofisionomias distintas em meio à vegetação da campanha sul-rio-grandense, a partir de um estudo feito na região oeste do Estado. Os autores identificaram e caracterizaram dez tipologias de vegetação, “com base em aspectos fisionômicos, florísticos e fitoecológicos”. Tais tipologias identificadas são: “Campos”, “Campos em colinas de arenito”, “Campos com curupis em colinas de arenito”, “Campos com butiá-anão em colinas de arenito”, “Campos em colinas vulcânicas”, “Campos com espinilhos em colinas vulcânicas”, “Vegetação das Cornijas de Arenito”, “Vegetação dos Morrotes de Arenito”, “Capões de mato”, “Floresta de Galeria” e “Fanerófitas Solitárias”.

Segundo os autores,

> esta diversidade fisionômica e florística, previamente reportada por outros pesquisadores, vincula-se, principalmente, às condições climáticas estabelecidas a partir da transição Pleistoceno-Holoceno, fato que explica a ocorrência, em reduzido espaço geográfico, de uma mistura de espécies típicas de clima ombrófilo e xerófilo, em plena disputa pelo território (ALVES *et al*, 2010, p. 621).

Alves *et al* (2010) realizaram um estudo correlativo, relacionando cada tipologia de vegetação definida com o “suporte geoecológico” de diferentes unidades morfolitológicas. Nesta correlação foram descritos: - campos em colinas de arenito: apresentam conjunto florístico próprio, com significativa ocorrência de nanofanerófitas, principalmente Mirtáceas. Foram subdivididos em “campos com butiá-anão em colinas de arenito” e “campos com curupis em colinas de arenito”, devido à ocorrência de diferentes elementos fanerofíticos, sendo que, neste último, o curupi (*Sapium haematospermum* Müll. Arg.) foi considerada pelos autores uma espécie “geo-indicadora” de substrato rochoso, pela ocorrência restrita à área de substrato arenítico.

- campos em colinas vulcânicas: conjunto florístico distinto do apresentado pelos campos em colinas de arenito, embora, por vezes, espécies típicas de cada conjunto ocorram associadas em áreas de contato, devido à estreita camada vulcânica. Subdivide-se em “campos com espinilho em colinas vulcânicas”, onde o espinilho

(*Vachellia caven* (Molina) Molina) foi considerado espécie “geo-indicadora” de substrato rochoso pela ocorrência sempre associada a unidades com substrato vulcânico.

- vegetação das cornijas de arenito: associação arbustivo-arbórea composta por cactáceas, arbustos e algumas árvores xerófilas vinculadas aos blocos de rochas.
- vegetação dos morrotes de arenito: semelhante ao conjunto florístico das cornijas com ocorrência também de grande quantidade de ervas e arbustos. Nestas unidades, segundo os autores, a vegetação distribui-se de forma muito particular.
- capões-de-mato: constituídos de espécies típicas da floresta de galeria, formam pequenos núcleos florestais associados, principalmente, às drenagens de primeira e segunda ordem.
- floresta de galeria: associada a planície de acumulação, acompanha o canal principal e afluentes de maior porte do arroio estudado, por vezes conectando-se aos capões-de-mato e à vegetação de cornijas e morrotes.

Recentemente, Deble (2011), publicou *A Vegetação Campestre no Bioma Pampa*, onde caracteriza a vegetação campestre presente neste bioma, vegetações peculiares, bem como relações fitogeográficas com outras fisionomias na América do Sul.

2.2 Metodologias para Mapeamento da Cobertura Vegetal na Região Sul do País

Muitos mapas de vegetação foram elaborados para a região sul do país e consequentemente Rio Grande do Sul desde o final século XIX até atualidade, como os de Lindman (1892/94), Rambo (1956) entre outros. Destaca-se neste caso um dos trabalhos que empregou tecnologias neste mapeamento, desenvolvido de janeiro de 1978 a setembro de 1982, o Projeto RadamBrasil (VELOSO; GÓES-FILHO,1982) que teve como objetivo identificar, descrever e mapear a vegetação original atual e pretérita, bem como a alterada pela ação antrópica no Estado do Rio Grande do Sul e pequena parte de Santa Catarina, utilizou para esta região, as Folhas SH.22 Porto Alegre, SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim, da Divisão

Cartográfica Internacional e teve como método o uso de imagens de radar e operações de campo terrestres.

O sensor básico utilizado no mapeamento da vegetação foi o Radar (Radio Detection and Ranging), através de 26 mosaicos semicontrolados e respectivas faixas, formando pares estereoscópicos na escala 1:250.000, com imagens obtidas em 1975/1976. Também foram utilizadas fotografias aéreas verticais em preto e branco e com filme infravermelho colorido com escalas 1:100.000 e 1:45.000, respectivamente; mosaicos semicontrolados de fotografias aéreas verticais na escala 1:60.000, imagens de satélite Landsat nas escalas 1:500.000 e 1:1.000.000; cartas topográficas nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, além de mapas preexistentes.

A elaboração do mapa final pela equipe do Projeto RadamBrasil foi realizada a partir das seguintes etapas: -cálculo das superfícies em km² de todas as áreas mapeadas, de todas as folhas na escala 1:250.000 por meio de planimetragens e pesagens; -redução fotográfica das 26 folhas poliéster na escala 1:250.000 para a escala de publicação de 1:1.000.000; -lançamento das linhas de mapeamento, já na escala 1:1.000.000 sobre a base cartográfica (*blue-line*) previamente preparada pela Divisão de Cartografia do Projeto RadamBrasil, também na escala 1:1.000.000; e – confecção de cópias poliéster de *blue-line*, com o tema e legendas já lançadas, das quais foram feitas cópias heliográficas para pintura das formações e sub-formações.

No ano de 2004, o Ministério do Meio Ambiente - MMA, por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO realizou o mapeamento da cobertura vegetal, a partir do recorte de biomas estabelecido no Mapa de Biomas do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE, de 2004. Segundo o MMA, (BRASIL, 2004) os produtos resultantes da execução do mapeamento foram mapas finais na escala 1:250.000 (com recorte das cartas articuladas 1:250.000 do IBGE) com formato de apresentação papel (formato A0); meio digital (arquivos SHP e PDF). Base de Dados com bases temáticas em *shapefile* em arquivos correspondentes às cartas articuladas do IBGE/DSG na escala 1:250.000. Formato de apresentação: meio digital (arquivo SHP). Cartas-imagem do bioma escolhido com recorte das cartas 1:250.000 do IBGE. Formato de apresentação: meio digital (arquivos GEOTIFF e PDF). Mapa síntese com formato de apresentação: papel (formato A0); meio digital (arquivo SHP). E também, Relatório Técnico, segundo padrão específico.

Para o mapeamento da vegetação do Bioma Pampa foram utilizadas 22 imagens Landsat, ano base 2002 que foram mosaicadas para a produção de um único arquivo para todo o bioma. Para a interpretação, este mosaico foi recortado em 23 cartas-imagem com base no mapeamento sistemático na escala 1:250.000. Para cada janela de mapa foram geradas duas composições coloridas em falsa-cor, utilizando-se as bandas 3, 4 e 5. As classes de cobertura do solo foram obtidas por interpretação visual em tela, com o auxílio do programa CartaLinx. As áreas de cobertura vegetal original do Pampa foram identificadas sobre as composições coloridas ampliadas em tela na escala 1:50.000.

Em 2012, o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE, lançou o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Neste manual, dentre outros tópicos o IBGE apresenta os procedimentos para mapeamento da vegetação em escala regional. Segundo o manual, para o mapeamento da vegetação, em diversas escalas, há uma série de procedimentos a serem seguidos, que, apesar do caráter dinâmico, passam em linhas gerais pelas seguintes etapas: - área e escala do trabalho (segundo o autor, a escala prioritária é de 1:250 000, e utiliza-se a Projeção Universal Transverso de Mercator - UTM *Universal Transverse de Mercator*, *datum SIRGAS* 2000, ou trabalha-se no Sistema de Coordenadas Geográficas); - resolução espacial adequada e sensores correspondentes; - levantamento de mapeamentos preexistentes e material bibliográfico auxiliar (cartas de serviço, escala 1:250.000, provenientes do Projeto RadamBrasil, estas cartas são normalmente escaneadas e registradas para a orientação do tipo de vegetação predominante na área do levantamento e também utiliza-se modelo digital de elevação proveniente da Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, utilizado nas escalas regionais a semidetalhe); - cartas topográficas; - seleção e aquisição de imagens de sensores orbitais/aerotransportados (por exemplo, no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e no do United States Geological Survey - USGS, entre outros); - em ambiente SIG: processamento digital de imagens; - interpretação preliminar; - operações de campo; - reinterpretação; - integração; - edição e validação topológica; - carga e verificação de consistência em banco de dados e – elaboração de mapa final.

Ao realizar o mapeamento fitogeográfico da bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande, na região Oeste do RS, Alves et al, 2010, elaboram uma

metodologia para cartografia fitogeográfica baseada na análise do meio físico e posterior análise fitogeográfica, através do uso de base cartográfica das Cartas Topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico – DSG do Exército Brasileiro em escala 1:50.000, imagens de satélite ETM Landsat e Google Earth georreferenciadas e digitalizadas com auxílio do software GPS TrackMaker Professional – GTM PRO, versão 4.6 e do software Corel Draw X3 para edição gráfica bem como intenso trabalho de campo.

2.3 O Relevo nos Estudos Geomorfológicos

A Geomorfologia, segundo Florenzano (2008), é a ciência que estuda a gênese e composição das formas de relevo, bem como os processos nelas atuantes. De acordo com a autora, a análise do relevo é importante também para outras ciências que estudam os elementos da superfície terrestre como rochas, solos, água, vegetação e também na definição de fragilidades e vulnerabilidades do meio e criação de normas para sua ocupação e proteção.

Ao se abordar sobre esta ciência é importante que se faça um breve resgate de sua sistematização e principais contribuições, como os paradigmas propostos por Davis (1899 apud Florenzano, 2008) que nortearam a escola anglo-americana até a Segunda Guerra Mundial. Para Davis o relevo é papel da estrutura geológica, dos processos atuantes e do tempo em um Ciclo Geográfico (ABREU, 1983). Já na escola alemã, a teoria de Penck em 1953 oferece um paradigma alternativo, a partir de uma concepção integrada dos elementos da superfície terrestre, valorizando o estudo dos processos, elucidando os movimentos crustais, formalizando o conceito de depósitos correlativos e articulando-se com a Climatologia e a Biogeografia (ABREU, 1983; FLORENZANO, 2008).

Segundo Abreu (1983), na escola anglo-americana localizam-se, como instrumentos de pesquisa, teorias e métodos de análise quantitativos e na escola alemã, os métodos voltados a cartografia geomorfológica e um sistema de análise ambiental que volta-se para o homem como um instrumento de articulação teórica com a Geografia. Para Abreu (1983), Davis e Penck “lançaram as bases dos

conceitos, os quais progressivamente se aprimoraram e chegaram até nós, constituindo o conteúdo e as formas de abordagem presentes da geomorfologia".

De acordo com Ross (1990, p. 31) no caso brasileiro, "apesar de todas as influências nem sempre serem bem absorvidas, percebe-se uma tendência, cada vez mais acentuada, para a cartografação geomorfológica, principalmente pela penetração da obra do francês Jean Tricart." Florenzano (2008), ressalta que Tricart (1977) introduziu o conceito de ecodinâmica, baseado na relação morfogênese/pedogênese. No trabalho, o autor conclui que o conceito ecológico associado ao instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente. Também destaca a necessidade de estabelecer uma taxonomia fundada no grau de estabilidade e instabilidade da morfodinâmica, para a elaboração da cartografia geomorfológica.

Ab'Saber (1969) traz uma importante contribuição à teoria geomorfológica no Brasil, estabelecendo três níveis de abordagem, onde o primeiro trata da compartimentação topográfica regional, seguida da caracterização e descrição das formas de relevo destes compartimentos. No segundo nível de tratamento busca informações sobre a estrutura superficial das paisagens referentes aos compartimentos observados, através de observações geológicas dos depósitos e geomorfológicas das feições antigas e recentes do relevo. E no terceiro nível trata de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, busca compreender a fisiologia da paisagem através da dinâmica climática e insere o homem como agente nos processos de morfodinâmica.

De acordo com Casseti (2005), no estudo desses níveis, do primeiro em relação ao terceiro, os processos evoluem de uma escala de tempo geológica para uma escala de tempo histórica ou humana, incorporando gradativamente novas variáveis analíticas, como relacionadas a derivações antropogênicas, e exigindo maior controle de campo, o que implica emprego de técnicas, como o uso de miras graduadas para controle de processos erosivos, podendo chegar a níveis elevados de sofisticação e análises específicas.

A geomorfologia tem, na cartografia-geomorfológica, um dos mais importantes veículos de comunicação e análise dos resultados, obtidos nos estudos das formas e compartimentação do relevo (LUPINACCI, MENDES e SANCHEZ, 2003).

A cartografia geomorfológica, que é ao mesmo tempo instrumento de análise e de síntese da pesquisa geomorfológica, é um dos caminhos mais claramente definidos para a pesquisa empírica no campo da geomorfologia (ROSS, 1990).

Os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos possuem um grau de complexidade maior. Isso decorre, pois, as formas de relevo e os processos geomorfológicos têm grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva as alterações provocadas por tais atividades.

Neste sentido, conforme Trentin (2011) pode-se destacar que o mapeamento geomorfológico apresenta uma grande diversidade de procedimentos que podem ser aplicados na análise e compartimentação dos processos de modelagem do relevo, e que podem atender as diferentes necessidades de análise.

A Sub-Comissão de Cartas Geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional) recomenda que a cartografia geomorfológica deva apresentar quatro níveis de abordagem. Esses níveis representam a *morfometria* (altimetria, dimensões, desníveis, extensões); a *morfologia* (formas do perfil, concavidades, convexidades, rupturas, topos, fundos de vale, etc.); a *gênese* (degradação ou agradação); a *cronologia relativa* (idade relativa das formas, datação absoluta) (CASSETI, 2005).

A cartografia geomorfológica no Brasil teve uma grande contribuição da década de 1970, pelos mapas elaborados no Projeto Radambrasil, que, posteriormente, a partir de vários documentos de diferentes épocas e autorias, deu origem ao Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), que apresenta uma metodologia para o mapeamento geomorfológico, trazendo conceitos básicos dos tipos de relevo, ilustrados por meio de blocos-diagrama e imagens de radar.

Baseando-se na morfologia e na gênese do relevo, Ross (1992) propõe uma classificação em seis níveis taxonômicos, sendo o 1º táxon correspondente às *Unidades Morfoestruturais*, de maior extensão em área; o 2º táxon representa as *Unidades Morfoesculturais* contidas no 1º táxon; o 3º táxon refere-se às *Unidades Morfológicas* ou *Padrões de Formas Semelhantes* contidos no táxon anterior; o 4º táxon corresponde aos *Tipos de formas de relevo*, como morros ou colinas, que compõem a Unidade Morfológica; o 5º táxon refere-se aos *Tipos de vertentes*

(côncava, convexa) e o 6º táxon representa as *Formas de processos atuais*, como ravinas, voçorocas ou aterros produzidos pela ação humana.

Ross (1990) destaca que os mapas geomorfológicos podem ter outras utilidades, principalmente no campo das questões ambientais, segundo o autor, “esses mapeamentos, juntamente com outras disciplinas e outros mapas, servem para definir zoneamentos ambientais e suas diretrizes, dentro de um contexto de planejamento ambiental de espectro geográfico, ou seja, espacializado em determinado território”.

Os métodos e técnicas de mapeamento geomorfológico têm sido cada vez mais aperfeiçoados pelo emprego de geotecnologias do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, sobretudo pelo crescente uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (TRENTIN, 2011).

Valeriano (2008) considera que é de grande interesse, no contexto de modelagem de dados do meio físico em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a possibilidade de simular digitalmente técnicas de medição de variáveis topográficas.

O autor destaca que “os estudos aplicados à caracterização da paisagem com variáveis morfométricas têm sido favorecidos com o desenvolvimento de métodos automáticos de extração dessas variáveis” (VALERIANO, 2008, p. 73). E avalia que o desenvolvimento de geotecnologias está longe de acabar com o potencial informativo dos dados topográficos existentes, enquanto, por muito tempo, os métodos e recursos para análise do relevo foram desenvolvidos à frente da disponibilidade de dados.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizado na região oeste do estado do Rio Grande do Sul, o arroio Caverá é um dos principais afluentes do rio Ibirapuitã, fazendo parte da bacia do Rio Ibicuí que, em território brasileiro, é o principal afluente do Rio Uruguai (Figura 7), de acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA/ RS (2010).

Figura 7 – Localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá nas bacias hidrográficas dos rios Ibirapuitã e Ibicuí, na Região Hidrográfica do Rio Uruguai. Fonte: Adaptado de SEMA, 2010.

3.1 Geologia

De acordo com o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 8) elaborado pelo CPRM (Wildner et al, 2008) em escala 1:750.000, a área onde

encontra-se a bacia hidrográfica do arroio Caverá é constituída por três formações distintas: *Formação Botucatu*, *Formação Guará* e *Formação Serra Geral*, onde ocorrem as *Fácies Gramado* e *Alegrete.* As duas primeiras formações compostas por arenitos, sendo o Botucatu de origem predominantemente eólica e o Guará de origem principalmente fluvial. A formação Serra Geral é caracterizada por derrames basálticos onde intercalam-se arenitos intertrápicos Botucatu, principalmente nas Fácies Gramado.

Os trabalhos de campo possibilitaram a identificação de sucessões de arenitos da Formação Botucatu (intertrápicos), com distintas espessuras e por vezes em repetidas ocorrências e, rochas vulcânicas da Fácies Alegrete, que conforme Wildner *et al*., 2008, são derrames de composição intermediária a ácida, variando entre andesitos e riodacítos, microgranulares, melanocráticos, com aspecto sacaróide, frequentemente texturas de fluxo e auto brechas no topo e base dos derrames.

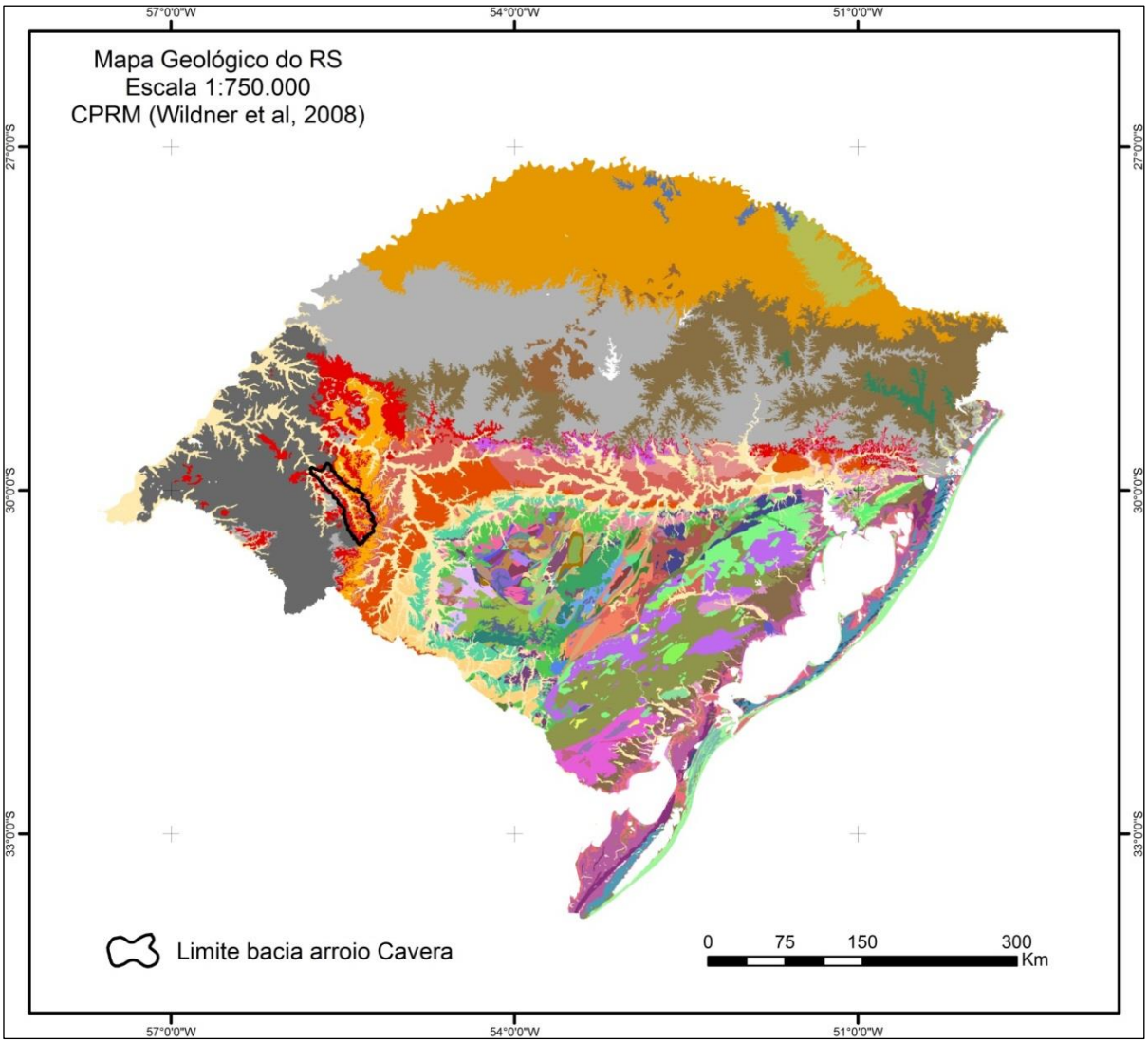

Figura 8 – Localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá no Mapa Geológico do Rio Grande do Sul – CPRM. Fonte: Adaptado de Wildner et al, 2008.

3.2 Geomorfologia

De acordo com a classificação de Müller Filho (1970) para a geomorfologia do Rio Grande do Sul, a “Unidade Geomórfica” onde se encontra a bacia hidrográfica do arroio Caverá é a “Cuesta de Haedo”, que constitui-se em relevo homoclinal dissimétrico com front voltado para Leste, onde alcança 200 a 300 metros de altitude (Livramento e Rosário do Sul) e cujo reverso decai em direção ao rio Uruguai,

alcançando 70 metros em Uruguaiana. Apresenta composição litológica típica do Triássico superior, com arenito Botucatu e basaltos.

Robaina et al (2008), elaboraram uma proposta de classificação geomorfológica da bacia do Rio Ibicuí, com base na classificação taxonômica de Ross (1992) e utilizando as denominações já empregadas para compartimentação no Rio Grande do Sul (Figura 9). De acordo com esta classificação, a bacia do arroio Caverá insere-se, em um primeiro nível no *Planalto da Serra Geral* e, em segundo nível no *Planalto da Campanha*, representado por um relevo ondulado, de altitudes inferiores a 300m, onde, segundo os autores “a pouca espessura dos derrames nesta porção possibilita o afloramento de arenitos em algumas porções, com o desgaste das camadas superiores, observados, também, na base de morros testemunhos” (ROBAINA et al, 2008).

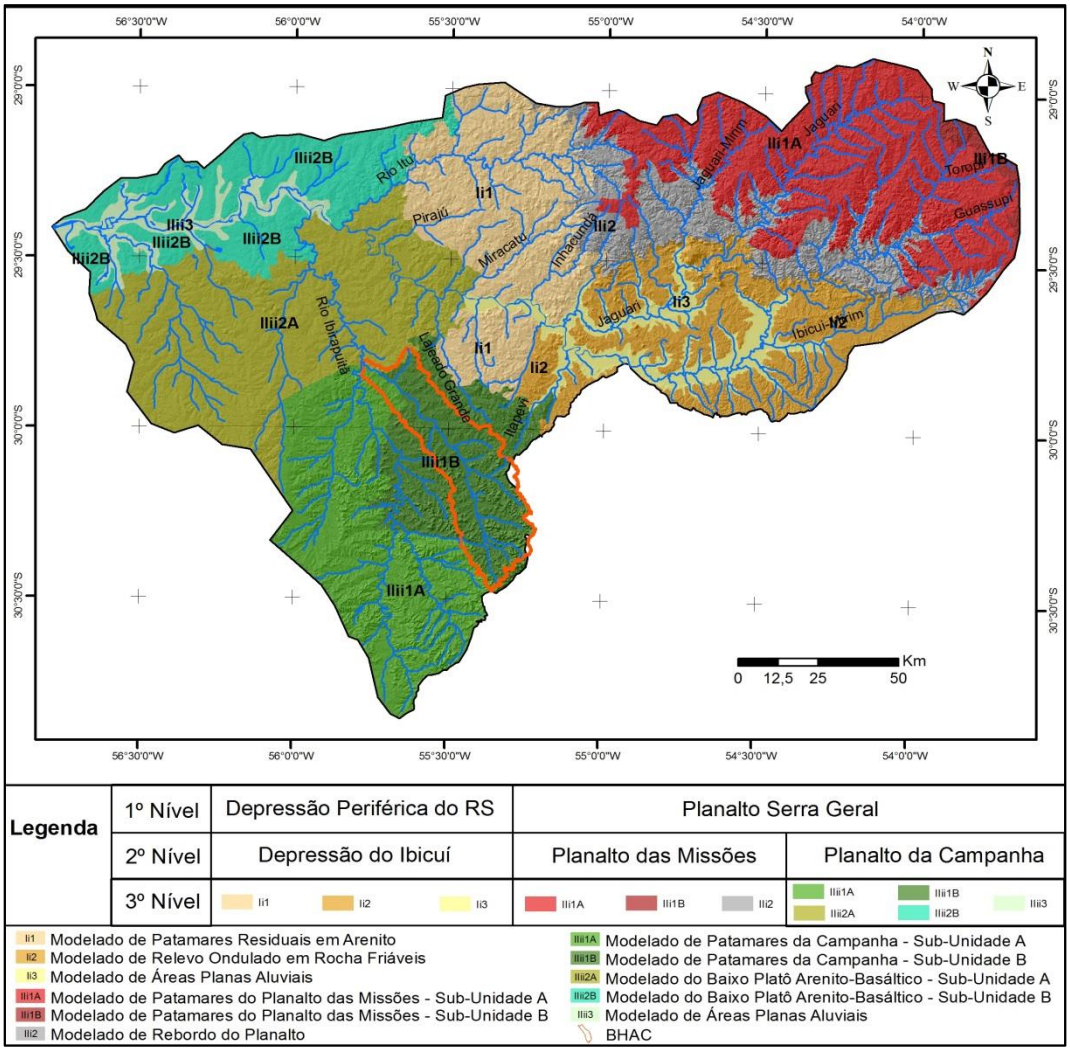

Figura 9 – Localização da bacia hidrográfica do arroio Caverá no Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Ibicuí. Fonte: Adaptado de ROBAINA et al, 2008.

No terceiro nível de compartimentação, a bacia do arroio Caverá insere-se nas *Unidades II.ii.1 - Modelados dos Patamares da Campanha*, cujas formas de relevo predominantes são colinas com morrotes associados, nas *Sub-Unidades II.ii.1.A*, caracterizada pelo substrato vulcânico e os solos rasos, argilosos e com blocos de rocha na superfície e imersos, e, predominantemente, na *Sub-Unidade II.ii.1.B* em que "ocorre ampla exposição de rochas areníticas com as rochas vulcânicas formando delgadas capas no topo dos morrotes e colinas", onde os solos são do tipo "Argissolos arenosos e ocorrem associados a afloramentos de rocha arenítica coesa e solos rasos com blocos de rocha vulcânica" (ROBAINA et al, 2008).

3.3 Clima

O clima do sul do Brasil, segundo Nimer (1989) apresenta importante oscilação térmica ao longo do ano, dado o seu caráter temperado, geralmente com inverno frio e verão quente. De acordo com o autor, o clima do Rio Grande do Sul é classificado pelo *Domínio Climático Mesotérmico Brando*, *Subdomínio Superúmido*, *Variedade Sem seca* e *tipo Temperado.* O clima mesotérmico brando é caracterizado pelo inverno sensível, com temperatura média inferior a 15ºC. O subdomínio superúmido refere-se à inexistência, normalmente, de sequer um mês seco.

A altura média da precipitação anual, de acordo com Nimer (1989) na região da bacia em estudo é de cerca de 1500mm. A temperatura média do mês mais quente registra em torno de 24ºC, sendo a média do mês mais frio cerca de 13ºC.

Em trabalho mais recente, Rossato (2011) identifica quatro tipos climáticos para o Rio Grande do Sul: *Subtropical I – Pouco Úmido,* subdividido em *Subtropical I a – pouco úmido com inverno frio e verão fresco* e *Subtropical I b – pouco úmido com inverno frio e verão quente*, *Subtropical II – Medianamente Úmido*, *Subtropical III – Úmido* e *Subtropical IV – Muito Úmido,* subdividido em *Subtropical IV a – muito*

úmido com inverno fresco e verão quente e *Subtropical IV b – muito úmido com inverno frio e verão fresco*.

A bacia hidrográfica do arroio Caverá localiza-se em área de transição entre os climas *Subtropical I b – pouco úmido com inverno frio e verão quente* e *Subtropical II – medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias*. Em ambos os tipos climáticos, segundo a autora, há maior influência dos sistemas polares e tropicais continentais em associação com o efeito da continentalidade e do relevo (Cuesta do Haedo), sendo a maior parte das precipitações causadas pelos sistemas frontais.

Ao se fazer uma aproximação entre os dois tipos climáticos percebe-se características em comum ou com poucas variações, desta forma optou-se por apresenta-las em conjunto, mesmo que de forma generalizada. Para Rossato (2011), as chuvas nestes tipos climáticos oscilam entre 1400 a 1700 mm anuais, distribuídas em 70-90 dias no primeiro e 90-110 dias no segundo, concentrando-se em 6 a 9 dias ao mês em ambos os tipos climáticos. A variação da temperatura média anual é de 17ºC a 23ºC, sendo a média do mês mais frio entre 11ºC e 14ºC e a do mês mais quente oscila entre 23ºC a 29ºC.

É importante destacar também que o Rio Grande do Sul sofre influência, segundo Berlato e Fontana (2003), do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) que faz parte de uma variação irregular em torno das condições normais do oceano e da atmosfera na região do Pacífico tropical, cujas fases extremas são chamadas pelos autores de El Niño e La Niña. Segundo os autores, em anos de El Niño ocorre precipitação pluvial acima da média em quase todos os meses do ano, principalmente na primavera e início do verão (outubro e novembro) e também no final do outono e início do inverno próximo (maio e junho). Quanto às temperaturas há tendência de que as médias mínimas sejam superiores às dos anos neutros no outono e início do inverno.

Durante La Niña é observada precipitação abaixo da média na maioria dos meses no ano, cujos períodos de maiores anomalias negativas são a primavera, outubro e novembro especialmente, e outono e início do inverno do ano seguinte. A temperatura média mínima em La Niña apresenta anomalia negativa (mais frio) na maioria dos meses do ano, com destaque para outubro e novembro, onde chegam em torno de 1,5ºC.

3.4 Solos

De acordo com Streck et al (2008), as principais classes de solos identificadas na região da bacia hidrográfica do arroio Caverá são Argissolos, caracterizados por solos em geral profundos, por vezes bem drenados ou imperfeitamente drenados, cuja principal característica é a presença de um horizonte B significativamente mais argiloso do que os horizontes A e E. Neossolos, caracterizados por solos de formação muito recente, geralmente rasos ou profundos. São também encontrados Planossolos ocorrentes em áreas planas a suavemente onduladas e em áreas de várzea, são solos imperfeitamente ou mal drenados, caracterizando-se pelo horizonte A geralmente de cor escura e o horizonte E de cor clara, com textura arenosa e passagem abrupta para o horizonte Bt, mais argiloso e adensado.

Também ocorrem, embora em áreas reduzidas Nitossolos, que caracterizam-se por serem solos profundos, com uma sequência de horizontes A-B-C, sendo o B do tipo B nítico. Estes solos têm pouco incremento de argila e apresentam transição difusa ou gradual entre os horizontes, tornando-se difícil sua distinção, tais características assemelham-se aos Latossolos, também ocorrentes na bacia, são solos profundos, bem drenados, apresentam horizontes A-Bw-C, seno o horizonte Bw do tipo B latossólico. Ainda de acordo com o Mapa de Solos do RS (Streck et al, 2008), há uma pequena ocorrência, no baixo curso da bacia, próximo à foz com o rio Ibirapuitã de Chernossolos, que são solos com alta fertilidade química, horizonte A escuro (A chernozêmico, devido aos teores de material orgânico), rasos a profundos, apresentando uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-Bi-C.

3.5 Uso e ocupação do solo

A região oeste do Rio Grande do Sul historicamente tem seu uso e ocupação do solo associado à prática da pecuária e agricultura.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2014) o município de Alegrete possui uma área territorial de 7.803,954 km², ocupada por aproximadamente 78.768 habitantes. A produção pecuária do município é de 629.299 bovinos e 269.625 ovinos, sendo que a produção agrícola municipal de arroz possui 47.500 hectares de área plantada. Quanto aos produtos da Silvicultura, o município de Alegrete, segundo dados do ano de 2012 do IBGE produz 38.215m³ de lenha e 15.451m³ de madeira.

O município de Rosário do Sul, segundo IBGE (2014) possui uma área territorial de 4.369,649 km², ocupada por uma população estimada de 40.798 habitantes. A pecuária produz 349.846 bovinos e 147.996 ovinos e a produção agrícola municipal de arroz ocupa 15.000 hectares de área plantada. Quanto aos produtos da Silvicultura, o município de Rosário do Sul, segundo dados do ano de 2012 do IBGE produz 11.000m³ de lenha.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho, desenvolvido na bacia hidrográfica do arroio Caverá, iniciou com a realização de levantamento bibliográfico e cartográfico que permaneceu durante toda sua execução, com intuito de buscar informações inerentes à temática abordada, embasando teoricamente o estudo e auxiliando na execução dos procedimentos, bem como de trabalhos específicos sobre a área e região de estudo.

Para melhor compreensão e sistematização dos procedimentos adotados no desenvolvimento deste trabalho optou-se por organizar os procedimentos metodológicos em duas etapas: análise do meio físico e análise da vegetação.

4.1 Análise do Meio Físico

Para localização geográfica e delimitação da área da bacia hidrográfica do arroio Caverá foram utilizadas como base cartográfica as Cartas Topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico – DSG (DSG/IBGE, 1977) do Exército Brasileiro, Folhas Alegrete SH.21-X-C-VI-3; Vila São Leandro SH.21-Z-B-I-3; Santa Eugênia SH.21-Z-A-III-2; Arroio Caverá SH.21-X-C-VI-4; Saicã SH.21-Z-B-I-2; Cerro da Samora SH.21-Z-B-I-1; Guara SH.21-Z-B-I-4 e Rincão dos Costa Leite SH.21-X-D-IV-3, disponíveis em escala 1:50.000 e a Base Cartográfica Digital do Estado do Rio Grande do Sul, em escala 1:50.000 (Hasenack e Weber, 2010). Este trabalho, possibilitou a partir do uso do SIG ArcGis versão 10, ferramenta ArcMap (ESRI 2013), imagens de Satélite LANDSAT 8 OLI e dados de RADAR SRTM/TOPODATA de resolução 30 metros, a elaboração de um mapa base da bacia em estudo.

O armazenamento, processamento e gerenciamento dos dados levantados durante a execução dos trabalhos foi realizado com auxílio do software ArcGis 10.

Os atributos topográficos foram gerados utilizando-se as cartas topográficas, sobre as quais foram extraídas as informações das curvas de nível de equidistância de 20 metros somadas aos pontos cotados presentes na área. Através dos mesmos,

realizou-se a interpolação destas informações altimétricas utilizando-se o interpolador ANUDEM (Hutchinson 1989, 1996, 2008), disponível como ferramenta no aplicativo ArcMap, que cria um modelo digital do terreno (MDT) hidrologicamente consistente.

A análise das características da drenagem foi realizada considerando-se os atributos hierarquia, comprimento dos cursos d'água, densidade de drenagem e magnitude, interpretados de acordo com Christofoletti, 1974.

A análise das características do relevo foi realizada a partir dos atributos hipsometria, declividade e orientação de vertentes.

O mapa hipsométrico foi criado conforme conhecimento da área e identificação de campo representando quebras naturais do relevo, compostas de altitudes contínuas, baseadas nas curvas de nível: 77-100m; 100-150m; 150-200m; 200-250m; 250-366m.

O mapa de declividade foi elaborado utilizando as classes de declividade estabelecidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT, 1981): <2%, 2-5%; 5-15%; >15%: O limite de 2% representa áreas muito planas e, quando próximas às drenagens, sujeitas à ocorrência de inundações; 5% - representa áreas de baixa declividade onde se registram processos deposicionais e a partir desta inclinação o processo erosivo passa a ser significativo; 15% - representa a faixa que define o limite máximo para o emprego da mecanização na agricultura e áreas propícias à ocorrência de processos de movimentos de massa e escorregamentos.

A orientação de vertentes, que corresponde à disposição do terreno em relação ao sol, foi classificada nas oito direções: Norte, Nordeste, Noroeste, Oeste, Sudeste, Sudoeste, Leste e Sul.

A definição de unidades morfológicas da bacia hidrográfica utiliza as bases metodológicas de Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul propostas e desenvolvidas pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Geologia Ambiental - Lageolam/UFSM, procedimentos estes que visam à análise e a diferenciação das formas do relevo.

O mapa morfológico foi criado visualmente com a sobreposição de layers no ArcGis, levando em consideração informações de altitude, declividade, além de conhecimento da área, de acordo com as seguintes formas do relevo: plano a suavemente ondulado, ondulado e fortemente ondulado.

As unidades de relevo foram definidas a partir da compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do arroio Caverá, que seguiu a proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado apresentado por Silveira & Silveira (2013), a partir dos preceitos de Iwahashi e Pike (2007). Tal classificação é realizada através do cruzamento de informações e atributos topográficos extraídos de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), gerados por meio de um SIG e hierarquizados, através de uma árvore de decisão, baseada em valores pré-definidos com base em conhecimento da área. Foram empregados quatro atributos topográficos: altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura.

Para a compartimentação geomorfométrica, optou-se pela classificação das curvaturas das vertentes em duas classes: quanto ao perfil em côncavas e convexas e quanto ao plano em convergentes e divergentes, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das informações básicas para a determinação das unidades geomorfométricas.

Altitude	**Declividade**	**Plano**	**Perfil**
1 - <Média	1 - <5%	1 - Convergente	1 - Convexo
2 - >Média	2 - >5%	2 - Divergente	2 - Côncavo

Através do cruzamento das informações utilizando-se a árvore de decisão apresentada no fluxograma da figura 10, foram identificadas 12 unidades geomorfométricas que representam a distribuição espacial das características.

O mapeamento da litologia da bacia hidrográfica do arroio Caverá baseou-se principalmente nos dados levantados durante os trabalhos de campo e também no Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, elaborado pelo CPRM (Wildner et al, 2008).

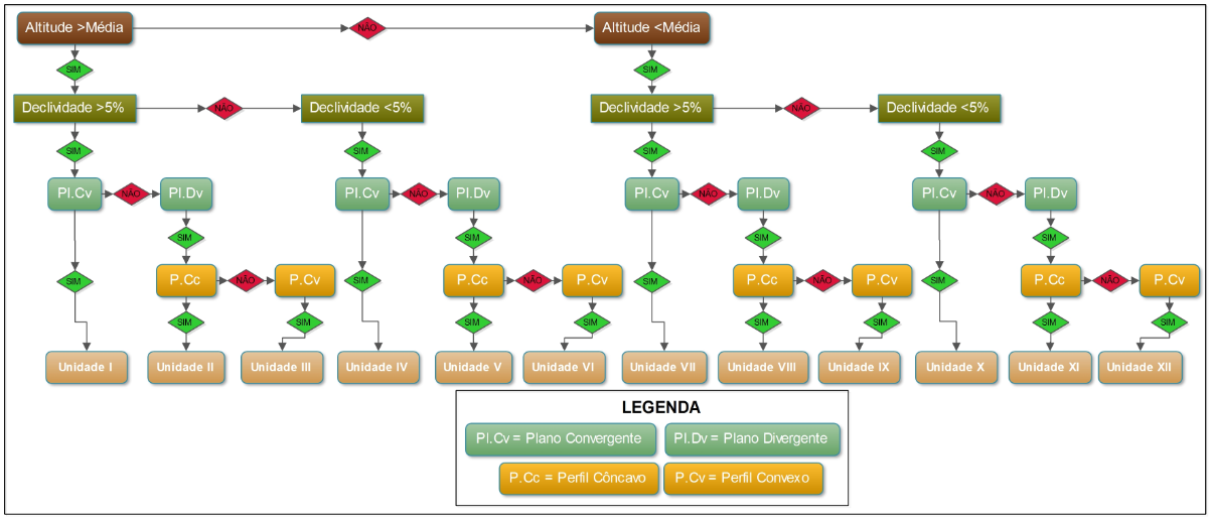

Figura 10 – Fluxograma apresentando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas.

4.2 Análise da Vegetação

Para a caracterização e mapeamento da vegetação florestal na bacia hidrográfica do arroio Caverá foi utilizada como base a metodologia usada por ALVES et al (2010), a qual consiste, em um primeiro momento na elaboração de um mapa base das condições do meio físico e posteriormente na análise fisionômica, florística e fitoecológica da vegetação natural que ainda preserva traços originais. Por fim elabora-se o mapa de cobertura vegetal.

Utilizando o software ArcGis, em laboratório, iniciou-se, a partir da interpretação de imagens de satélite, a análise e diferenciação das fisionomias de vegetação natural, bem como das áreas com intensa intervenção antrópica que não permitem o estudo da vegetação. Em campo estas áreas (fisionômicas e antrópicas) previamente definidas foram confirmadas e/ou melhor definidas e georreferenciadas no mapa base a partir do uso do aparelho receptor GPS, nesta etapa definiu-se as distintas fitofisionomias e as diferentes áreas descaracterizadas pela ação do homem.

Para amostragem florística das tipologias de vegetação florestal, já definidas, foram realizados trabalhos de campo. Para este estudo aplicou-se o método de caminhamento, proposto por Filgueiras et al (1994), o qual consiste em três etapas

distintas, inicialmente é feito o reconhecimento dos tipos de vegetação (fitofisionomias) presentes na área a ser amostrada, em um segundo momento procede-se à elaboração da lista das espécies encontradas para posterior análise dos resultados. Segundo os autores, na primeira etapa, são definidas as fisionomias encontradas e suas respectivas áreas aproximadas, para tal, utilizam-se dados disponíveis, como mapas de vegetação, imagens de satélite, fotografias aéreas etc.

Foi realizada a coleta de material botânico de espécies mais representativas e também das espécies que não foram identificadas a campo, para posterior identificação em laboratório.

Após a caracterização e georreferenciamento das diferentes tipologias (fisionômicas, florísticas e fitoecológicas) de vegetação florestal reconhecidas na bacia, elaborou-se o mapa de vegetação florestal da bacia hidrográfica do arroio Caverá, com o uso do SIG Arcgis 10 e também de imagens de satélite LANDSAT 8 OLI, que associadas às imagens de alta resolução espacial obtidas através do Google Earth Pro, auxiliaram na obtenção de informações sobre a vegetação florestal da bacia hidrográfica.

Após a definição e mapeamento dos tipos fisionômicos e florísticos da vegetação florestal, aplicou-se uma análise correlativa entre estes tipos da vegetação e as formas e componentes do relevo, a fim de reconhecer relações fitoecológicas. A correlação entre as tipologias de vegetação florestal e as características do relevo foi estabelecida através do cruzamento entre as variáveis em ambiente SIG (ArcGIS 10), onde foram interpostos os temas a fim de serem extraídas as informações das unidades geomorfométricas em cada tipologia de vegetação definida, bem como as direções das vertentes na bacia hidrográfica.

Os trabalhos de campo constituíram-se na etapa mais importante do levantamento de dados e estiveram presentes durante todo o desenvolvimento do trabalho, pois estes, além de serem fundamentais para o reconhecimento da área, serviram de base para todos os levantamentos da área de estudo.

Através dos trabalhos de campo foram feitos os levantamentos e a caracterização dos elementos de altitude e de declividade, estabelecendo-se os limites para os mapeamentos.

As formas de uso e ocupação do solo também puderam ser identificadas e observadas a partir dos trabalhos de campo na área de estudo, bem como o levantamento das litologias ocorrentes na bacia.

As unidades morfológicas e geomorfométricas estabelecidas foram validadas durante os trabalhos de campo, que serviram tanto para o levantamento destas informações como para verificação de sua conformidade.

A definição das fitofisionomias e a caracterização das diferentes tipologias de vegetação florestal da bacia hidrográfica do arroio Caverá foi confirmada e georreferenciada durante os trabalhos de campo, que foram de fundamental importância também para a caracterização florística destas tipologias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do arroio Caverá, localizada na região oeste do Rio Grande do Sul, possui área de 1.459 km² e apresenta como menor cota altimétrica o nível de 77 metros, junto à planície de inundação do arroio, próximo à foz com o rio Ibirapuitã e a maior cota é de 366 metros, no alto curso da bacia, resultando em uma amplitude altimétrica de 289 m.

5.1 Análise do Meio Físico

As condições do meio físico da bacia foram analisadas, neste estudo, com objetivo de reconhecer e diferenciar unidades, com base nas características do relevo, do substrato rochoso e da rede hidrográfica.

5.1.1 Análise da rede de drenagem

A bacia hidrográfica do arroio Caverá, situada na região Oeste do Rio Grande do Sul, ocupa uma área de 1.459 km² entre os municípios de Alegrete e Rosário do Sul, é afluente da margem direita do rio Ibirapuitã (Figura 11) que é afluente da margem esquerda do rio Ibicuí, fazendo parte da região hidrográfica do rio Uruguai. Sua rede de captação apresenta como principais afluentes os arroios Touro Passo e Queromana e a restinga Três Cerros, ambos à sua margem direita (Figura 12).

Apresenta forma alongada e padrão retangular-dendrítico, seu curso apresenta-se levemente direcionado no sentido sudeste-noroeste até o meio curso da bacia onde esta direção torna-se mais acentuada. Possui uma hierarquia fluvial de 6ª ordem, com comprimento dos cursos d'água de 1.834 km e densidade de drenagem de 1,25 km/km², conforme dados apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Dados morfométricos da rede de drenagem do arroio Caverá.

ATRIBUTOS	MORFOMETRIA
Área da bacia hidrográfica	1.459 km²
Hierarquia	6ª ordem
Extensão do canal principal	174 km
Perímetro da bacia	258,99 km
Comprimento total dos cursos d'água	1.834 km
Densidade de drenagem	1,25 km/km²
Magnitude	830 canais de 1ª ordem

A densidade da rede de drenagem, segundo Christofoletti (1974), é uma das mais importantes variáveis morfométricas na análise de bacias hidrográficas, pois representa o grau de dissecação do relevo em paisagens moldadas pela atuação fluvial. Segundo o autor, o comportamento hidrológico das rochas atua na densidade de drenagem, de forma que rochas com pouca infiltração contribuem para o aumento do escoamento superficial, formando canais de drenagem.

Apresentando uma densidade de drenagem de 1,25 km/km², a bacia hidrográfica do arroio Caverá, pode ser caracterizada como de drenagem mediana a partir da análise quantitativa feita por Villela e Mattos (1975 apud Trentin, 2011), que indicaram o índice de 0,5 km/km² como bacias com drenagem pobre, enquanto o índice extremo de 3,5 km/km² ou mais, indica bacias excepcionalmente bem drenadas.

Figura 11 – Imagens de satélite de duas porções do curso principal do arroio Caverá. Em A, foz junto à margem direita do rio Ibirapuitã (imagem de out. 2013). Em B, porção meandrante no baixo curso do arroio (imagem de nov.2013). Fonte: Google Earth, 2014.

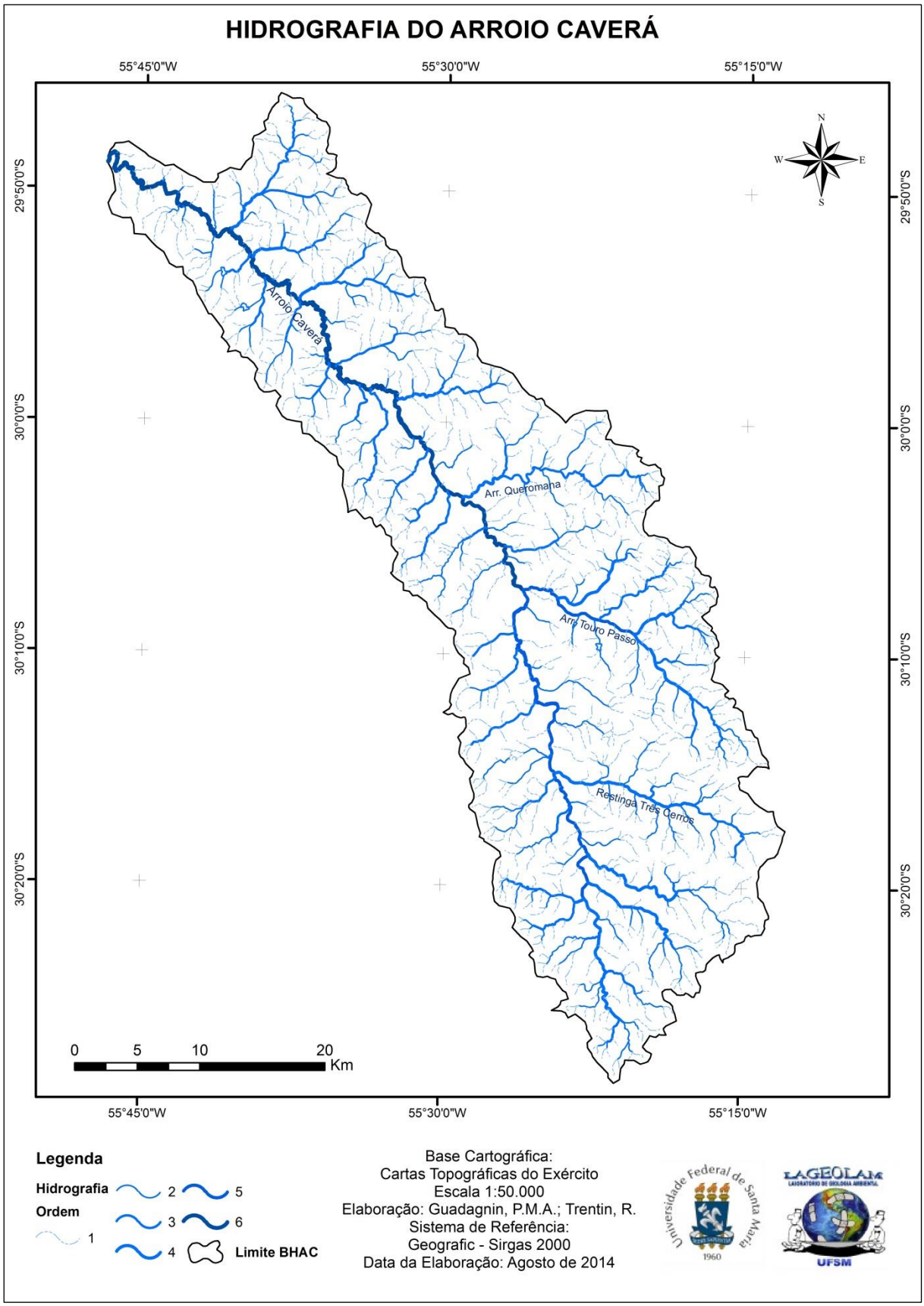

Figura 12 – Mapa hidrográfico da bacia do arroio Caverá.

5.1.2 Atributos do relevo

Na análise do relevo da bacia hidrográfica do arroio Caverá foram considerados parâmetros referentes à hipsometria, à declividade da área e à análise das vertentes, através da orientação e análise geomorfométrica, determinando as unidades de relevo.

5.1.2.1 Hipsometria

A amplitude altimétrica da bacia hidrográfica do arroio Caverá é de 289 metros, seu ponto cotado de maior altitude se encontra a 366 metros e sua foz junto ao rio Ibirapuitã está a 77 metros de altitude. Assim, a bacia foi classificada de acordo com 5 classes de altitudes, representadas na figura 13.

A tabela 3 apresenta os limites utilizados na divisão das classes, bem como suas respectivas áreas e porcentagem de ocorrência, na bacia hidrográfica.

Tabela 3 – Intervalo das classes hipsométricas e respectivas áreas.

Classes hipsométricas	**Área (km²)**	**Porcentagem**
<100m	134	9,1%
100-150m	719	49,2%
150-200m	436	29,8%
200-250m	107	7,3%
>250m	64	4,3%

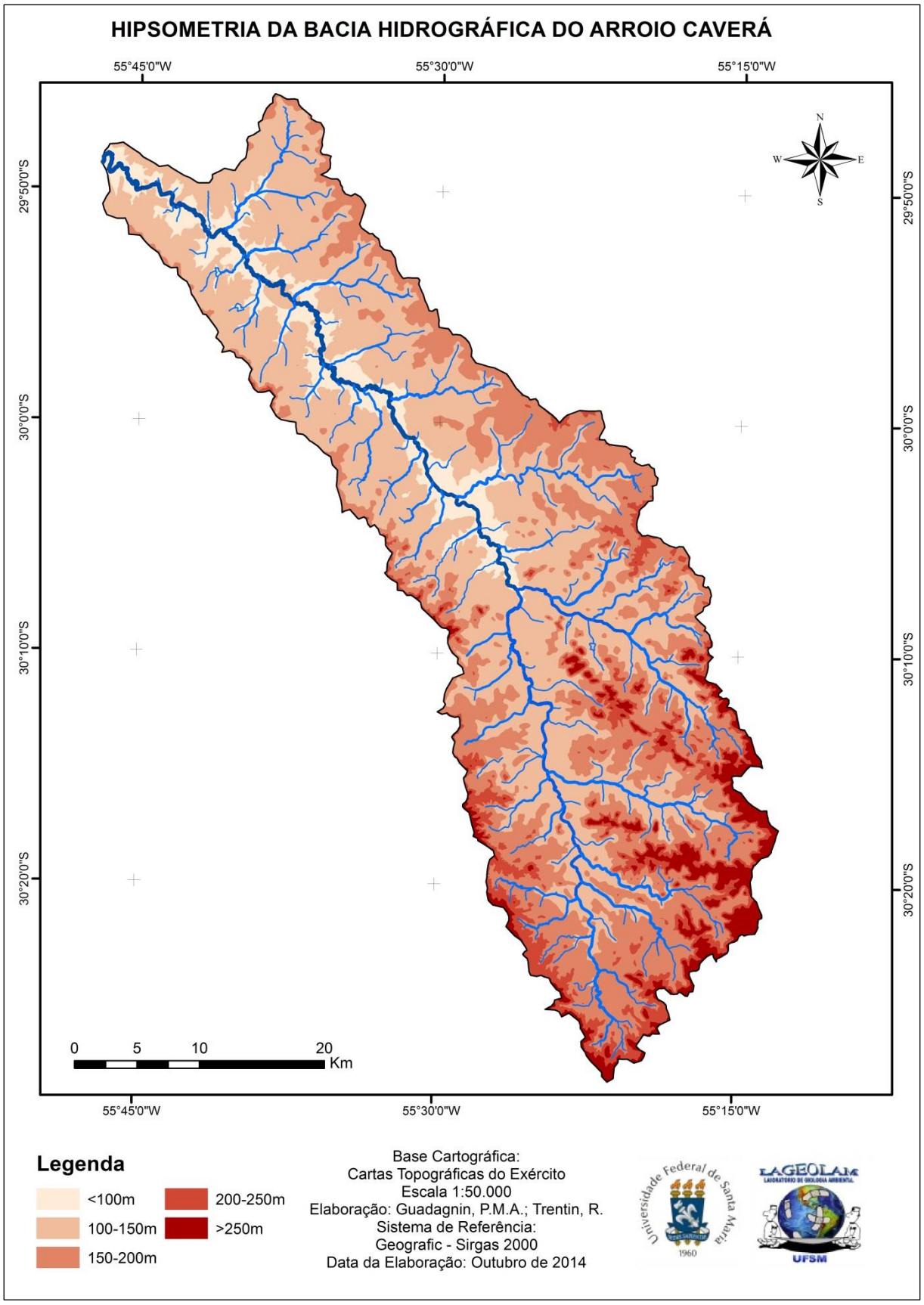

Figura 13 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

Ao observar-se a tabela e o mapa fica evidente a predominância da classe de 100 a 150 metros de altitude, com 49,1% estendendo-se por toda a bacia, inclusive no alto curso.

As altitudes de 150 a 200 metros, que ocorrem em 29,8% da área da bacia, marcam a transição do relevo suavemente ondulado para a área da Serra do Caverá, onde predominam morros e morrotes com altitudes mais elevadas que, considerando-se as classes acima de 200 metros, somam 11,6% da área total da bacia.

5.1.2.2 Declividade

Um dos atributos de essencial importância no estudo das vertentes é a declividade, pois determina a possibilidade de ocorrência de dinâmicas superficiais, como processos de acumulação e de erosão.

Foram definidas 4 classes de declividade para a bacia do arroio Caverá, apresentadas na tabela 4 e na figura 14.

Tabela 4 – Classes de declividade das vertentes na bacia e respectivas áreas.

Declividade	**Área (km²)**	**Porcentagem**
<2%	467	31,8%
2-5%	418	28,5%
5-15%	414	28,2%
>15%	165	11,2%

Pode-se observar através da análise da tabela e do mapa que as declividades menores que 2% além de ocuparem a maior área da bacia (31,8%), ocorrem por praticamente toda sua extensão, principalmente no baixo e médio curso ao longo da

planície de acumulação, tais declividades, associadas a outros fatores ambientais e de uso do solo, podem condicionar a ocorrência de processos de acumulação.

As declividades de 2 a 5% e de 5 a 15% somam juntas 56,7% e ocorrem em praticamente toda área da bacia, intensificando-se no médio e alto curso declividades de 5 a 15%.

Declividades superiores a 15% ocorrem principalmente no alto curso da bacia, em 11,2% do total da área, tais declividades, associadas a outros fatores ambientais e de uso do solo, podem contribuir para a ocorrência de processos morfogenéticos de erosão. No entanto tais locais, com altitude e declividade mais elevadas, tornam-se menos favoráveis ao uso do solo, não só pelos fatores geomorfológicos como também litológicos e pedológicos.

Pela análise da tabela e do mapa, verifica-se que 88,5% da área total da bacia apresenta declividades inferiores a 15%, sabe-se que esta configuração do relevo torna possível o uso agrícola do solo, sendo a declividade de 15% o limite máximo para o emprego de maquinário, tal uso na referida região, se dá principalmente em áreas de planície de acumulação, pelo cultivo do arroz e soja e, em áreas de colinas suavemente onduladas, soja e pastagens forrageiras (aveia, azevém, braquiária e outros).

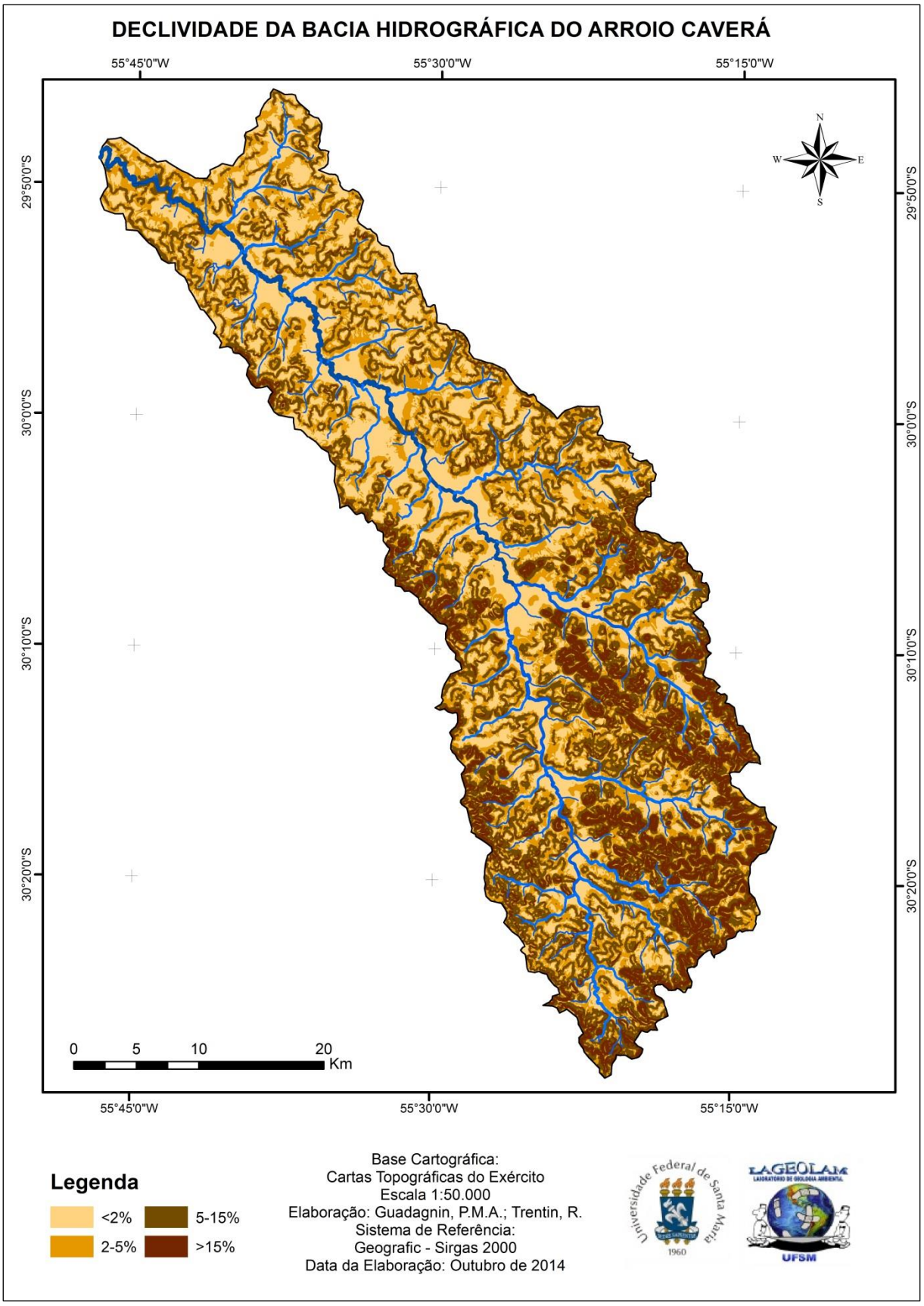

Figura 14 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

5.1.2.3 Orientação de Vertentes

A orientação de vertentes corresponde à disposição do terreno em relação ao sol, sendo a medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, comumente expressa em azimute. Tal variável relaciona-se ao nível de sombreamento ou iluminação do terreno selecionando habitats mais favoráveis para o estabelecimento de determinadas tipologias de vegetação em detrimento de outras BISPO (2007).

A distribuição espacial da orientação das vertentes na bacia hidrográfica do arroio Caverá está representada na figura 15 e o gráfico 1 apresenta a porcentagem que cada direção de vertente ocupa na bacia.

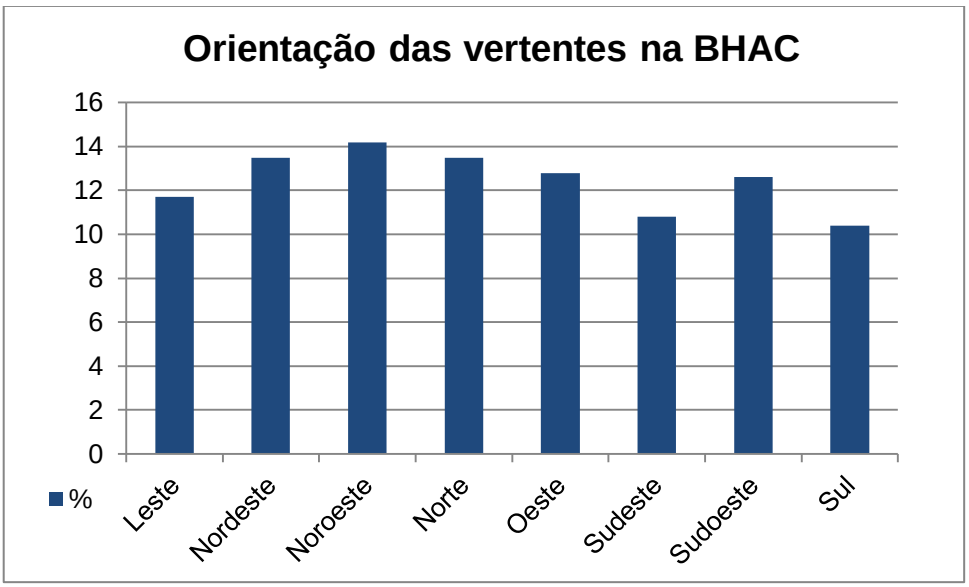

Gráfico 1 – Porcentagem da orientação das vertentes na bacia do arroio Caverá.

As orientações das vertentes da bacia ocorrem de forma bastante proporcional, com leve predomínio da orientação Noroeste, com 14,2%, seguida das orientações Norte e Nordeste com 13,5% cada. A orientação com menor ocorrência é a Sul, com 10,4%.

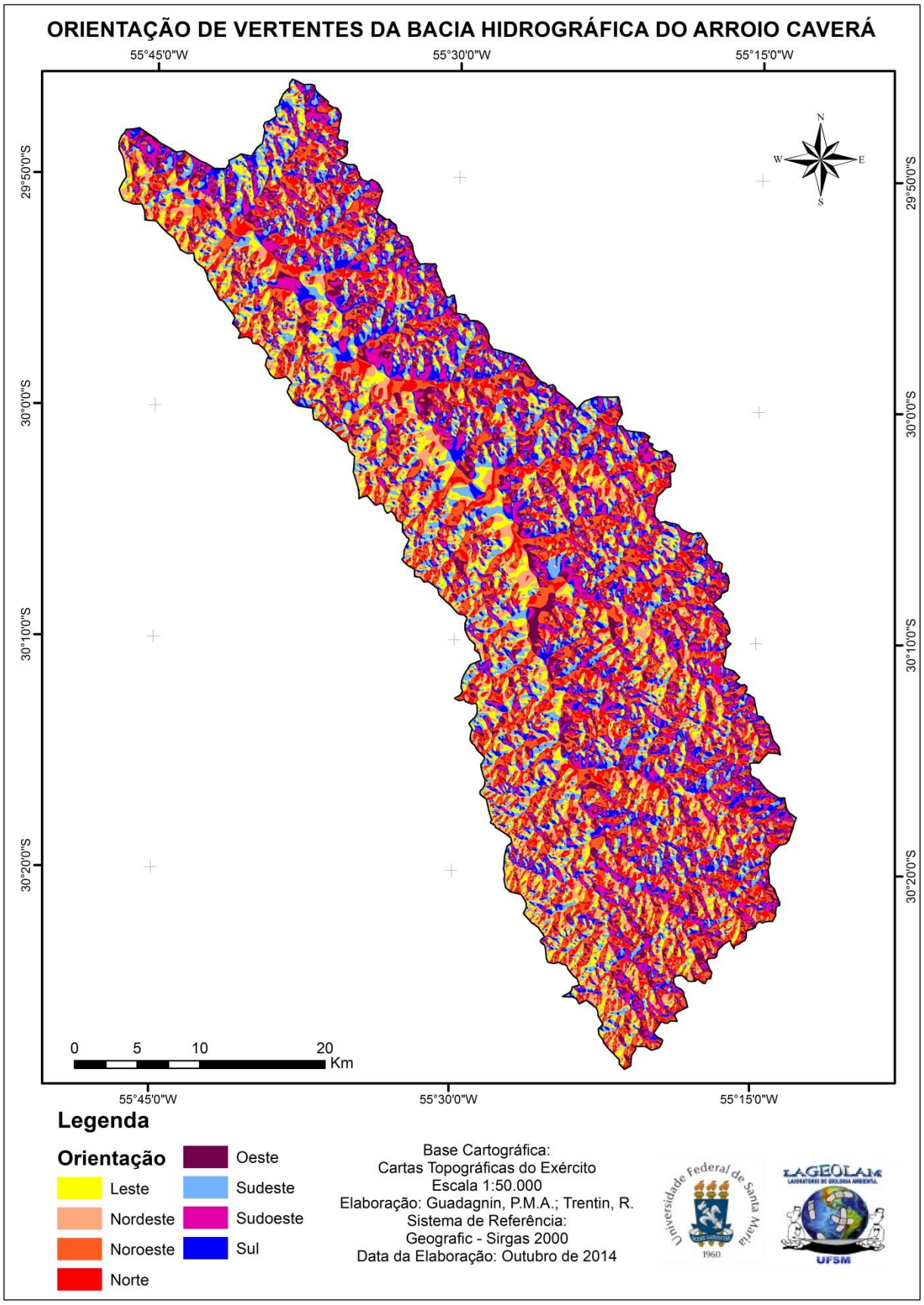

Figura 15 – Mapa de orientação de vertentes da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

5.1.2.4 Mapa Morfológico

Os dados obtidos permitiram a individualização de três áreas com formas homogêneas do relevo, apresentadas na tabela 5 e no mapa da figura 16.

Tabela 5 – Características das formas do relevo na bacia do arroio Caverá.

Formas do relevo	**Altitude Predominante**	**Declividade Predominante**	**Área (km²)**	**% da área total**
Plano a suavemente ondulado	<150m	<2% e 2-5%	847,5	58
Ondulado	>150m	5-15%	445,6	30,5
Fortemente ondulado	>150m	>15%	166,5	11,4

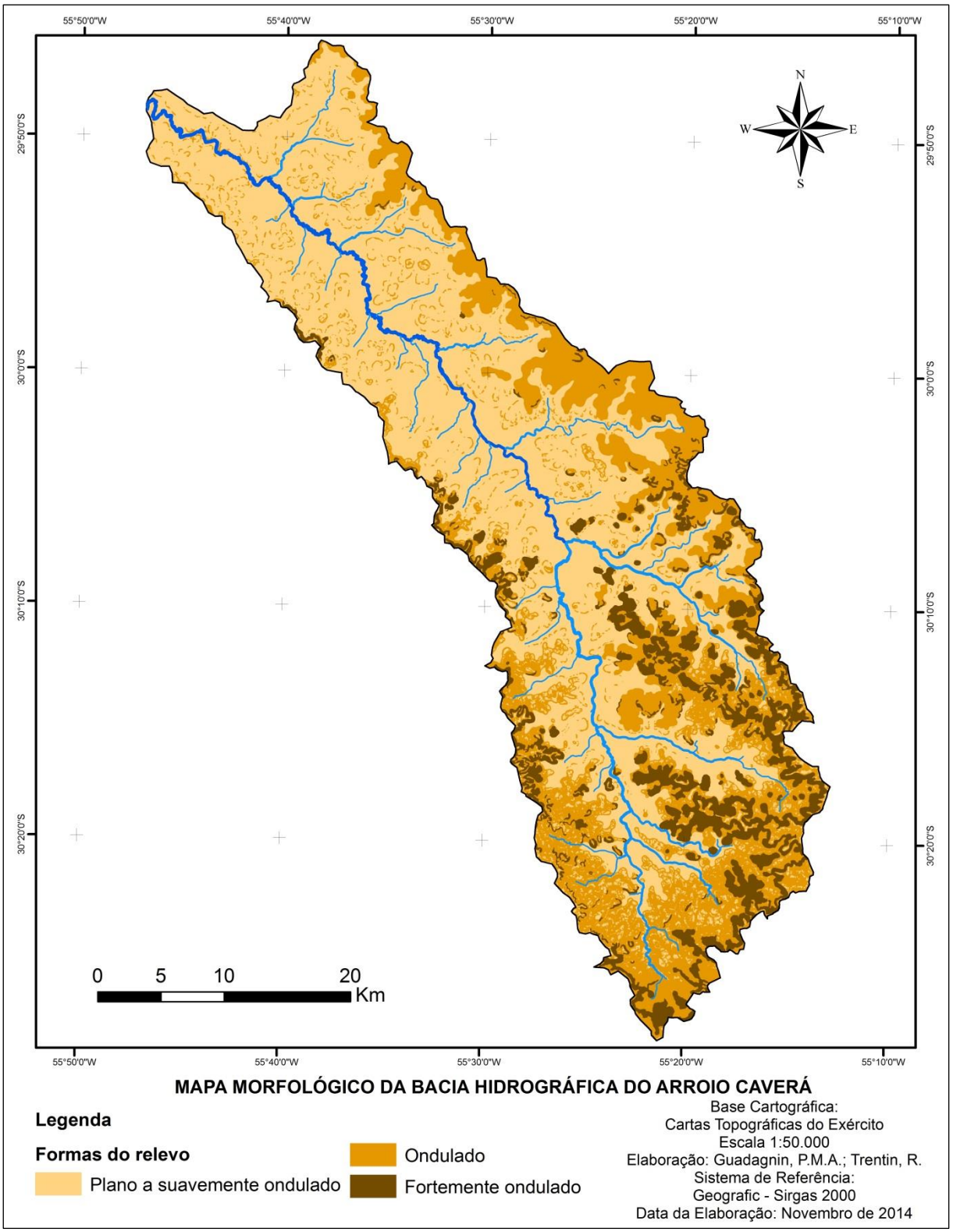

Figura 16 – Mapa morfológico da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

As áreas onde o relevo é considerado plano a suavemente ondulado apresentam altitudes predominantemente menores que 150 metros e declividades que variam entre menores que 2% até 5%. Estendem-se por grande parte da bacia, principalmente no baixo e médio curso, ocupando uma área de 847,5km² o que corresponde a 58% da área total da bacia (figura 17).

Figura 17 – Áreas com relevo plano a suavemente ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá. Fotos de abril e agosto de 2013, respectivamente.

As áreas de relevo ondulado possuem altitudes predominantemente maiores que 150 metros e declividades que variam de 5 a 15% (figura 18). Correspondem a segunda maior área na bacia, com 445,6km² e 30,5% da área total. Ocorrem principalmente no alto e médio curso da bacia, estendendo-se ao baixo curso pelo divisor de águas da margem direita do arroio Caverá.

Figura 18 – Áreas com relevo ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá. Fotos de março de 2014 e abril de 2013, respectivamente.

Com menor ocorrência, 166,5km² e 11,4% da área total da bacia, as áreas onde o relevo é considerado fortemente ondulado apresentam altitudes predominantemente maiores que 150 metros e declividades maiores que 15% (figura 19). Ocorrem principalmente no alto curso da bacia, entre os divisores de águas de seus principais afluentes.

Figura 19 – Áreas com relevo fortemente ondulado na bacia hidrográfica do arroio Caverá. Fotos de março de 2014.

5.1.2.5 Unidades de Relevo - Compartimentação Geomorfométrica

A análise dos atributos de altitude, declividade e perfil e plano de curvatura das vertentes definiu as unidades geomorfométricas de relevo da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

Ao se trabalhar com as informações altimétricas em uma bacia hidrográfica, possibilita-se analisar as condições mais propícias a processos de dissecação para as áreas de maior altitude e processos de acumulação ou deposição dos sedimentos relacionados às áreas de maior para as áreas de menor altitude. Permitem-se, ainda, análises das variações de amplitude apresentadas pela bacia hidrográfica. Neste trabalho estas informações foram consideradas em função da distribuição do histograma de frequência, onde foi considerada a média geral das altimetrias que

corresponde a 150 metros. A escolha por este valor como limite corresponde ainda à sua proximidade com uma situação de quebra natural do relevo, ou seja, a base da Serra do Caverá que nesta área apresenta as altitudes próximas a 180 metros.

O atributo declividade é um dos mais utilizados para caracterização do relevo, pois permite uma primeira indicação dos processos morfogenéticos atuantes. As declividades acima de 5% marcam o limite de ocorrência predominante de processos morfogenéticos erosivos. Essa informação permite a primeira divisão entre o predomínio de processos pedogenéticos de acumulação e os processos morfogenéticos.

Hugget (1975) estabelece a combinação de formas de vertentes associando a curvatura vista em perfil e em plano; propõe nove padrões ideais para indicações das direções dos fluxos da água sobre as vertentes, cujas diferenças nos solos e na paisagem são resultantes, em parte, do movimento da água e sua distribuição nas vertentes.

A curvatura no perfil é a taxa de variação da declividade na direção do aspecto enquanto a curvatura no plano é a taxa de variação da declividade na direção ortogonal a do aspecto (MENDIONDO et al, 1998).

O perfil de curvatura é importante para caracterizar mudanças na velocidade do fluxo da água e processos relacionados ao transporte de sedimentos, enquanto que o plano de curvatura demonstra a propensão da água a convergir ou divergir no terreno (GALLANT e WILSON, 2000).

Assim, o perfil de curvatura representa a forma da vertente no sentido descendente e indica a proporção de mudança do potencial do gradiente, influenciando no fluxo da água e na velocidade de processos de transporte de sedimentos.

O plano de curvatura representa a medida da convergência e divergência topográfica e por isso influencia a concentração de água na paisagem (SIRTOLI et al, 2008).

Baseando-se nos parâmetros descritos foram classificados os tipos de vertentes e se estabelece o zoneamento das unidades de relevo. Para a bacia hidrográfica do arroio Caverá foram definidas 12 unidades de relevo, que serão descritas a seguir e apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 – Descrição geral das unidades geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

Un	Área km²/ Porcentagem	Ocorrência na Bacia	Porção da Vertente	Características
I	138Km²/ 9,5%	Alto e médio curso	Terço superior	Possibilidade de processos morfogenéticos de erosão.
II	104,7Km²/ 7,2%	Alto e médio curso	Terço superior	Processos erosivos atenuados pela menor velocidade do fluxo.
III	114,9Km²/ 7,9%	Alto e médio curso	Terços superior até médio	Processos erosivos acentuados; maior velocidade do fluxo.
IV	103Km²/ 7,1%	Alto e médio curso	Terços superior até médio	Aumento de concentração da água.
V	55,6Km²/ 3,8%	Alto e médio curso	Terços superior e médio	Processos de acumulação atenuados pela dissipação da água.
VI	73Km²/ 5%	Alto e médio curso	Terços superior e médio	Aumento da energia do fluxo
VII	91,7Km²/ 6,3%	Médio e baixo curso	Terço médio	Possibilidade de formação de processos erosivos em canais de concentração.
VIII	85,9Km²/ 5,9%	Médio e baixo curso	Terço médio	Diminuição da energia e dissipação do fluxo; possibilidade de erosão.
IX	39,4Km²/ 2,7%	Médio e baixo curso	Terço médio	Possibilidade de processos erosivos.
X	315,1Km²/ 21,6%	Baixo curso (predom.)	Terços médio e inferior	Processos de acumulação pela concentração do fluxo.
XI	205,4Km²/ 14,1%	Baixo curso (predom.)	Terços médio e inferior	Processos de acumulação; diminuição da energia do fluxo.
XII	132,5Km²/ 9,1%	Baixo curso (predom.)	Terços médio e inferior	Processos de acumulação com aumento da velocidade do fluxo.

A unidade I cobre 138 km², representando 9,5% do total da área da bacia, sendo mais expressiva no alto curso da bacia, ocorrendo também, com menor intensidade no médio curso e com pouca expressão no baixo curso, restrita aos limites da bacia. Predominam processos morfogenéticos de erosão devido à declividade superior a 5%, localização predominantemente nos topos das vertentes e maior concentração da água devido ao plano de curvatura ser convergente.

A unidade II cobre uma área de 104,7 km², próximo a 7,2% da área da bacia, assim como a unidade I ocorre predominantemente no alto curso da bacia, com

menor intensidade no médio curso e com pouca expressão no baixo curso, restrita aos limites da bacia. Ocupa principalmente o terço superior das vertentes em altitudes maiores que a média, apesar da declividade ser maior que 5% os processos erosivos podem ser atenuados devido ao perfil côncavo e plano de curvatura divergente, o que faz com que a água seja dissipada com menor velocidade.

A unidade III cobre aproximadamente 114,9 km², sendo 7,9% do total da área da bacia, ocorrendo predominantemente nas porções do alto curso da bacia estendendo-se até o médio e baixo curso pelos divisores d'água. Ocorre predominantemente no topo das vertentes por vezes estendendo-se a meia vertente, principalmente no alto curso da bacia. Caracteriza-se pela altitude maior que a média e declividade maior que 5%, o que pode levar à ocorrência de processos erosivos acentuados devido ao aumento da velocidade do fluxo (perfil convexo) e dissipação da água (plano divergente).

A unidade IV cobre aproximadamente 103 km², correspondendo a 7,1% da área da bacia hidrográfica, distribui-se principalmente pelo alto e médio curso da bacia, no baixo curso, com pouca expressão, restringe-se aos limites da bacia, sendo o limite leste de maior expressão. Ocorre no topo das vertentes, estendendo-se até a meia vertente, caracteriza-se pela declividade inferior a 5% e plano de curvatura convergente.

A unidade V cobre aproximadamente 55,6 km², correspondendo a aproximadamente 3,8% da área da bacia, ocorre principalmente pelo alto e médio curso da bacia, no baixo curso, com pouca expressão, restringe-se aos limites da bacia, sendo o limite leste de maior expressão. Distribui-se predominantemente pelo terço superior e médio das vertentes. Apesar da declividade inferior a 5% e perfil côncavo, provavelmente não ocorram significativos processos de acumulação devido ao plano de curvatura divergente.

A figura 20 apresenta os mapas com as Unidades geomorfométricas I a VI da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

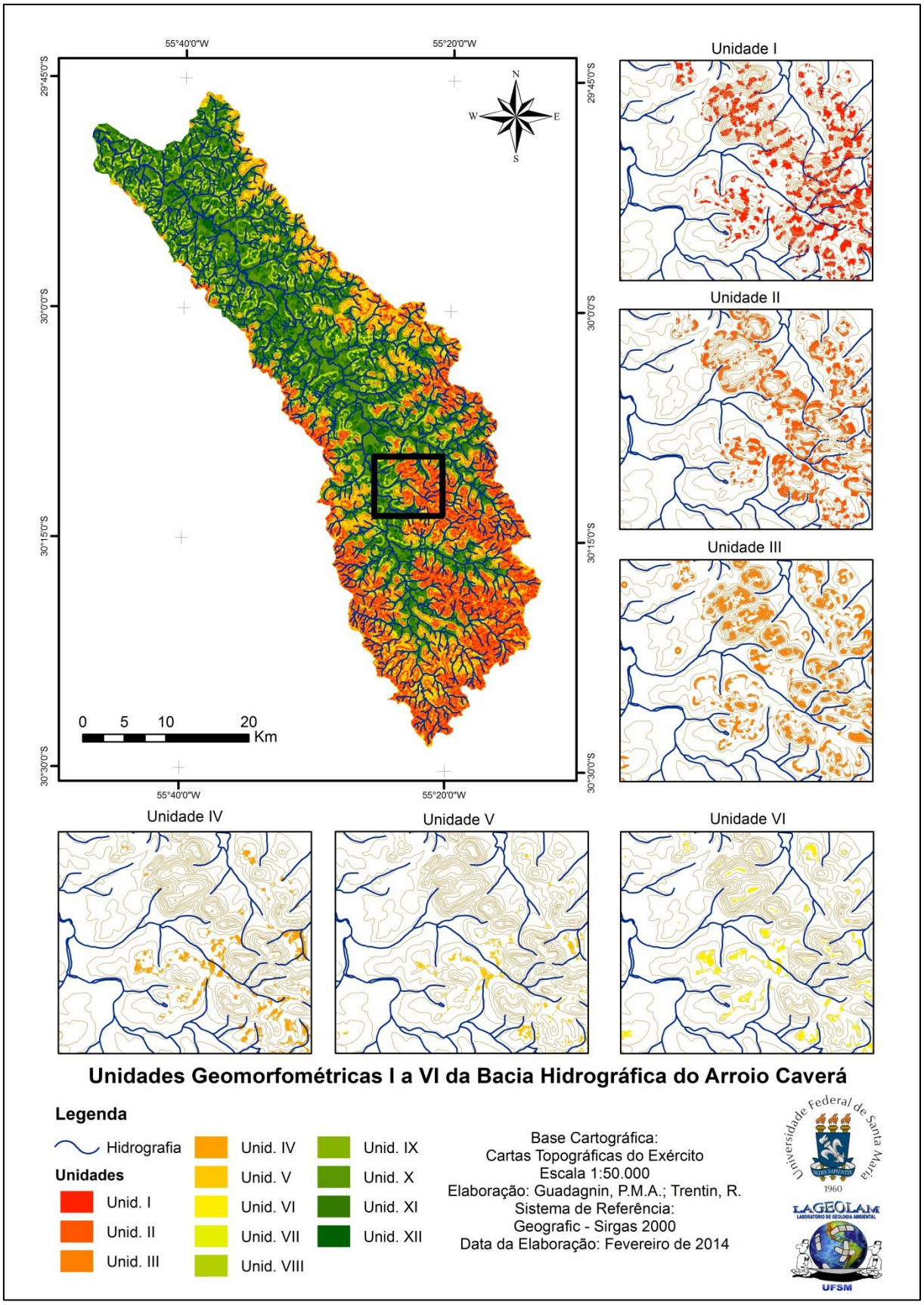

Figura 20 – Mapas das unidades geomorfométricas I a VI da bacia hidrográfica do Arroio Caverá.

A unidade VI, cobre aproximadamente 73 km², correspondendo a 5% da área da bacia, ocorre principalmente pelo alto e médio curso da bacia, no baixo curso, com pouca expressão, restringe-se aos limites da bacia, sendo o limite leste de maior expressão, ocorrendo nos terços superior e médio da vertente. Pelas características do perfil e plano de curvatura da unidade (convexo e divergente), pode-se considerar que há aumento da energia do fluxo, porém, pela declividade inferior a 5%, os possíveis processos erosivos são atenuados.

A unidade VII cobre 91,7 km², representando em torno de 6,3% do total da área da bacia. Ocorre predominantemente no médio e baixo curso da bacia, ocupando principalmente a região da meia vertente, ocorrendo também, com menor expressão, no alto curso, por vezes próximas às drenagens. Caracteriza-se pelo plano de curvatura convergente e declividade superior a 5%, o que pode formar canais de concentração de água e possibilidade de processos morfogenéticos de erosão.

A unidade VIII cobre uma área de 85,9 km², próximo a 5,9% da área da bacia. Ocorre predominantemente no médio e baixo curso da bacia ocorrendo também, com menor expressão, no alto curso, por vezes próxima às drenagens. Assim como a unidade VII, predomina no terço médio das vertentes localizadas no baixo e médio curso, por vezes próximo à drenagem. Caracteriza-se pela diminuição da energia e dissipação do fluxo na vertente (perfil côncavo e plano divergente), bem como pela possibilidade de ocorrência de processos erosivos devido à declividade superior a 5%.

A unidade IX cobre aproximadamente 39,4 km², sendo 2,7% do total da área da bacia. Ocorre predominantemente no médio e baixo curso da bacia ocorrendo também, com pouca expressão, no alto curso, por vezes próxima às drenagens, sobretudo no terço médio da vertente. Há o predomínio de processos morfogenéticos de erosão pela declividade superior a 5% associada ao aumento da energia e dissipação do fluxo (perfil convexo e plano divergente).

A figura 21 apresenta os mapas com as unidades geomorfométricas VII a XII da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

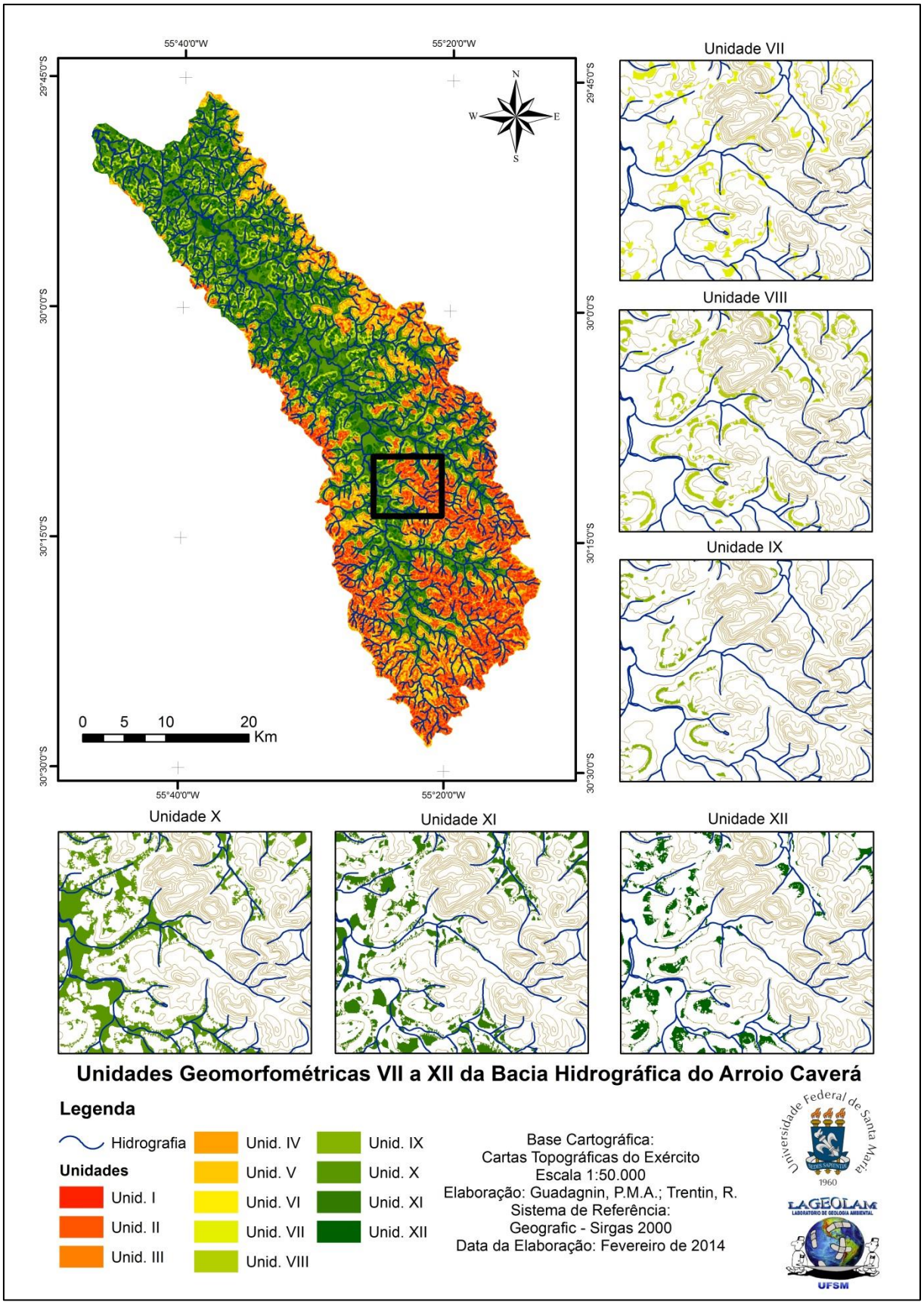

Figura 21 – Mapas das unidades geomorfométricas VII a XII da bacia hidrográfica do Arroio Caverá.

A unidade X cobre aproximadamente 315,1 km², correspondendo a 21,6% da área da bacia. Ocorre com predominância quase absoluta no baixo curso, com grande expressão no médio curso e no alto curso sua área de ocorrência é significativamente menor. Estende-se por todas as porções das vertentes do médio e baixo curso (declividade inferior à média), inclusive junto ao curso principal do Arroio, formada por áreas de declividades inferiores a 5%, caracteriza-se pela concentração do fluxo convergindo na base da vertente (plano convergente).

A unidade XI cobre aproximadamente 205,4 km², correspondendo a aproximadamente 14,1% da área da bacia. Ocorre com predominância quase absoluta no baixo curso, com grande expressão no médio curso e no alto curso sua área de ocorrência é significativamente menor. Encontra-se principalmente no terço médio e inferior das vertentes, em altitudes inferiores à média e declividade menor que 5%. Caracterizada pela diminuição da energia do fluxo divergente (perfil côncavo e plano divergente).

A unidade XII cobre aproximadamente 132,5 km², correspondendo a 9,1% da área da bacia. Ocorre predominantemente no baixo curso, estendendo-se até o médio curso e de forma menos expressiva no alto curso. Predomina nos terços superior e médio das vertentes no médio e baixo curso (altitude inferior à média) e por vezes no terço inferior junto à planície de inundação. Caracteriza-se pelo aumento da velocidade do fluxo em direção à base da vertente (perfil convexo), porém com fluxo divergente (plano divergente).

O predomínio das unidades X e XI, ocupando juntas aproximadamente 36% da área total da bacia, permite caracterizá-la como constituída por um relevo plano e de baixa altitude. As unidades onde os processos de erosão podem ser importantes estão representadas pelas unidades I a III que ocorrem nas porções do alto curso e terço superior das vertentes.

5.1.3 Análise das características litológicas

As litologias encontradas na bacia hidrográfica do arroio Caverá são compostas por rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná e depósitos recentes do arroio Caverá. Segundo Milani (2002 apud Trentin, 2011), a Bacia do Paraná é uma ampla região sedimentar da América do Sul, que abriga um conjunto de rochas com idade entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo.

A figura 22 apresenta a distribuição das litologias da bacia hidrográfica do arroio Caverá. Pode-se observar que na bacia ocorre o predomínio de rochas vulcânicas, embora também ocorram com grande expressão as rochas areníticas, seguidas dos depósitos recentes.

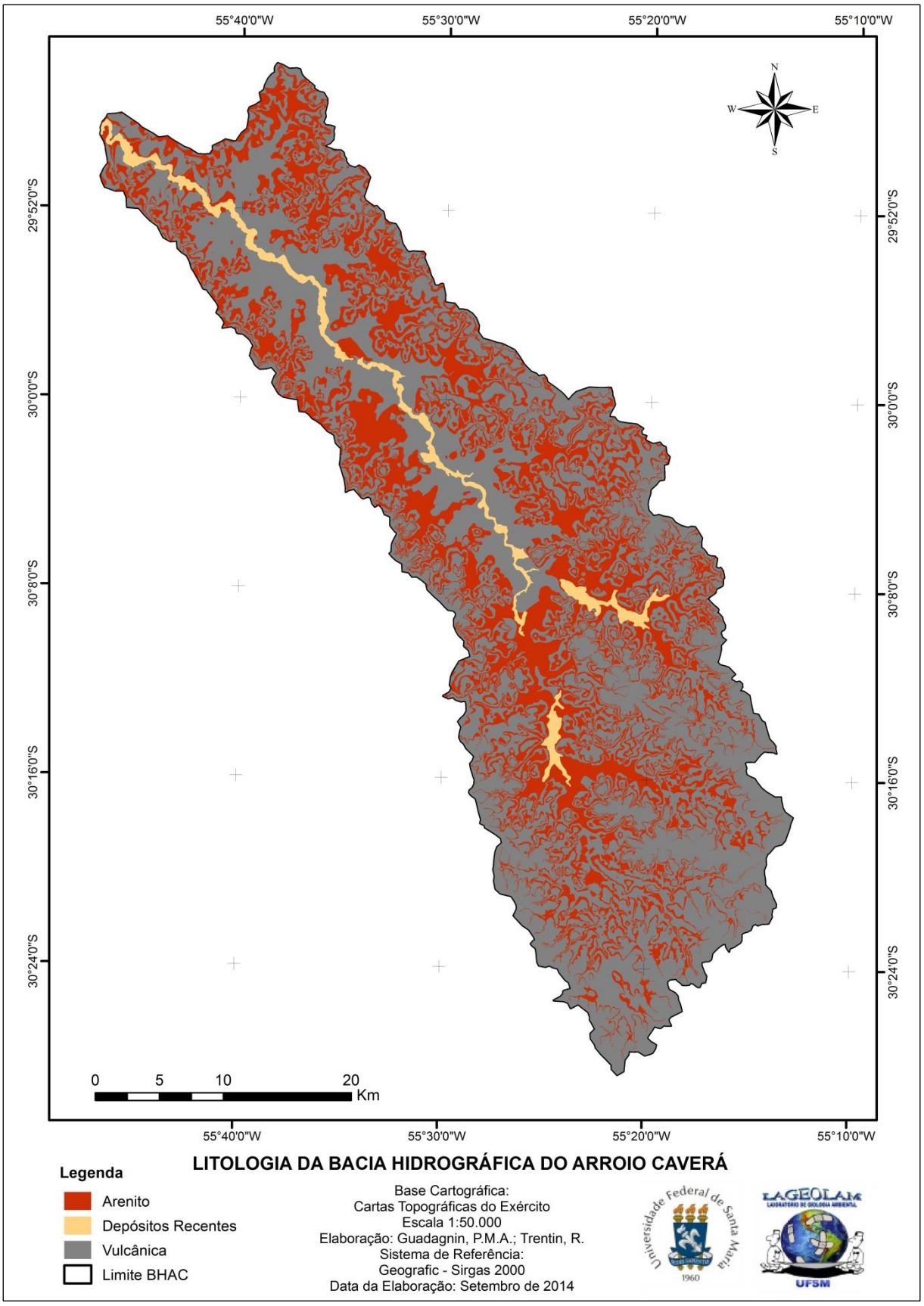

Figura 22 – Mapa litológico da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

5.1.3.1 Rochas vulcânicas

As rochas vulcânicas, originadas de derrames que ocorreram no Rio Grande do Sul, pertencem a Formação Serra Geral. Na área de estudo, estes recobrimentos não apresentam uniformidade, havendo considerável interposição com as formações sedimentares (Figura 23).

Estas interposições ocorrem, principalmente, entre um derrame e outro, onde registra-se a presença de arenitos intertrápicos da Formação Botucatu, intercalando-se entre os derrames.

Figura 23 – Rocha vulcânica formando uma delgada camada de cerca de 1,5m em topo de morrote de arenito. Foto de abril de 2013.

5.1.3.2 Rochas areníticas

As rochas areníticas presentes na bacia hidrográfica são predominantemente arenitos eólicos da Formação Botucatu e, conforme identificação em trabalhos de campo, ocorrem em afloramentos bastante delgados, na maioria das vezes

intercalados sobre derrames de rochas vulcânicas, formando degraus na paisagem (Figura 24). Essa constante intercalação de substratos torna difícil o mapeamento destes, sendo muitas vezes classificados como associações de rocha vulcânica e arenitos eólicos, como é o caso apresentado em Robaina *et al* (2014).

Figura 24 – Morrote de arenito com topo vulcânico, destacando-se à meia encosta a linha de contato entre as duas litologias. Observa-se associado a esta linha o estabelecimento de pequenos núcleos florestais conhecidos como capões-de-mato. Foto de abril de 2013.

5.1.3.3 Depósitos recentes

O substrato mais recente é constituído por depósitos do arroio Caverá, ocorrendo em área significativa ao longo do curso principal e de um de seus principais afluentes, o arroio Touro Passo.

A figura 25 mostra áreas de depósitos associados ao canal principal do arroio Caverá, formando bancos de areia.

Figura 25 – Depósitos recentes no curso principal do arroio Caverá. Fotos de agosto de 2013.

5.2 Análise da Vegetação

Os estudos realizados na bacia revelaram a existência de duas formações vegetacionais distintas, formação campestre (predominantemente) e formação florestal, sendo que esta última foi dividida em duas tipologias, matas ciliares e capões-de-mato/matas de encosta, que ocupam uma área aproximada de 102,75km² (7,04%) do total da bacia.

5.2.1 Matas Ciliares

Principal formação florestal da bacia ocorre na planície de acumulação, associada ao curso principal e afluentes do arroio Caverá (figura 26). Distribui-se formando uma faixa longitudinal com largura e composição florística variável de acordo com as particularidades locais bem como se encontra por vezes reduzida e/ou segmentada pela ação antrópica (figura 27).

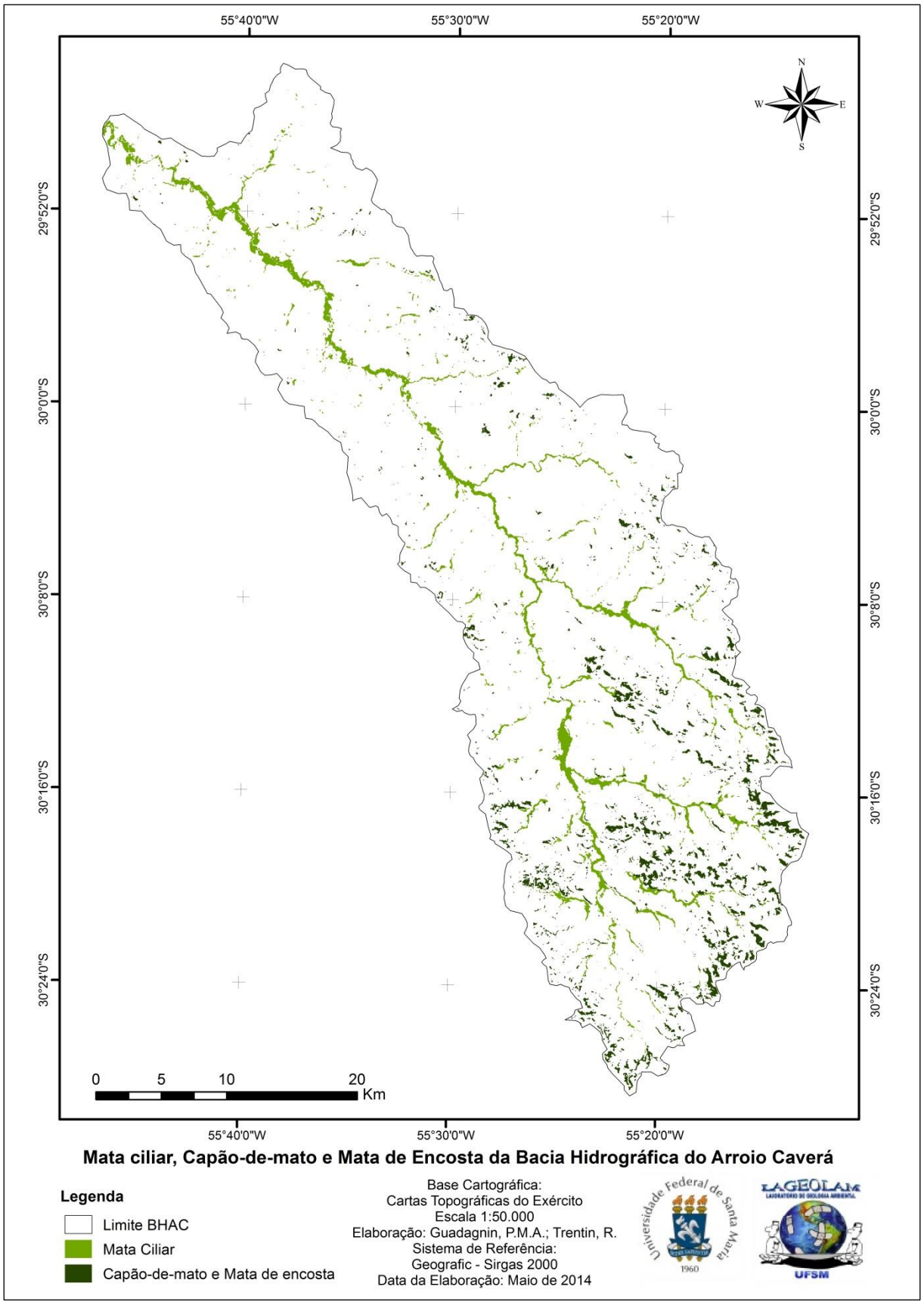

Figura 26 – Mapa da vegetação florestal da bacia hidrográfica do arroio Caverá.

Figura 27 – Fotografia da mata ciliar do arroio Caverá. Pode-se identificar, em contato com a água, o grupo das reófitas, representadas principalmente pelos sarandis, (*Sebastiania schottiana* (Müll.Arg.) Müll.Arg., *Phyllantus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg e *Pouteria salicifolia* (Spreng.) Radlk.) e no estrato superior, em destaque o coqueiro gerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman). Foto de abril de 2013.

Os estudos florísticos realizados na mata ciliar revelaram a existência de várias espécies, destacando-se entre as mais características as seguintes, listadas na tabela 7.

Tabela 7 – Listagem das espécies da mata ciliar do arroio Caverá.

(continua)

Família	**Nome Científico**	**Nome Popular**
Anacardiaceae	*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.	aroeira-braba
	Schinus molle L.	anacauita
	Schinus polygamus (Cav.) Cabrera	molho
Apocynaceae	*Forsteronia glabrescens* Müll. Arg.	
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman	gerivá

Bignoniaceae	*Bignonia callistegioides* Cham.	cipó-cruz
	Dolichandra cynanchoides Cham.	
	Dolichandra unguis-cati (L.) L.G. Lohmann	
Bromeliaceae	*Tillandsia aëranthos* (Loisel.) L.B. Sm.	cravo-do-mato
	Tillandsia recurvata (L.) L.	
	Tillandsia usneoides (L.) L.	barba-de-velho
Cactaceae	*Rhipsalis lumbricoides* (Lem.) Lem. ex Salm-Dyck	
Celastraceae	*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek	cancorosa
Celtidaceae	*Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.	taleira
Euphorbiaceae	*Sebastiania brasiliensis* Spreng.	branquilho-leiteiro
	Sebastiania commersoniana (Baill.) L.B. Sm. & Downs	branquilho
	Sebastiania schottiana (Müll. Arg.) Müll. Arg.	sarandi-vermelho
Fabaceae	*Calliandra tweedii* Benth.	caliandra-vermelha
	Camptosema rubicundum Hook. & Arn.	cipó-colorado
	Erythrina crista-galli L.	corticeira-do-banhado
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	angico-vermelho
	Senegalia bonariensis (Gillies ex Hook. & Arn.) Seigler & Ebinger	unha-de-gato
Lamiaceae	*Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke	tarumã-preto
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.	esporão-de-galo
Loranthaceae	*Tripodanthus acutifolius* (Ruiz & Pav.) Tiegh.	erva-de-passarinho
Malpighiaceae	*Janusia guaranitica* (A. St.-Hil.) A. Juss.	
Mealiaceae	*Trichilia elegans* A. Juss.	pau-de-ervilha
Myrsinaceae	*Myrsine laetevirens* (Mez) Arechav.	capororoca
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg	murta
	Eugenia uniflora L.	pitangueira
	Myrcianthes cisplatensis (Cambess.) O. Berg	

(conclusão)

Família	Nome Científico	Nome Popular
Passifloraceae	*Passiflora caerulea* L.	maracujá
Phyllanthaceae	*Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll. Arg.	sarandi-vermelho
Poaceae	*Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr.	bambu
Polygonaceae	*Coccoloba* sp.	cocoloba
	Ruprechtia laxiflora Meisn.	marmeleiro
Rhamnaceae	*Scutia buxifolia* Reissek	coronilha
Rubiaceae	*Guettarda uruguensis* Cham. & Schltdl.	veludinho
Salicaceae	*Casearia sylvestris* Sw.	chá-de-bugre
	Salix humboldtiana Willd	salseiro
	Xylosma tweediana (Clos) Eichler	sucará
Sapindaceae	*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	chal-chal
	Cupania vernalis Cambess.	camboatá-vermelho
	Matayba elaeagnoides Radlk.	camboatá-branco
	Paullinia elegans Cambess.	
	Serjania meridionalis Cambess.	
	Urvillea uniloba Radlk.	cipó-timbó
Sapotaceae	*Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí
	Pouteria salicifolia (Spreng.) Radlk.	sarandi-mata-olho
Smilacaceae	*Smilax campestris* Griseb.	japecanga
Solanaceae	*Solanum laxum* Spreng.	
Thymelaeaceae	*Daphnopsis racemosa* Griseb.	embira
Tiliaceae	*Luehea divaricata* Mart.	açoita-cavalo
Verbenaceae	*Aloysia gratissima* (Gillies & Hook. ex Hook.) Tronc.	Garupá
Vitaceae	*Cissus striata* Ruiz & Pav.	

5.2.2 Capões-de-mato e Matas de encosta

Na bacia hidrográfica do arroio Caverá os capões-de-mato[2] apresentam formas e tamanhos variados (figura 28), mas floristicamente estão constituídos por espécies comuns às matas ciliares embora com menor diversidade. Ocorrem geralmente associados a afloramentos ou contatos rochosos, bem como às concavidades do relevo, onde pode haver maior fluxo e/ou concentração de água.

Tal consideração foi destacada por Alves (2008) ao dizer que capões-de-mato são núcleos florestais de pequena extensão, dispersos em meio à vegetação campestre, que apresentam composição florística muito semelhante à mata ciliar.

Figura 28 – Fotografias mostrando os núcleos florestais formados pelos capões-de-mato que avançam sobre os morrotes, principalmente através das calhas de drenagem e contatos rochosos. Fotos de abril de 2013.

As matas de encosta, assim como os capões, constituem-se em uma tipologia florestal composta principalmente por espécies típicas da mata ciliar, estas se arranjam nas encostas de colinas e morrotes, associadas principalmente a drenagens de primeira ou segunda ordem em locais de declividades acentuadas e

[2] O termo “capão”, de origem indígena (Tupinambá), deriva de “caa-apoam” e significa mata circular. É utilizado regionalmente para caracterizar ilhas de vegetação silvática dispersas em áreas campestres. Este termo foi registrado pelos portugueses com a corruptela “capão de mato” (Marchiori, 2004).

ou amplitudes relativamente elevadas e também aos locais de contato estabelecidos entre as rochas vulcânicas e areníticas, distribuindo-se horizontalmente na encosta.

Tais tipologias de vegetação foram analisadas em conjunto, principalmente por ocorrerem de forma intimamente relacionada no ambiente e por apresentarem composição florística muito semelhante.

Os levantamentos florísticos realizados em capões-de-mato e matas de encosta apresentaram como espécies mais características as listadas na tabela 8.

Tabela 8 – Listagem das espécies dos capões-de-mato e matas de encosta da bacia do arroio Caverá.

(continua)

Família	Nome Científico	Nome Popular
Anacardiaceae	*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.	aroeira-braba
	Schinus polygamus (Cav.) Cabrera	molho
Apocynaceae	*Forsteronia glabrescens* Müll. Arg.	
Bromeliaceae	*Tillandsia aëranthos* (Loisel.) L.B. Sm.	cravo-do-mato
Cactaceae	*Cereus hildmannianus* K. Schum.	tuna
Fabaceae	*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong	timbaúva
Lauraceae	*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez	canela-preta
Loranthaceae	*Tripodanthus acutifolius* (Ruiz & Pav.) Tiegh.	erva-de-passarinho
Moraceae	*Ficus lushnathiana* (Miq.) Miq.	figueira-mata-pau
Myrsinaceae	*Myrsine laetevirens* (Mez) Arechav.	capororoca
	Myrsine lorentziana (Mez) Arechav.	capororoca
Myrtaceae	*Eugenia uniflora* L.	pitangueira
Rhamnaceae	*Scutia buxifolia* Reissek	coronilha
Rutaceae	*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.	coentrilho
Sapindaceae	*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	chal-chal
	Cupania vernalis Cambess.	camboatá-vermelho
	Matayba elaeagnoides Radlk.	camboatá-branco

Sapotaceae	*Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí
Smilacaceae	*Smilax campestris* Griseb.	japecanga

Esta composição florística, fortalece o pressuposto de que a vegetação ocorrente em capões-de-mato e matas de encosta tem importante contribuição das matas ciliares, devido à existência de fatores, como a configuração do relevo e a disponibilidade hídrica, que possivelmente contribuem para esta dispersão. No entanto, apesar da composição semelhante, os capões-de-mato e matas de encosta, por ocorrerem muitas vezes associados a afloramentos rochosos ou solos rasos e pedregosos, geralmente apresentam cactáceas, como *Cereus hildmannianus* em suas bordas.

5.3 Relação entre a Vegetação Florestal e as Formas e Componentes do Relevo

As formas e componentes do relevo consideradas neste estudo, como hipsometria, declividade, orientação de vertentes, plano e perfil de curvatura, influenciam a vegetação através de distintos aspectos da paisagem (temperatura, exposição solar e hidrografia, por exemplo), além de exercer influência sobre o transporte e o acúmulo de nutrientes, estruturas de propagação, entre outros (BISPO et al, 2010).

5.3.1 Matas ciliares

Ao relacionar a distribuição da mata ciliar às unidades geomorfométricas previamente definidas (gráfico 2), observa-se a estreita relação existente entre esta tipologia de vegetação e algumas unidades de relevo.

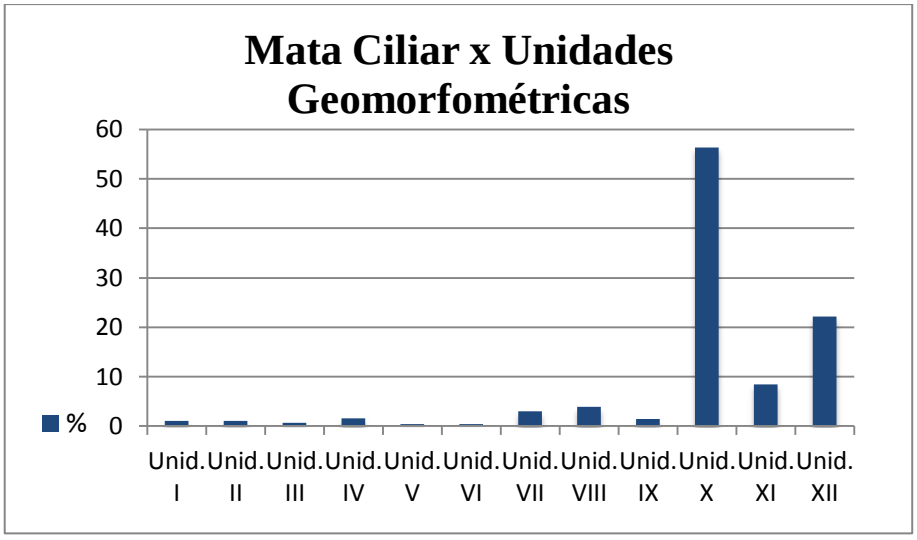

Gráfico 2 – Relação entre as unidades geomorfométricas e a mata ciliar na bacia do arroio Caverá.

A predominância da mata ciliar na unidade 10, com 56,29% do total, pode ser explicada por esta ser associada ao médio e baixo curso das vertentes, por possuir altitude e declividade inferiores às médias de 150m e 5%, respectivamente e concentração do fluxo convergindo na base da vertente, constituindo, portanto, a planície de acumulação da bacia. Nas unidades 11 (8,45%) e 12 (22,13%) também são observadas altitudes e declividades inferiores à média e predomínio nos terços médio e inferior das vertentes, estendendo-se ao terço superior na unidade 12.

Relacionando-se a mata ciliar com os atributos do relevo separadamente, observa-se a existência de maior correlação entre esta tipologia de vegetação e algumas classes dos atributos. Quanto à relação entre a mata ciliar e as classes de declividade (gráfico 3) observa-se a forte predominância desta tipologia de vegetação em declividades menores que 2% (70,75%) onde se concentra a planície de acumulação da bacia e, com menor expressão, em declividades entre 2 e 5% (18,20%), provavelmente nas porções onde a vegetação da mata ciliar avança em declividades crescentes a partir dos afluentes.

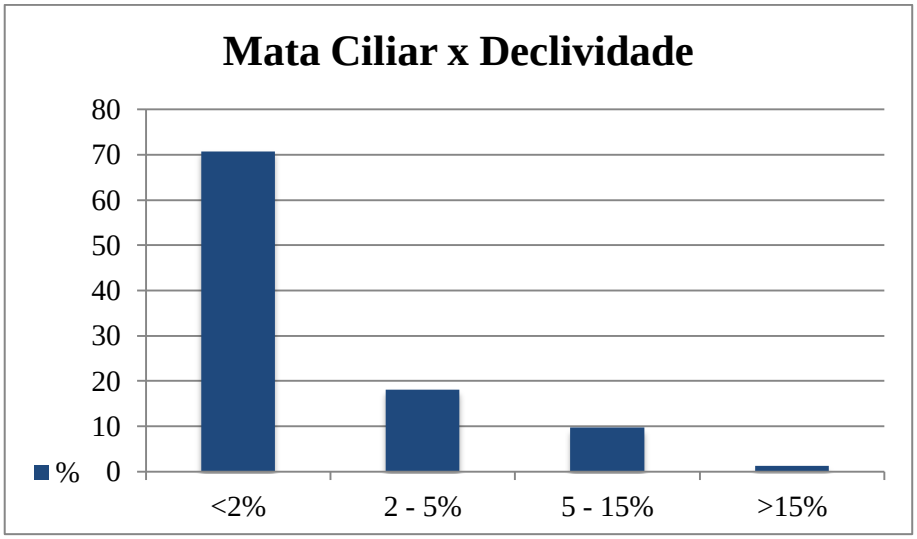

Gráfico 3 – Relação entre a mata ciliar e as classes de declividade na bacia do arroio Caverá.

A relação entre a mata ciliar e o plano de curvatura das vertentes (gráfico 4) indica uma predominância desta tipologia nas porções convergentes do relevo (61,81%), onde há maior concentração da água, fatores que exercem grande influência sobre o estabelecimento desta vegetação.

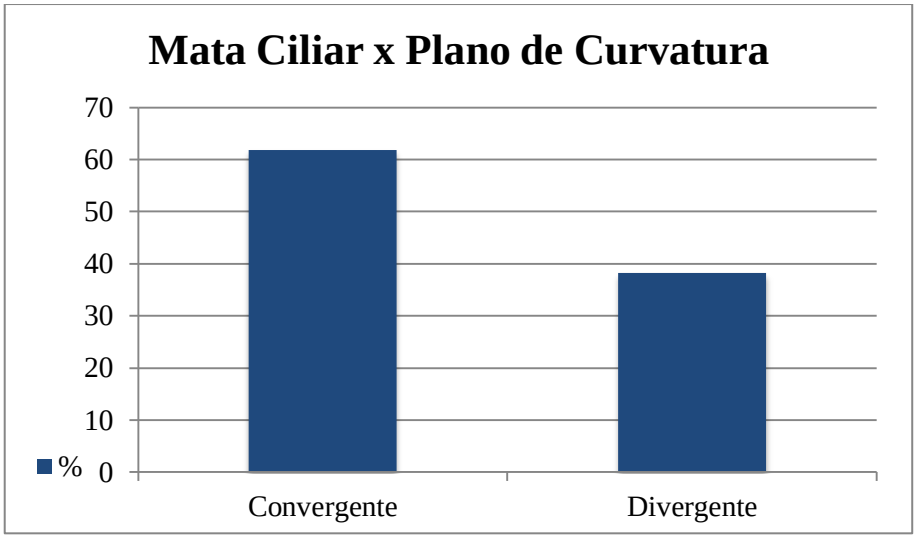

Gráfico 4 – Relação entre a mata ciliar e o plano de curvatura das vertentes na bacia do arroio Caverá.

5.3.2 Capões-de-mato e Matas de encosta

A relação entre as unidades geomorfométricas e a distribuição dos capões-de-mato e matas de encosta revela a predominância destas tipologias em algumas unidades em específico (gráfico 5).

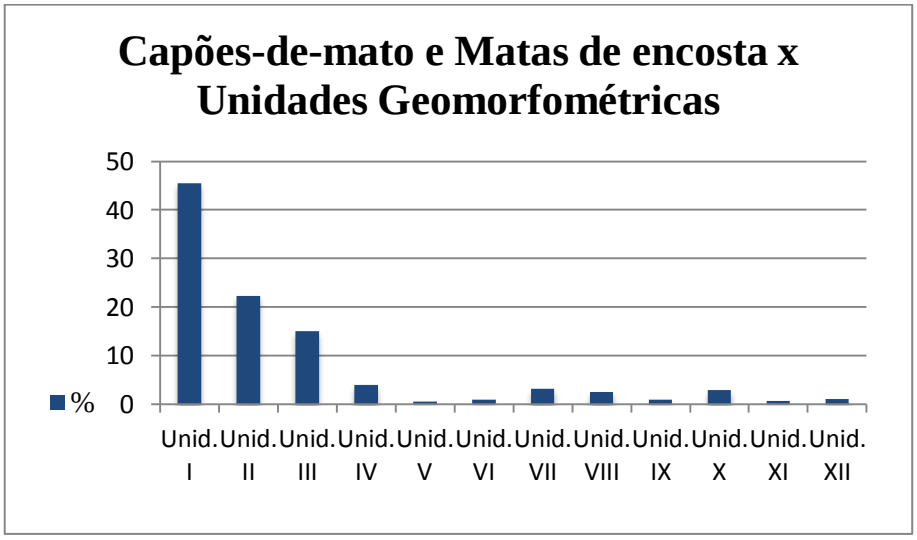

Gráfico 5 – Relação entre as unidades geomorfométricas e os capões-de-mato e matas de encosta na bacia do arroio Caverá.

Ao analisar o gráfico 5, fica clara a grande predominância destas tipologias de vegetação na unidade 1, com 45,53% do total, o que pode ser explicado devido a esta unidade estar distribuída principalmente pelo alto curso da bacia, em declividades superiores a 5%, localização predominantemente nos topos das vertentes e concentração da água devido ao plano de curvatura convergente, o que favorece a ascensão de algumas espécies provenientes da mata ciliar.

Nas unidades 2 e 3, onde a ocorrência também é expressiva (22,31% e 15,07%, respectivamente), as características são bastante próximas às da unidade 1, porém ocorrendo, embora com menor expressão, no médio e baixo curso da bacia e no terço médio das vertentes. Nas três unidades a altitude é maior que a média de 150 metros.

Este “avanço” da vegetação proveniente da mata ciliar em direção às áreas campestres foi abordado por Alves (2008) em trabalho realizado em área próxima à BHAC, de acordo com o autor, “em áreas com planície de acumulação reduzida, a floresta de galeria pode conectar-se a capões-de-mato localizados à meia encosta de colinas ou morrotes vulcânicos, bem como à vegetação de cornijas ou de morrotes de arenito”, esta conexão contribui com algumas espécies na composição florística destas formações.

Veloso e Góes-Filho (1982) ao abordar a vegetação ocorrente na Região da “Savana Estépica Parque”, predominante na bacia em estudo, destacam que esta formação apresenta fitofisionomicamente, dois estratos vegetativos diferentes: um gramíneo-lenhoso contínuo e outro arbóreo aberto descontínuo, que estende-se a partir das matas ciliares, nos fundos dos vales, até as partes elevadas das encostas.

Relacionando os capões-de-mato e matas de encosta com os atributos do relevo separadamente, observa-se a existência de maior correlação entre esta tipologia de vegetação e algumas classes dos atributos. Quanto à relação entre os capões-de-mato e matas de encosta e as classes de declividade (gráfico 6) observa-se a predominância desta tipologia de vegetação em declividades maiores que 15% (50,60%) e de 5 a 15%, onde ocorre 39,12% da tipologia. Tal relação se dá devido ao estabelecimento desta tipologia principalmente à meia encosta íngreme de morros, morrotes e colinas, a ocorrência em declividades inferiores a 15% provavelmente é restrita aos capões-de-mato que se constituem como núcleos vegetacionais que avançam a partir das matas ciliares em direção ao campo até alcançar (e constituir) as matas de encosta.

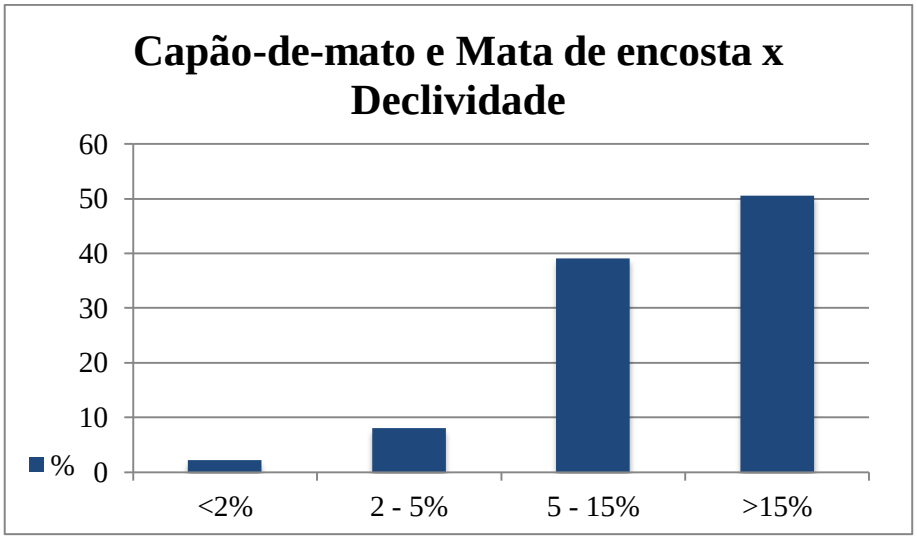

Gráfico 6 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e as classes de declividade da bacia do arroio Caverá.

A relação entre capões-de-mato/matas de encosta e o plano de curvatura das vertentes (gráfico 7) revela uma leve predominância desta tipologia nas porções convergentes do relevo (55,71%), onde há maior concentração da água, fator que exerce influência sobre o estabelecimento desta tipologia. A relevante ocorrência também nas porções divergentes indica a possibilidade de que os indivíduos desta tipologia avançam sobre a encosta através das porções convergentes e posteriormente distribuem-se pelas demais porções da encosta.

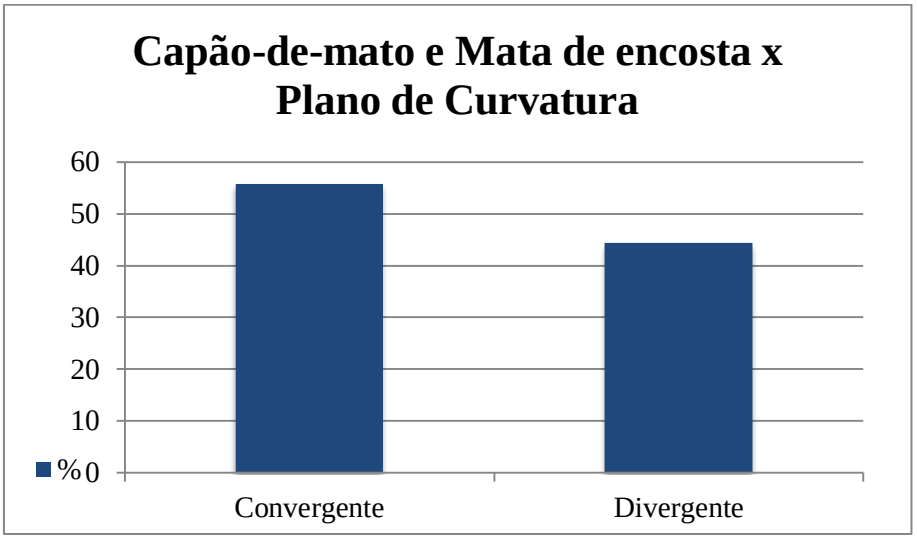

Gráfico 7 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e o plano de curvatura das vertentes da bacia do arroio Caverá.

Quanto à relação desta tipologia de vegetação e o perfil de curvatura das vertentes (Gráfico 8), percebe-se uma importante predominância desta nas porções côncavas (70,31%) evidenciando que a possível concentração de água associada a outras variáveis do relevo existentes nestas porções contribui significativamente para o seu estabelecimento.

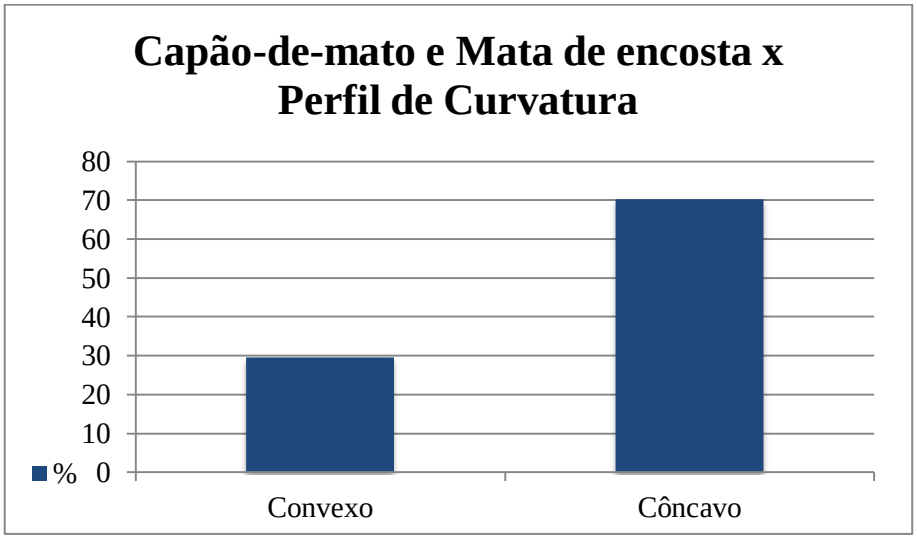

Gráfico 8 – Relação entre os capões-de-mato/matas de encosta e o perfil de curvatura das vertentes da bacia do arroio Caverá.

Os padrões de curvatura do relevo demonstram exercer importante influência na configuração da distribuição da vegetação, possivelmente devido ao controle exercido por tais na dinâmica de distribuição da água no terreno (Figura 29).

A forma de distribuição dos componentes litológicos da bacia, formado principalmente por associação de rochas vulcânicas e arenitos eólicos intercalados, influencia a distribuição da vegetação florestal à medida que os indivíduos arbóreos encontram, nas linhas de contato entre derrames ou entre as diferentes litologias, condições de estabelecimento fornecidas pela disponibilidade de água, bem como pelo sombreamento exercido pelos eventuais afloramentos rochosos (Figura 29).

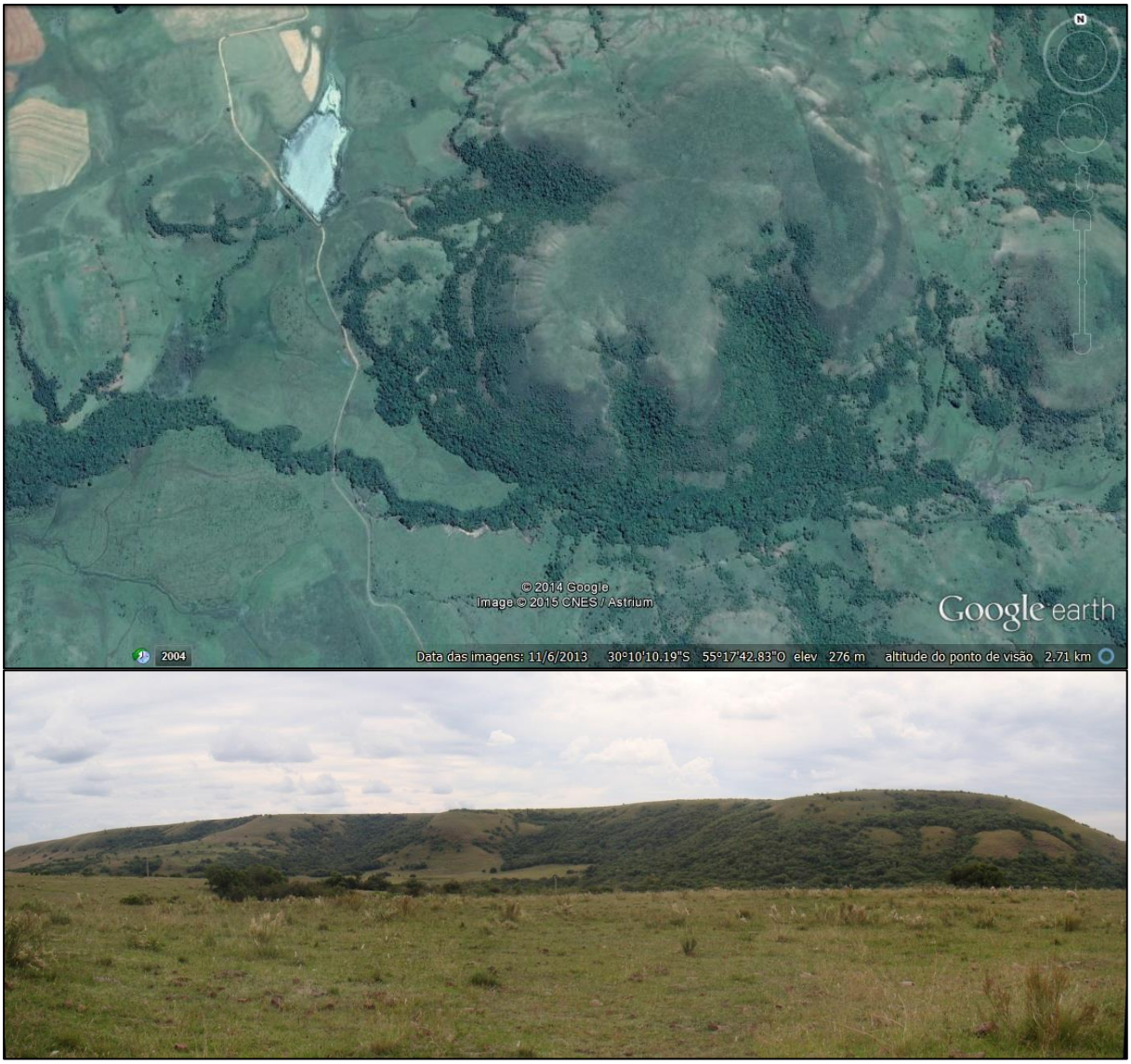

Figura 29 – Imagem de satélite e fotografia mostrando a forma como se estabelecem os capões-de-mato, a partir da mata ciliar, ocupando as porções côncavas do relevo, estendendo-se pelas linhas de contato entre rochas até formar uma mata de encosta. Fonte da imagem: Google Earth, 2014.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração nesta expansão da vegetação florestal sobre áreas campestres[3] é a insolação recebida pelas áreas onde a vegetação se encontra. O gráfico 9 apresenta a relação entre a orientação das vertentes e a distribuição dos capões-de-mato e matas de encosta na bacia do arroio Caverá.

[3] Tema abordado de maneira exímia por Marchiori em "Fitogeografia do Rio Grande do Sul Campos Sulinos" (MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul:** campos sulinos. Porto Alegre: EST, 2004).

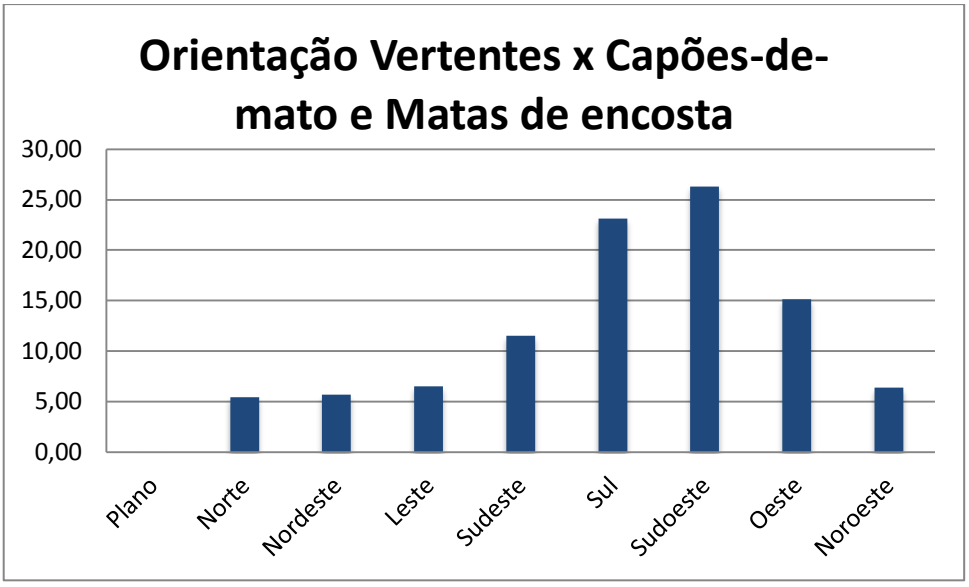

Gráfico 9 – Relação entre as orientações das vertentes e a distribuição dos capões-de-mato e matas de encosta na bacia do arroio Caverá.

A análise do gráfico permite observar que os tipos fisionômico-florísticos em questão ocorrem com predominância nas vertentes das porções sul (23,11%) e sudoeste (26,29%) da bacia, o que demonstra que o sombreamento recebido nestas áreas é outro fator que pode favorecer o desenvolvimento da vegetação arbórea.

Tais resultados fortalecem o pressuposto por Marchiori (2004, p. 28) de que a vegetação campestre, dominante em locais mais planos e de relevo suavemente ondulado, perde espaço para o elemento arbóreo, principalmente em encostas montanhosas e áreas dissecadas pela rede de drenagem. Segundo o autor, o estabelecimento de árvores e arbustos em meio ao campo normalmente ocorre na interface entre solo e rocha em áreas de solos pedregosos, na região do Escudo e na Serra do Caverá, onde as raízes pivotantes tem maior facilidade de penetração. Após o crescimento, o sombreamento proporcionado, prejudica o desenvolvimento das gramíneas circundantes, favorecendo o estabelecimento de novas árvores e arbustos. Desta forma, surgem “pequenos núcleos de vegetação silvática em pleno campo, precursores dos capões-de-mato, principalmente em ravinas e vales entalhados no dorso de coxilhas”.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As matas ciliares e os capões-de-mato/matas de encosta, na região oeste do Estado, representam uma importante formação vegetacional, que assim como a formação campestre, atuam na manutenção da biodiversidade, tanto florística quanto faunística da referida região. No oeste do Rio Grande do Sul há o predomínio da vegetação campestre, com grande riqueza, embora ainda pouco estudada, de diversidade de espécies. No entanto, nestas áreas, as formações florestais tem sua importância aumentada, uma vez que funcionam como corredores ecológicos, fornecendo abrigo e condições de dispersão e reprodução da fauna silvestre além de atuar na perenidade e qualidade dos corpos hídricos (matas ciliares).

Este estudo demonstrou que o relevo, através de suas formas e componentes, exerce grande influência na distribuição e avanço da vegetação florestal em região predominantemente campestre, como é o caso da área de estudo.

Os métodos utilizados para o estudo do relevo revelaram-se adequados e permitiram com a utilização de MDE e SIG, a classificação rápida e de qualidade, com acuracidade avaliada em campo.

As variáveis geomorfométricas extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir dos dados SRTM apresentaram-se como um importante recurso no estudo da dinâmica de distribuição das formações florestais na bacia em estudo, demonstrando a existência de forte vinculação com o relevo.

As técnicas de SIG permitiram o cruzamento de parâmetros de relevo e vegetação, demonstrando uma importante associação, em especial relacionado às condições de declividade das encostas e da concentração de água.

O relevo da bacia distribui-se predominantemente sob formas suavemente onduladas com áreas planas no baixo curso do arroio Caverá, junto à planície de inundação e formas mais movimentadas com pequenas escarpas formando degraus e morros e morrotes nas nascentes da Serra do Caverá, sobre um substrato formado por associação de rochas vulcânicas e areníticas.

A mata ciliar apresentou intensa relação com a unidade geomorfométrica X, caracterizada por áreas planas, de baixa altitude e curvatura horizontal convergente, constituindo-se, predominantemente, na planície de acumulação da bacia, onde desenvolvem-se, principalmente, as espécies reófitas dando suporte ao desenvolvimento das demais.

A bacia hidrográfica do arroio Caverá, possui em seu relevo, uma área distinta da predominância de colinas de ondulamento suave da região, que conhecida como Serra do Caverá, apresenta colinas onduladas e fortemente onduladas, com declividades maiores que 15% e altitudes que chegam a mais de 300 metros. Nestas porções da bacia, a vegetação florestal, principalmente dos capões-de-mato e matas de encosta, tem sua ocorrência mais intensa, fato este que pode também ser explicado pelos resultados obtidos neste estudo.

Os capões-de-mato e matas de encosta apresentaram grande relação com a unidade geomorfométrica I, caracterizada por áreas declivosas, de altitude elevada e plano de curvatura convergente, o que, associado à direção da vertente, favorece a ascensão da vegetação que encontra nestas porções do relevo condições propícias ao seu estabelecimento e desenvolvimento.

Através da análise dos cruzamentos e trabalhos de campo realizados na bacia, pôde-se observar que as concavidades do terreno favorecem, principalmente, o desenvolvimento dos capões-de-mato, cujos indivíduos avançam sobre as encostas dos morros e morrotes geralmente através das porções convergentes do relevo, onde há maior concentração da água por vezes formando canais de drenagem. Após seu estabelecimento na encosta os indivíduos constituintes dos capões-de-mato dissipam-se também através dos contatos estabelecidos entre as rochas vulcânicas e areníticas, esta dinâmica ocorre de forma constante até a formação das matas de encosta.

Outra verificação que deve ser destacada é a de que as espécies que compõem os capões-de-mato e matas de encosta são, em sua maioria, provenientes das matas ciliares, sendo até mesmo difícil sua distinção fisionômica no ambiente.

As espécies que constituem a formação florestal na bacia, mesmo sendo na sua maioria oriundas de outras regiões como da Floresta Estacional Decidual, tem tido êxito na colonização dos campos, apresentando considerável diversidade.

É importante observar que este trabalho buscou estudar a influência que o relevo exerce sobre o estabelecimento da vegetação florestal em território predominantemente campestre, mas que merecem especial atenção outros fatores do meio, como solos, substrato rochoso, fatores climáticos que devem ser estudados de forma detalhada na relação com a vegetação florestal.

O método empregado neste estudo atendeu com êxito aos objetivos propostos e, assim como a técnica utilizada com emprego de SIG, revelaram-se apropriados ao estudo da dinâmica de distribuição da vegetação florestal relacionada, principalmente, aos atributos topográficos da bacia. Desta forma, destaca-se que tal metodologia pode ser utilizada em outras áreas de estudo, inclusive sobre enfoques distintos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A. de. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: análise crítica. **Revista IG**, São Paulo, p.5-23, 1983.

AB'SABER, A. N. Um **Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário**. São Paulo: Igeog – USP, 1969. (Série Geomorfologia, 18).

_____. **Os Domínios de Natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 7ed. 2012.

ALVES, F. S. Estudos Fitogeográficos na Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Grande – Oeste do RS, 2008. **Dissertação (Mestrado em Geografia)**- Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFSM.

ALVES, F. S.; ROBAINA, L. E. S.; MARCHIORI, J. N. C. Fitogeografia da bacia hidrográfica do arroio Lageado Grande – Oeste do Rio Grande do Sul. **Revista Geografia**. Rio Claro, v. 35,n. 3, p. 605- 622, set. dez. 2010.

ALVES, Fabiano da Silva. Fitogeografia da Região do Jarau – Quaraí/RS, 2012. **Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFSM.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña:** impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

BISPO, Polyanna da Conceição. Dados Geomorfométricos como Subsídio ao Mapeamento da Vegetação, 2007. **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)**- Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto – INPE.

BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Relação entre as variáveis extraídas de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e a vegetação do Parque Nacional de Brasília. **Acta Botânica Brasillica**, v. 24, n. 1, p. 96-103, 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Mapeamento da Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. 2004. Disponível em http://www.mma.gov.br/portalbio. Acesso em jul. 2013.

CABRERA, A. L. **Fitogeografia de la Republica Argentina**.Buenos Aires: Boletin de La Sociedad Argentina de Botanica, vol 14, n1-2, 1971.

CABRERA, A. L. & WILLINK, A. **Biogeografia de America Latina**. Washington – Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1973.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [2005]. Livro Digital. Disponível em: http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php. Acesso em: ago. 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1974.

DEBLE, L. P. A Vegetação Campestre no Bioma Pampa. In: DEBLE, L. P.; DEBLE, A. S. O.; LEÃO, A. L. S. **O Bioma pampa:** contribuições científicas. Bagé: Ediurcamp, 2011.p. 84-143.

FILGUEIRAS, T. S. et al. Caminhamento: um Método Expedito para Levantamentos Florísticos Qualitativos. Rio de Janeiro: **Cadernos de Geociências**, n.12, p. 1-179, out/dez.1994.

FLORENZANO, Tereza Gallotti (org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications**. New York: John Wiley, p.51-85, 2000.

HASENACK, H. WEBER, E. (org.) **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul** – escala1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010. CD Room.

HUGGET, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil genesis. **Geoderma**, v.13, p.01-22, 1975.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits.**Journal of Hydrology**, 106, 211-232, 1989.

_____. A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In: International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, National Center for Geographic Information and Analysis. 3. 1996, Santa Bárbara. **Proceedings...** Santa Bárbara: University of California, 1996. CD-ROOM.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Cidades**. Disponível em: http://cod.ibge.gov.br/232DX. Acesso em out, 2014.

_____. **Diretoria de Serviços Geográficos**. Porto Alegre: Primeira Diretoria de Levantamento, 1977.

_____. **Manual Técnico de Geomorfologia**, série Manuais Técnicos em Geociências, n.5. 2ed. IBGE, 2009. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf. Acesso em ago, 2014.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, série Manuais Técnicos em Geociências, n.1. 2ed. IBGE, 2012. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf. Acesso em jul, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981. 130 p.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. **Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature.** Geomorphology 86(3-4): 409-440, 2007.

LINDMAN, C. A. M. **A Vegetação no Rio Grande do Sul**. São Paulo: Itatiaia, 1974.

LUPINACCI, C. M., MENDES, I. A., SANCHEZ, M. S. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas de Gestão Ambiental. *In:* **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, n 1, UGB, 2003, p 1-9.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul:** enfoque histórico e sistemas de classificação. Porto Alegre: EST, 2002.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul:** campos sulinos. Porto Alegre: EST, 2004.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul:** embasamento florístico. Porto Alegre: EST, 2006.

MENDIONDO, E. M.; COLLISCHONN, W.; BULHÕES MENDES, C. A. Modelos numéricos do terreno e suas aplicações a bacias hidrográficas 2: Obtenção de atributos. In: XVII Congreso Nacional del Agua / II Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. **Anais…**1998.

MÜLLER FILHO, Ivo Lauro. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Publicação Especial n°1. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM, 1970.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** 2ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

RAMBO, Balduíno. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul:** ensaio de monografia natural (1956). 3° ed. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000.

REITZ, R., KLEIN, R.M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Su**l. Porto Alegre: SUDESUL, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Herbário Barbosa Rodrigues, 1988.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R., BAZZAN, T., RECKZIEGEL, E. W., DE NARDIN, D. Proposta de Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Ibicuí, Oeste do RS. *In*: **V SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E I SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA**. Santa Maria. 2008, v. 1. p. 1- 14.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R.; SCCOTI. A.A.V. Determinação dos litótipos aflorantes na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. **Geografia Ensino & Pesquisa**. No prelo.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista da Pós-Graduação de USP,** São Paulo, n.6, 1992.

ROSSATO, Maíra Suertegaray. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidades, tendências e tipologia, 2011. **Tese (Doutorado em Geografia)** – Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFRGS.

SAMPAIO, A. J. **Phytogeographia do Brasil.** São Paulo: Companhia Editora Nacional. p. 284, 1934**.**

SEMA/RS. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Bacia hidrográfica do rio Ibicuí, 2010. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/. Acesso em: ago, 2014.

SILVEIRA, C.T.; SILVEIRA, R.M.P. Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Vitória/ES. 2013.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T.; MONTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A.; OKA-FIORI, C. **Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos**. Scientia agraria, v.9, n.3, p.317-329, 2008.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008.

TRENTIN, R. & ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: **XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**: Anais, p. 3606-3615, 2005.

TRENTIN, Romario. Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu- Oeste do Rio Grande do Sul- Brasil, 2011. **Tese (Doutorado em Geografia)**- Programa de Pós-Graduação em Geografia- UFPR.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Supren, 1977. 91p.

VALERIANO, Marcio de Morisson. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, Tereza Gallotti (org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Projeto RadamBrasil – **Vegetação**. 1982.

WILDNER, W. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM, 2008. CD Room.