



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO,
IBIPORÃ, PARANÁ - BRASIL**

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO,
IBIPORÃ, PARANÁ - BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres Stipp.

Londrina
2017

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO, IBIPORÃ, PARANÁ - BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres
Stipp
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Eloiza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Luciano Nardini Gomes
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. João Henrique Caviglione
Instituto Agrônomo Do Paraná - IAPAR

Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Londrina, 25 de abril de 2017.

Dedico este trabalho

*À Deus,
minhas filhas e
minha esposa,
pelo apoio e inspiração quando mais precisei...*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me proporcionado saúde e força e por ter colocado pessoas tão especiais em minha vida, que contribuíram para que minha jornada fosse menos cansativa.

À Professora Doutora Nilza Aparecida Freres Stipp, pela paciência, amizade, compreensão nos momentos mais difíceis e principalmente pela orientação, não só neste trabalho mas em toda minha carreira, um anjo que Deus colocou para guiar.

Ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, onde estive desde a graduação, em nome dos queridos docentes Professora Eloiza Torres e Professores Luciano Nardi e Pedro Vendrame, que me prestigiaram na análise deste trabalho, agradeço à todos que doaram um pouco de seu conhecimento para que eu construísse o meu.

Aos meus amigos/colegas do Colegiado de Geografia da UENP, Carla Holanda, Coaracy, Aécio, Jully, Paulo, Pedro, Vanessa e Waldiney, agradeço pela paciência, apoio e incentivo.

Aos amigos da "estrada" para Universidade Estadual do Norte do Paraná, já são muitos anos de companheirismo e viagens, agradeço-os pelos momentos felizes numa jornada tão cansativa, Lindalva, Carla Holanda, Paulo Castro, Vanessa Ludka, Sérgio Ferreira, Raquel Gamero, Letícia, Yara, Eliana Merlin, Flávio Furlanetto, Carla Stipp, Carlos Aggio, e muitos mais outros, que de antemão me perdoem pelo esquecimento.

Aos meus amigos da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Fátima Padoan, Mateus Biancon, Simone Lucas, Eraildes, Dora, que sempre me incentivaram nesse árduo caminho acadêmico, citando-os, estendo meu agradecimento à todos desta maravilhosa instituição.

Ao Doutor João Henrique Caviglione, pesquisador do IAPAR, pela insubstituível ajuda no andamento dos trabalhos.

Às secretárias Edna e Regina, do Departamento de Geociências, pelo pronto atendimento, obrigado por suas amizades.

Às secretárias(os) da Secretaria de Pós do CCE, Regina, Maria Lúcia e Anderson que sempre muito cordialmente acompanharam minha jornada.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelo desprendimento e generosidade em compartilhar seus conhecimentos.

À minha Mãe, que nunca me desamparou, esta é mais uma oportunidade de dizer que a amo muito.

À todos de minha família, Rosana, Rosemara, Reverson, Renata e meu Pai, assim como aos meus amados sobrinhos(as) pelo apoio que sempre me dispensaram.

À minha querida esposa Jedione e minhas filhas Isabella e Helena, pela compreensão nos vários momentos ausentes, amor, paciência e apoio, eu as amo muito, tudo que faço é para vocês.

"É Proibido

*É proibido chorar sem aprender,
Levantar-se um dia sem saber o que fazer
Ter medo de suas lembranças.*

*É proibido não rir dos problemas
Não lutar pelo que se quer,
Abandonar tudo por medo,*

*Não transformar sonhos em realidade.
É proibido não demonstrar amor
Fazer com que alguém pague por tuas dúvidas e mau humor.
É proibido deixar os amigos*

*Não tentar compreender o que viveram juntos
Chamá-los somente quando necessita deles.
É proibido não ser você mesmo diante das pessoas,
Fingir que elas não te importam,*

*Ser gentil só para que se lembrem de você,
Esquecer aqueles que gostam de você.
É proibido não fazer as coisas por si mesmo,
Não crer em Deus e fazer seu destino,*

*Ter medo da vida e de seus compromissos,
Não viver cada dia como se fosse um último suspiro.
É proibido sentir saudades de alguém sem se alegrar,*

*Esquecer seus olhos, seu sorriso, só porque seus caminhos se
desencontraram,
Esquecer seu passado e pagá-lo com seu presente.
É proibido não tentar compreender as pessoas,
Pensar que as vidas deles valem mais que a sua,*

*Não saber que cada um tem seu caminho e sua sorte.
É proibido não criar sua história,
Deixar de dar graças a Deus por sua vida,*

*Não ter um momento para quem necessita de você,
Não compreender que o que a vida te dá, também te tira.
É proibido não buscar a felicidade,*

*Não viver sua vida com uma atitude positiva,
Não pensar que podemos ser melhores,
Não sentir que sem você este mundo não seria igual."*

Alfredo Cuervo Barrero

CAMPOS, R. A. **Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, Ibiporã, Paraná - Brasil.** 136 f. Tese (Doutorado em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

Esta pesquisa realizou um estudo da dinâmica da bacia hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã, no estado do Paraná, no tocante ao uso e ocupação do solo. Nesse contexto teve como objetivo evidenciar a vulnerabilidade ambiental decorrente principalmente dos parâmetros físico-ambientais provenientes dos processos morfogenéticos, morfoestruturais, morfodinâmicos e antrópicos, mediante análises de simulações comparativas multi-temporais. Inicialmente foi realizada uma acurada revisão bibliográfica que proporcionou uma fundamentação teórica norteadora para o desenvolvimento do trabalho. Em seguida foi elaborada a coleta e sistematização de dados morfométricos e cartográficos que serviram de base para se conhecer o panorama físico da área da referida bacia. Posteriormente por meio de trabalhos de campo esses dados foram convalidados. A interação das análises multivariadas, geoestatísticas e a EUPS, permitiram, por meio do cruzamento de dados físicos com as expressões de uso e ocupação do solo, apresentar o cenário atual da bacia hidrográfica, identificando os locais com propriedades específicas quanto à perda de solo, espacializando os processos de erosão e suas interações ao longo do relevo. Na desenvolvimento desta pesquisa verificou-se a aplicabilidade do geoprocessamento na identificação dos problemas ambientais. Os resultados obtidos evidenciaram a contribuição dessas técnicas de geoprocessamento para a obtenção dos objetivos da pesquisa. Com a utilização da EUPS pode-se construir simulações de dados ambientais e elaboração de mapas temáticos que evidenciaram as perdas de solo em ton/ha/ano. Mediante o cruzamento de dados obtidos da EUPS e a Densidade de Solos pode-se mensurar a perda de profundidade de solos. O potencial de informações que podem ser gerados através destas metodologias pode subsidiar práticas para os mais variáveis estudos ambientais, principalmente face a necessidade de monitoramento dessas áreas sujeitas às constantes intervenções antrópicas.

Palavras chave: Uso e ocupação do solo. Dissecação vertical das vertentes. Erosão. EUPS. Morfometria. Denudação da vertente.

CAMPOS, R. A. **Environmental vulnerability in the Engenho de Ferro Stream watershed, Ibiporã, Paraná - Brazil.** 136 pp. Doctoral Thesis (Doctorate in Geography: Environmental Space Dynamic) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017

ABSTRACT

This research made a study of the dynamics from Ribeirão Engenho de Ferro watershed, situated in Ibiporã, in the State of Paraná, regarding the use and soil occupation. In this context, this research seeks to demonstrate the environmental vulnerability caused mainly from physical-environmental parameters resulting from morphogenetic, morphostructural, morphodynamic and anthropic processes, by means of multi-temporal comparative simulations analyses. Initially it was made an accurate bibliographic review that provided a theoretical foundation which guided the development of this work. After that, it was made a collection and systematization of morphometric and cartographic data that were used to know the physical panorama from the watershed area. Subsequently, through field work these data were validated. The interaction from multivariate, geostatistical and USLE analyses, allowed, via cross-checking of physical data with usage expressions and soil occupation, to present the current scenario of the river basin, identifying the areas with specific proprieties regarding soil loss, describing the erosion processes and their interactions over the relief. In the development of this research it was possible to verify the geoprocessing applicability in the identification of environmental problems. The results show the contribution of these geoprocessing techniques to achieve the aims of this research. By using the USLE it is possible to build environmental data simulation and to elaborate themed maps that highlighted the soil loss in t/ha/year. Through the process of crossing the data obtained from USLE and the Soils Density it was possible to measure the soils depth. The prospective of information that can be generated via these methodologies can subsidize techniques for a variety of environmental studies, especially bearing in mind the need to monitoring these areas that may suffer constant anthropic interventions.

Key-Words: Use and Soil Occupation. Vertical dissection of slopes. Erosion. USLE. Morphometry. Slope denudation.

Por sua interferência cria o homem novos ambientes, novos biócoros e, portanto, uma distribuição Biogeográfica diversa: aqui estabelecendo raças locais, a formar híbridos e isolar mutações; ali a introduzir espécies de outras regiões, que lhe modificam a fácies faunística/florística própria; adiante a organizar ambientes de defesa, em condições ecológicas nem sempre idênticas às primitivas; quase sempre a quebrar esse sábio equilíbrio dos números das condições naturais, esquecido de que há uma estreita dependência entre os seres vivos, uma admirável harmonia, essa rede maravilhosa, cujas malhas não podem ser impunemente rotas.

Leitão, 1947 adaptado por Campos, 2009

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR. Fonte: CAMPOS <i>et al.</i> , 2013.	49
Figura 2. Gráfico Climático, Temperatura e Precipitação média (1973 – 2014) para o Município de Ibiporã – Pr. (Org.: Campos, 2016)	51
Figura 3. Gráfico de distribuição percentual das contas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro. Org.: Campos, 2017.	53
Figura 4. Carta de Hipsometria – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	54
Figura 5. Gráfico de distribuição percentual dos tipos de solos na área de estudo. Org.: Campos, 2017.	55
Figura 6. Carta de Solos – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR. ...	56
Figura 7. Mosaico de Cartas Topográficas para delimitação da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro.	59
Figura 8. Imagem do Satélite SPOT de 18/01/2004, utilizada para reconhecimento do Uso e ocupação do Solo 2004.	60
Figura 9. Imagem do Google Earth PRO™, utilizada para reconhecimento do Uso e ocupação do Solo 2016.	61
Figura 10. Carta de Hierarquia Fluvial – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	75
Figura 11. Carta de Declividade – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	77
Figura 12. Gráfico de distribuição percentual das declividades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, Org.: Campos, 2017.	78
Figura 13. Gráfico comparativo entre o Uso e Ocupação do Solo de 2004 e 2016. ...	81
Figura 14. Carta de Uso e Ocupação do Solo (2004) na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	82
Figura 15. Carta de Uso e Ocupação do Solo (2016) na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	83
Figura 16. Agricultura temporária na porção inferior da bacia. Foto: Stipp, 2016.	84
Figura 17. Agricultura temporária na porção superior da bacia. Foto: Campos, 2016.	84

Figura 18. Foto de novos loteamentos na porção média da bacia. Foto: Campos, 2016.	85
Figura 19. Foto de loteamentos em processo de ocupação na porção média da bacia. Foto: Campos, 2016.	85
Figura 20. Foto de área ocupada por chácaras. Foto: Stipp, 2016.....	86
Figura 21. Foto de área ocupada por pastagem. Foto: Campos, 2016.	86
Figura 22. Gráfico de Comparação da Regularidade de APP na Bacia.	87
Figura 23. Carta da Área de Proteção Permanente - APP em 2004 na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	88
Figura 24. Carta da Área de Proteção Permanente - APP em 2016 na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	89
Figura 25. Carta da Área de Proteção Permanente - APP de acordo com a Legislação na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	90
Figura 26. Gráfico de comparativo da Média da Precipitação mensal (1973-2014) e Fator R da EUPS (erosividade da chuva).....	92
Figura 27. Gráfico de distribuição percentual do Fator K.	93
Figura 28. Carta de Estimativa do Fator K da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	94
Figura 29. Gráfico de distribuição percentual do Fator L.....	95
Figura 30. Carta de Estimativa do Fator L da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	96
Figura 31. Gráfico de distribuição percentual do Fator S.	97
Figura 32. Carta de Estimativa do Fator S da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	98
Figura 33. Gráfico de distribuição percentual do Fator LS.	99
Figura 34. Carta Síntese de Estimativa do Fator LS da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	100
Figura 35. Gráfico de distribuição percentual da Erosão Potencial.	101
Figura 36. Carta Síntese do Potencial Erosivo de acordo com os parâmetros físicos da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	102
Figura 37. Gráfico comparativo entre o Fator C de 2004 e 2016.....	103
Figura 38. Carta de Estimativa do Fator C da EUPS (2004) – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	104

Figura 39. Carta de Estimativa do Fator C da EUPS (2016) – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	105
Figura 40. Gráfico de Simulação da Erosão 2004 (EUPS).....	106
Figura 41. Carta Síntese de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso (2004) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	107
Figura 42. Gráfico de Simulação da Erosão 2016 (EUPS).....	108
Figura 43. Carta Síntese de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso (2016) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	109
Figura 44. Gráfico de Simulação de Erosão no Uso Original (Florestas) - EUPS.	110
Figura 45. Carta de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	111
Figura 46. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso de 2004.....	113
Figura 47. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso (2004) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	114
Figura 48. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso de 2016.....	115
Figura 49. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso (2016) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	116
Figura 50. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso Original (Florestas).	117
Figura 51. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	118
Figura 52. Carta de Comparação da Dissecação Vertical das Vertentes entre 2004 e 2016 na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.	120
Figura 53. Carta de Comparação da Dissecação Vertical das Vertentes entre Uso Original (Florestas) e Uso 2016 na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	121
Figura 54. Gráfico de Distribuição percentual de Área do Saldo Pedogenético na Bacia.	122
Figura 55. Carta de Simulação do Saldo Pedogenético (Evolução Geomorfológica) para 100 anos na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Determinação do Fator K para os solos da área de estudo.	69
Tabela 2.	Valores do Fator C estabelecidos para a área.	71
Tabela 3.	Tabela de Hierarquia Fluvial (Horton, 1945) e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	74
Tabela 4.	Parâmetros Morfométricos (linear, areal e hipsométrico) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	76
Tabela 5.	Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, método de Horton (1945).....	76
Tabela 6.	Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro em km ²	78
Tabela 7.	Classificação da Densidade de Rios.	79
Tabela 8.	Classificação da Densidade de Drenagem (Dd).....	80
Tabela 9.	Distribuição das classes de Uso do Solo (2004 e 2016) em Km ² e a variação percentual no período, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	81
Tabela 10.	Distribuição da Regularidade de APP (2004 e 2016) em Km ² na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	87
Tabela 11.	Estimativa do Fator R (erosividade da chuva) mensal, sazonal e anual para Ibiporã - Paraná.....	92
Tabela 12.	Distribuição do Fator K (EUPS) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	93
Tabela 13.	Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator L da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	95
Tabela 14.	Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator S da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	97
Tabela 15.	Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	99
Tabela 16.	Classes de Vulnerabilidade referentes à Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	101

Tabela 17. Distribuição do Fator C (EUPS) em 2004 e 2016 em Km ² da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	103
Tabela 18. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso 2004 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	106
Tabela 19. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso 2016 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	108
Tabela 20. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	110
Tabela 21. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso 2004 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	113
Tabela 22. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso 2016 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.	115
Tabela 23. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	117
Tabela 24. Evolução da Dissecação Vertical no período de 2004 a 2016 na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	119
Tabela 25. Diferença entre a Dissecação Vertical no Uso Original a Uso Atual (2016) na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	119
Tabela 26. Diferença entre a Dissecação Vertical no Uso Original a Uso Atual (2016) na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	Área de Preservação Permanente
CREAMS	<i>Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems</i> (Trad.: Química, Escoamento e Erosão de Sistemas de Gestão Agropecuária)
DF	Distrito Federal
DS	Densidade dos Solos
DV	Dissecação Vertical das Vertentes
EUPS	Equação Universal de Perda de Solo
GTP	Geossistema-Território-Paisagem
Ha	Hectare
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDS	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
MEUPS	Equação de Perda de Solo Modificada
MGB	Modelo Hidrológico de Grandes Bacias
PR	Paraná
REUPS	Equação Universal de Perda de Solo Revisada
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SPOT	<i>Satellite Pour l'Observation de la Terre</i> (Trad.: Satélite para Observação da Terra)
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (Trad.: Missão Topográfica Radar Shuttle)
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Trad.: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América)

USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Trad.: Pesquisa Geológica dos Estados Unidos da América)
UTM	Projeção Universal Transversa de Mercator
WEPP	<i>Water Erosion Prediction Project</i> (Trad.: Projeto de Predição de Erosão hídrica)
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SÚMARIO

INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
1.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTADO DA ARTE	26
1.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	30
1.3 A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA	33
1.4 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO	44
CAPÍTULO II: APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
2.2 HISTÓRICO DA REGIÃO.....	50
2.3 ASPECTOS FÍSICO NATURAIS.....	50
CAPÍTULO III: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	58
3.1 BASE DE DADOS CARTOGRÁFICOS.....	58
3.2 MÉTODOS	62
3.2.1 Análise Morfométrica.....	62
3.2.2 Equação Universal de Perdas de Solos.....	68
3.2.3 Índice de Dissecação Vertical	71
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	73
4.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA	73
4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	80
4.3 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS	91
4.4 DISSECAÇÃO VERTICAL NAS VERTENTES.....	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
REFERÊNCIAS	128

INTRODUÇÃO

A expansão urbana, sem planejamento ambiental prévio e sem a infraestrutura básica necessária, tem reflexos na qualidade da água dos mananciais hídricos e na presença de acúmulos de lixo em fundos de vale, o que gera danos ao meio ambiente e à qualidade de vida da sociedade.

Esses impactos ambientais não se restringem ao local afetado, mas também se desdobram em consequências negativas para a saúde, ante à propagação de doenças pela presença de insetos e outros animais provenientes dos resíduos sólidos urbanos.

O descumprimento da legislação ambiental e do parcelamento do solo urbano geram consequências econômicas, sociais e ambientais, tanto para os cidadãos quanto para o poder público, restando assim, sempre um passivo ambiental que será herdado pelas futuras gerações, levando a um caminho de insustentabilidade dos sistemas ambientais.

Os estudos relacionados às Fragilidades Ambientais de Sistemas Geográficos é de extrema relevância para o Planejamento e Gestão dos Recursos Ambientais (Hídricos, Solos, etc.), voltados a uma utilização otimizada e consciente por parte dos agentes sociais envolvidos no processo de Uso e Ocupação do Solo.

As relações de uso e ocupação do solo na área de uma bacia hidrográfica levam a uma alteração nos processos de formação da paisagem natural. Essas mudanças provocadas pela ação antrópica na dinâmica desse sistema podem gerar impactos ambientais irreversíveis.

A sociedade vem ameaçando a natureza desde os primórdios da civilização, pois sempre concebeu o meio ambiente como uma forma de exploração com a finalidade de garantir sua sobrevivência, sem se preocupar com os danos e impactos a ele causados.

Mesmo após todas as Conferências das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável percebe-se que quase nada do que foi acordado foi

cumprido e que o quadro atual está muito pior, com o agravamento da crise da biodiversidade e da desertificação, do comprometimento dos oceanos acrescidos de uma desigualdade social cada vez maior.

A sociedade vem passando progressivamente por profundas transformações que vieram com imposições de critérios econômicos e tecnológicos sem preocupações com o meio ambiente trazendo consequências drásticas tanto para o meio social quanto para a conservação dos recursos naturais, perdendo-se a qualidade de vida do ser humano.

A importância de pesquisar a Bacia do Ribeirão Engenho de Ferro se deve a uma série de razões. É preciso considerar que parte da bacia está situada na área urbana e parte na área rural, onde se permite examinar a dinâmica ocupacional deste espaço. Por outro lado, a presença de lotes rurais, como chácaras e sítios, que ocupam desde a rodovia marginal até o curso d'água, ao longo do ribeirão apresentam elementos de apropriação e ocupação do espaço local.

Com base nesses fatos, considera-se que essa bacia oferece elementos para que se pense na sua preservação ambiental, permitindo-se avaliar e lançar um olhar crítico acerca dessa questão.

Embora a produção do espaço geográfico dela seja única em suas características e sua dinâmica de ocupação, observa-se que muitas dessas peculiaridades desse espaço ali produzidas, servem como um referencial para a generalização da ocupação ocorrida no município de Ibiporã-PR e região no decorrer das últimas décadas.

A análise ambiental de bacias hidrográficas está bem sedimentada nos estudos geográficos, porém, quando se trata de dar respostas aos problemas encontrados em áreas com forte influência de processos advindos do uso e ocupação do solo em perímetros de expansão urbana, esses modelos se mostram ineficazes de forma isolada.

É necessário, buscar alternativas para a amenização dessa problemática, sendo a unidade de análise, bacia hidrográfica, uma parcela naturalmente eleita para estudos de planejamento e gestão ambiental, mensurações dos processos,

adaptando ou mesmo mesclando paradigmas de previsão de impactos e degradação ambiental, mediante uma análise mais holística e integradora, dos fenômenos físico-naturais e socioambientais nesse recorte espacial.

Tem por objetivo principal evidenciar e simular comparações multitemporais de vulnerabilidade ambiental, decorrentes principalmente dos parâmetros físico ambientais provenientes dos processos morfogenéticos, morfoestruturais, morfodinâmicos e antrópicos (uso e ocupação do solo) na área da bacia estudada.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os objetivos específicos:

- Efetuar a Análise morfométrica da bacia;
- Efetuar a mensuração das perdas de solos da bacia, através da EUPS (Equação Universal de Perda de Solo);
- Definir escalas qualitativas de vulnerabilidade, decorrentes dos valores obtidos através dos modelos quantitativos e geoestatístico;
- Elaborar simulações de dissecação vertical utilizando e adaptando a EUPS;
- Realizar Simulações multitemporais com os dados quantitativos e qualitativos dos resultados.

Este trabalho parte da hipótese de que as alterações nos parâmetros diretamente ligados ao complexo sistema geomorfológico das Bacias Hidrográficas, desencadeiam consequentemente fenômenos de acelerada modificação de seus componentes, podendo resultar no aumento de áreas em situação de alta vulnerabilidade ambiental, relacionadas principalmente ao maior índice de erosão laminar e dissecação vertical nas vertentes.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que se torne de cunho geográfico, os estudos de vulnerabilidade devem contemplar levantamentos de caráter socioeconômicos, que podem refletir os diversos usos do solo e seus impactos durante a ocupação do território estudado. Sobre essa temática, Ross (2006), explica que a identificação de espaços territoriais, seja comunidade de paisagens, comunidades de terras ou comunidades ambientais (caso da bacia hidrográfica), devem ser correlacionadas com informações integradas para que haja um entendimento das fragilidades potenciais e emergentes, bem como das potencialidades naturais e sociais. Continuando, Costa *et al.* (2006), afirmam que para se obter a operacionalização do uso e ocupação do solo de uma região, é preciso conhecer as características ambientais e as pressões sócio-cultural-econômicas impostas.

Quando se trata de discutir as questões ambientais no âmbito da “Geografia Física”, parece iminente o senso de se pautar as discussões e metodologias de análise, orientando-se pelo viés do método sistêmico, porém deve-se refletir sempre e constantemente sobre as limitações de tal análise, pois essas reflexões irão colaborar epistemologicamente para a superação dessas limitações, sendo através da evolução do método, ou mesmo pela sua refutação. De acordo com Suertegaray,

Muitos geógrafos viram no método sistêmico uma das possibilidades de entender a natureza de forma integrada e atribuíram à natureza uma dimensão sistêmica. Para estes, a natureza é sistêmica. Enquanto meu argumento é de que a natureza não é sistêmica, ela pode ser analisada sistemicamente (SUERTEGARAY, 2009, p. 19).

Sales (2004) também dialoga sobre essas limitações epistemológicas, afirmando que

Os sistemas representam um conjunto de elementos - a ideia de conjunto, como implícito, traduz a existência de elementos que possuem propriedades comuns. Em se tratando da pluralidade dos fenômenos que compõem as paisagens naturais, essa premissa é certamente falsa: um dado tipo de cobertura vegetal não recebe as mesmas influências de heranças geoestruturais como um perfil de solo ou uma vertente, nem depende de escala temporal semelhante para atingir o clímax (SALES, 2004, p. 128).

Sales (2004) ainda enfatiza que há necessidade de reflexões sobre as possibilidades de se enveredar por um viés acrítico da análise dos processos em Geografia Física, baseados na metodologia Geossistêmica:

Se a Geografia é unitária, porém, quando baseada em geossistemas, ela também o é formalmente acrítica, pois os geossistemas, assim como os sistemas em geral, não consideram a ação de processos que ocorrem em escala temporal de médio e longo prazo. Tal fato implica na apreensão de uma ação social naturalizada, nivelada aos demais elementos do meio - meio naturalizado, o geossistema não comporta o ser social organizado em torno de sistemas de poder e de interesses econômicos definidos (SALES, 2004, p. 132).

A Autora ainda complementa que “[...] *via de regra, a análise dialética associada à questão ambiental não permite o aprofundamento do conhecimento da dinâmica dos elementos físicos, senão da interferência deles na qualidade de vida das populações*” (op cit., p. 132).

Quando as discussões começam a evoluir para entender processos que não mais podem ser analisados apenas pelos seus condicionantes físicos-naturais, ou seja, entendidos através da dinâmica dos elementos físicos componentes desse sistema, há a necessidade do:

[...] deslocamento da análise da natureza para o ambiental. Este deslocamento é uma expressão das necessidades atuais, já não interessa tanto produzir conhecimento sobre fatos na perspectiva da explicação de suas origens. A sociedade atual está mais preocupada em saber como funcionam do que responder por que funcionam dessa maneira. A questão ambiental como vem sendo demandada é disto um exemplo. Aqui o que é valorizado é o diagnóstico que explica a funcionalidade do objeto em análise. O desejo é de intervir nessa funcionalidade para usufruir como recurso ou preservar... (SUERTEGARAY, 2009, p. 22).

Sendo assim, a partir de mudanças na percepção da realidade influenciadas pela evolução da própria discussão epistemológica da Geografia Física e por consequência da Geografia, associada à necessidade de construir explicações e conhecimentos que possam responder ao anseio de entendimentos que traduzam fielmente os processos que se desencadeiam devido à ação cada vez mais intensa da sociedade sobre todos os meios físicos disponíveis à produção e reprodução das necessidades crescentes desse coletivo social. A Geografia Física precisa responder a esses anseios de forma prática e sistemática, para não encolher sua importância

como ciência a serviço do bem-estar da humanidade. Nesse contexto, Sales (2004) afirma que:

A partir dos preceitos teóricos associados ao conceito de geossistemas e em consonância com o crescimento mundial da problemática ambiental, a Geografia penetra a ativa era da análise ambiental, expressa na realização dos diagnósticos, zoneamentos e avaliação de impactos ambientais. De forma secundária, são tratados os temas de manejo e planejamento dos usos dos espaços naturais e, em alguns casos - ainda raros - de recuperação de áreas degradadas (SALES, 2004, p. 130).

Porém, para Marques Neto (2008):

O estudo do meio físico sob uma perspectiva sistêmica, no entanto, apresenta alguns problemas que esbarram no arcabouço epistemológico do conhecimento geográfico. Um deles, bastante relevante, se refere à própria dificuldade que toma vulto ao tratar variáveis físicas e sócio-econômicas dentro de um mesmo nível de abordagem, tal como preconizam os geossistemas. Ainda que o geógrafo esteja comprometido em estabelecer tal ordem de relação, é incômodo transitar por essas duas esferas de posse do mesmo método, uma vez que, natureza e sociedade, reclamam métodos específicos de estudo (MARQUES NETO, 2008, p. 83-84).

Evidencia assim, o velho dilema epistemológico da Geografia, que ainda permeia os trabalhos voltados à análise ambiental, inclusive pelo método geossistêmico, em um viés recorrente de se analisar o espaço dicotomicamente, no intuito falho de produzir um panorama holístico desta realidade produzida,

Nesse sentido, a dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana ainda é revelada em vasta coleção de trabalhos executados, o que fica claro em formulações que, historicamente, tomam o geossistema categoricamente como um sistema natural que sofre, no transcurso de sua evolução, interferência antrópica, relegando ao homem um papel de ente antagonístico a uma organização dada por elementos de ordem natural, malgrado a intenção da abordagem geossistêmica na antropização do sistema (MARQUES NETO, 2008, p. 84).

Quando se trata de definir um rumo para a evolução das discussões epistemológicas em Geografia Física, baseada nos estudos ambientais, Suertegaray & Nunes (2001) salientam que:

A emergência da questão ambiental vai definir novos rumos à Geografia Física. Esta tendência e a necessidade contemporânea fazem com que as preocupações dos geógrafos atuais se vinculem à demanda ambiental. Por conseguinte, não abandonam a compreensão da dinâmica da natureza, mas cada vez mais não desconhecem e incorporam a suas análises a avaliação das derivações da natureza pela dinâmica social (SUERTEGARAY & NUNES, 2001, p. 16).

Outro velho paradigma da Geografia é a caracterização e sistematização da natureza, se esta, por si mesma, não precisa ser entendida ou analisada, pois os processos que nela ocorrem, independem de conceituação para existir e se processar, no entanto, quando pressupõe-se que estes processos sofrem alteração e se desencadeiam modificações devido à ação de agentes sociais, por motivos econômicos, culturais, religiosos, etc., gera-se a necessidade de entender como eram primitivamente para a partir deste conhecimento prever os efeitos que tais intervenções podem desencadear nos processos de produção e reprodução da sociedade. Dentro desse contexto, Suertegaray (2009) explica que a:

Natureza é um conceito muito próximo da Geografia, embora pouco discutido. A geografia por longa data e até o presente não se preocupou muito em entender o significado dado à natureza em suas análises. Consideraram-na, como de resto em outros campos do conhecimento, como algo dado, objetivo e externo (SUERTEGARAY, 2009, p. 19).

E complementa que:

É fruto da constituição da Modernidade a ideia de natureza enquanto externalidade ao humano é este o sentido cultural, político e econômico dado a natureza nesta construção. Portanto a leitura de nossa base filosófica — científica se inscreve na necessidade atual de decifrar um mundo extremamente complexo, onde sob muitos aspectos a natureza não é natural (*op cit.*, p. 20).

Fica claro a complexidade de se trabalhar o conceito de natureza, que em muitos casos, sofre com o reducionismo, por falta de fundamentação teórica epistemológica. Há muito que se avançar nessa discussão e reflexão, no sentido de se entender o que são processos naturais. Corroborando para essa análise, Suertegaray (2009) explica que:

A construção do conceito de natureza tem, portanto, uma dimensão que se expressa pelo poder. Há um tempo o poder de separá-la e dividi-la para melhor dela se apropriar. Na atualidade, o poder de uni-la e subordiná-la na constituição de novas formas/objetos. Este poder não é absoluto, dirão alguns. Sim, não é absoluto, mas o que desejo expressar é o sentido dado à natureza em nossa sociedade/cultura, trata-se de algo a ser subjugado, transfigurado. Este processo resulta em questões de ordem ambiental, embora não somente (*op cit.*, p. 20-21).

A discussão sobre as questões ambientais, métodos de análise em Geografia Física e sociedade, devem ser paradigmas constantes e necessários dentro das discussões e reflexões geográficas, pois se a ciência como um todo deve

trazer benefícios e bem-estar à sociedade, a Geografia tem um papel imprescindível nesse arcabouço, que é o de integrar conhecimentos de processos tangíveis e intangíveis.

1.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTADO DA ARTE

O Estudo da dinâmica de Bacias Hidrográficas esta de certa forma consolidado dentro de algumas linhas de pesquisas voltadas à Geografia Física, principalmente dentro dos assuntos relacionados as vertentes físico-ambientais dessas análises. A unidade geomorfológica compreendida pela área de um sistema hidrográfico acaba por ser tornar naturalmente um recorte básico para o desenvolvimento de estudos, facilitando a quantificação e identificação dos principais processos e fenômenos desenvolvidos nesse espaço geográfico. Contribuindo na objetividade das análises e resultados obtidos através de variados métodos de pesquisa, destacando-se os modelos quantitativos, com abordagem qualitativa. A seguir serão apresentados alguns estudos relacionados à temática abordados em Teses e Dissertações nos últimos 6 (seis) anos, para destacar o andamento das pesquisas relacionadas a temática.

Caram (2010) avaliou o uso e ocupação dos solos na área da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (12.245 Km²), Estado de São Paulo, por um período de 37 anos, no intuito de evidenciar o efeito dessas mudanças no sistema hidrológico desta bacia. Utilizou para sua análise o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB), produzindo variadas sequências de uso e ocupação dos solos, interpoladas com dados hidrológicos para obter seus resultados. Concluiu que o modelo utilizado se ajustou ao espaço de estudo, demonstrando uma redução na vazão média desse sistema hidrológico, decorrentes do uso e ocupação do solo.

Bacani em 2010, propôs um modelo de ordenamento físico territorial para a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Coxim, Mato Grosso do Sul, com o objetivo de elaborar um zoneamento ambiental através de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Concluiu que a combinação dos elementos do meio físico, tais como uso do solo, relevo, solos, potencial natural erosivo, legislação ambiental, entre outros, resultaram num importante modelo de zoneamento ambiental no subsidio ao ordenamento territorial.

Penteado (2011) adotou a bacia hidrográfica como recorte espacial, utilizou parâmetros geomorfológicos para estudar as terras inundáveis. Utilizou modelos morfométricos de análise linear, areal e hipsométrica, com o objetivo de mensurar o máximo de variáveis físicas da área de estudo. Considerou relevante mapear as principais alterações causadas pelo uso e ocupação do solo nessas áreas inundáveis, definindo e evidenciando impactos ambientais através da metodologia aplicada.

Capellari em 2011, utilizou o método de Geoindicadores para definir e confirmar os efeitos do uso e ocupação do solo nos últimos 50 anos na área da Bacia Hidrográfica do Sistema Hidrográfico Arantes e São Domingos em Minas Gerais, e suas consequências. O autor (*op cit.*) considerou que os geoindicadores são uma ferramenta fundamental e importante na avaliação da dinâmica dos processos de mudanças aceleradas, possibilitando a prevenção com o acompanhamento dos processos geomorfológicos.

Chaves em 2011 analisou o custo econômico da erosão dos solos, aplicando a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) na área da Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, no Distrito Federal. Através do levantamento do meio físico (análise morfométrica) e análise da taxa de erosão, determinou cinco classes de Interpretação de Custo Econômico em relação a produção e perda de solo na área da bacia.

Mantelli (2012) apresenta em seu trabalho um conjunto de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no intuito de auxiliar na gestão de recursos hídricos no âmbito das bacias hidrográficas. Focando principalmente na qualidade dos recursos hídricos. Considerou que:

Os produtos de sensoriamento remoto orbital e as ferramentas de geoprocessamento representam hoje, grandes aliados no desenvolvimento das novas metodologias necessárias para monitoramento dos recursos hídricos e gestão de bacias hidrográficas. (*op cit.*, p. 55)

Pereira em seu trabalho de 2012, utilizou em suas pesquisas sobre dinâmica de bacias hidrográficas, na Alta Bacia do Rio Pecumã, Maranhão, a abordagem geossistêmica, seguindo um modelo de análise que considera o geossistema como fonte, o território como recurso e a paisagem como identidade, ou

seja, denominado GTP - Geossistema-Território-Paisagem. Concluiu que o modelo GTP possibilitou evidenciar problemas na paisagem da bacia, indicando as questões ambientais mais urgentes, como desmatamento, queimadas, assoreamentos, entre outros problemas sócio-ambientais.

Pinheiro (2012), aplicou a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) na área da Bacia Hidrográfica do Córrego Ibitinga em Rio Claro, São Paulo. O objetivo desse trabalho foi utilizar a EUPS como subsidio à compreensão dos processos erosivos em vertentes, para de forma efetiva conseguir produzir dados sobre a extensão das vertentes. A pesquisa concluiu que a taxa de erosão tem variação de acordo com os segmentos da vertente (Alto, médio ou baixo), evidenciando a complexidade deste sistema geomorfológico no contexto da dinâmica das bacias hidrográficas.

Silva em 2012, buscou através do estudo da Geodiversidade, que é uma metodologia desenvolvida desde 1990, avaliar os aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, Amazônia, com o intuito de analisar a morfologia dos padrões de canais fluviais desse sistema fluvial. Concluiu que essa abordagem físico ambiental utilizada no trabalho, contribuirá no planejamento e gestão de bacias com potencial de criação de Unidades de Conservação em áreas de extenso patrimônio geomorfológico.

Olivato (2013) apresenta uma proposta de abordagem metodológica subjetiva, para análise de instrumentos de gestão de riscos ambientais na área da Bacia Hidrográfica do Rio Indaiá, Ubatuba-SP. A pesquisa demonstrou que a população local não tem participação na política de gestão de riscos ambientais, assim como evidenciou a precariedade na infra-estrutura básica, em especial no sistema de drenagem urbana, indicando uma alta vulnerabilidade sócio-ambiental da população da área de estudo.

Mesquita (2013), realizou um trabalho de documentação e sistematização de informações multitemporais da Bacia Hidrográfica do Córrego Olhos d'Água, Brasília-DF, com o objetivo de delinear o processo de evolução do uso e ocupação do solo. Concluindo que a bacia hidrográfica é a unidade natural de gerenciamento fundamental para o planejamento e gestão ambiental.

Vervloet em 2014, utilizou o método de Associação e Indeterminação Geomorfológica, que se baseia na aplicação de níveis de tratamento da pesquisa geomorfológica, fundamentando-se na compartimentação da paisagem geomorfológica, na fisiologia, na paisagem e na estrutura superficial. A pesquisa levou a conclusões mais específicas sobre qual o papel das estruturas litológicas e tectônicas na evolução da bacia.

Santana em 2015 analisou a Bacia Hidrográfica do Rio Taboco no Mato Grosso do Sul, com 109,42 km², através da ótica do geossistema, utilizando a metodologia proposta por Libault (1971), dividida em quatro etapas: compilatório, correlativo, semântico e normativo, complementado com a elaboração de um banco de dados relativos aos aspectos físicos da bacia, por exemplo: hipsometria, declividade, clima, geomorfologia, geologia, etc. A autora considerou que a junção das propostas metodológicas auxiliaram na análise integrada dos elementos desse sistema hidrográfico.

Spatti Junior em 2015 avaliou as taxas de erosão química da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, São Paulo, com o objetivo de compreender a evolução geomorfológica dessa bacia. Considerou que as taxas de denudação atuais, são muito próximas das taxas passadas.

Souza (2015) trabalhou com o metodologia de análise morfométrica na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Gama no Distrito Federal, em conjunto com análise do regime hídrico/sedimentar. Concluiu que com o aumento do índice pluviométrico, aumentavam os índices de sedimentologia para esse sistema.

Limberger (2015) estudou a variabilidade das vazões em regiões homogêneas na área da Bacia Hidrográfica Amazônica Brasileira, comparando as teleconexões entre a temperatura da superfície do mar e a dinâmica hídrica desta grande bacia por 35 anos. Concluiu que a bacia amazônica não deve ser considerada como um sistema homogêneo quanto a análise climática, pois encontrou variabilidades espaciais com tendência linear, correlação entre vazão e precipitação e correlação com anomalias na temperatura de superfície do mar.

Braga em 2015 realizou um estudo geomorfológico e geotécnico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Contagem no Distrito Federal, utilizando métodos

quantitativos para analisar a estabilidade dos materiais. Concluiu através da amostras de sedimentos na área de estudo, não havia indícios de movimentações de massa, que os sedimentos eram provenientes de erosão.

Moraes (2016) avaliou os modelos de predição de perda de solos MEUPS (Equação de Perda de Solo Modificada) e WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) em Bacias Hidrográficas. Constatou que apenas a MEUPS apresentou resultados adequados como ferramenta para simulação de erosão, evidenciando a contribuição desse modelo na gestão do uso e ocupação do solo.

Cunha e Silva (2016) elaborou uma metodologia que propõe a utilização de Índices de Sustentabilidade Ambiental, utilizando para isso, alguns métodos já consolidados de mensuração de fenômenos físicos e sócio-ambientais. Considerou que a aplicação desses índices demonstrou ser uma importante ferramenta de para fornecer subsídios ao planejamento efetivo da gestão de Bacias Hidrográficas.

1.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

O modo como o solo é ocupado fornece informações sobre o grau de intervenção que ocorre nesse espaço e a forma como foram desenvolvidas as mais diferentes atividades humanas.

A paisagem muda de acordo com os interesses de uma sociedade. Observa-se hoje ambientes artificiais sobrepondo-se aos ambientes naturais com uma velocidade inacreditável. As cidades crescem, campos de cultivos se expandem para atender a demanda de mercado, florestas são replantadas com o intuito de preservar os recursos naturais florestais, embora nem se comparem com a ecossistema original em termos de diversidade biológica e assim a paisagem vai se reorganizando com novos arranjos fazendo surgir novas possibilidades de representação social.

Gradativamente os sistemas naturais vão se transformando à medida que o homem precisa deles para satisfazer suas necessidades tornando esses processos inevitáveis. Torres (2003, p. 286) evidencia essa situação quando diz que:

[...] a relação com a terra (posse-arrendamento-estrutura fundiária-uso do solo) e a dependência do mundo rural às políticas econômicas “nacionais”,

cujos agentes locais-regionais não fomentam alternativas para superação das crises, agudizam a degradação ambiental, explicitada de forma didática nas transformações e nas dinâmicas atuais das microbacias hidrográficas estudadas.

A bacia hidrográfica se destaca por ser uma unidade de planejamento fundamental da superfície terrestre, considerada como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água (BARBOSA & BACANI, 2011).

Segundo Botelho & Silva (2012) a utilização do termo bacia hidrográfica como unidade de planejamento teve início nos Estados Unidos em 1933, com a criação da *Tennessee Valley Authority*, agência de planejamento regional do governo federal dos Estados Unidos da América, surgindo com o intuito de fornecer estudos e informações sobre o controle de inundações, geração de energia, navegação e outras atividades e fenômenos. Ainda assim, de forma simples, esses autores definem Bacia Hidrográfica como “a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada por seus divisores de água” (op cit., p. 269).

A delimitação da área de bacias hidrográficas é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 1960. Aceita como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (BOTELHO & SILVA, 2012). Porém no Brasil, os trabalhos que utilizaram a bacia hidrográfica como unidade de análise se destacaram a partir da década de 1980. Em estudos anteriores eram utilizadas como limites as áreas político-administrativas delimitadas por cartas topográficas.

É necessário entender a qualidade ambiental desse sistema hidrológico como reflexo da ação antrópica sobre o espaço e seus componentes em um dado momento. Os diversos níveis de qualidade encontrados, as variáveis no tempo e no espaço são dependentes das demandas e usos dos recursos naturais por parte das sociedades. O uso e ocupação do espaço pela superestrutura social, de forma desordenada, vem pressionando os recursos naturais, acelerando e potencializando processos como erosão acelerada, lixiviação e alteração da cobertura vegetal. No

entanto, a interferência da sociedade supera a capacidade de suporte desses sistemas, acentuando esses processos, e trazendo consigo impactos negativos para o meio e para a própria sociedade humana, vitimada pelos passivos ambientais dessas intervenções (BATISTA; ALMEIDA; MELO, 2009).

Segundo Conway & Lathrop (2005) os impactos ecológicos no uso e ocupação do solo se alteram em escalas, análise de bacias hidrográficas ou paisagem mais amplas e são regularmente ignorados no planejamento de uso, a nível de decisões locais. Parte desta omissão pode ser imputada ao pouco conhecimento geocológico específico disponível para os planejadores, limitando a avaliação de futuros impactos. Vários esforços recentes têm tentado resolver este problema, produzindo informações críticas mais acessíveis aos planejadores e ao público, porém, esses autores ressaltam que ainda há muito trabalho a ser feito.

A produção agropecuária é compreendida como uma das mais importantes atividades executadas pelas sociedades devido à necessidade de produção de alimentos. Onde os manejos inadequados dos solos, das culturas, através dos métodos de produção, não levam em conta a complexidade dos fatores ambientais. Essa produção de alimentos, invariavelmente, provoca resultados negativos na biodiversidade, tanto na fauna quanto na flora e, conseqüentemente, estende-se a sociedade, principalmente pelo uso indiscriminado dos agroquímicos.

Em uma bacia hidrográfica o impactos ambientais mais corriqueiros e de maior ocorrência, segundo Pires, Santos, Del Prette (2002), são os relacionados a erosão dos solos, assoreamento de canais, e conseqüentemente, enchentes e perda de qualidade da água, aumentando os riscos de extinção de espécies da ictiofauna, prejudicando inclusive a manutenção de comunidades ribeirinhas, dependentes dos recursos pesqueiros provindos da rede hidrográfica.

Alguns dos problemas relacionados à erosão, assoreamento, volume e qualidade da água nas bacias hidrográficas, poderiam ser resolvidos se a taxa de infiltração nos solos fosse maior e a sociedade utilizasse racionalmente os recursos naturais. De acordo com Botelho & Silva (2012) os programas desenvolvidos no Brasil visando o planejamento de bacias hidrográficas devem ter como objetivo principal manter o recurso hídrico por mais tempo nesses sistemas hidrológicos,

sendo factível, diminuindo e controlando o escoamento superficial, e concomitantemente desenvolvendo modos de aumentar a infiltração e recarga dos sistemas hídricos subterrâneos (CAMPOS *et al.*, 2015).

Baseado na dimensão funcional do solo para diferentes objetivos ou atividades econômicas, como o uso industrial, transporte, recreação ou área de proteção à natureza, o termo “uso do solo”, é utilizado amplamente nas análises ambientais de bacias hidrográficas (FOLLEY *et al.*, 2005; CAMPOS, 2006; KOELLNER & SCHOLZ, 2008; MASCARENHAS, 2015; CAMPOS *et al.*, 2015).

A acelerada tecnificação e a crescente necessidade de recursos, impulsionada pela mudança nos padrões socioculturais juntamente com o crescimento populacional, estão interferindo cada vez mais no ambiente natural, levando ao aumento no interesse pelo estudo das dinâmicas ambientais e conseqüentemente, a crescente difusão de análises voltadas aos fenômenos socioambientais e socioeconômicos desenvolvidos em bacias hidrográficas. Dentro dessa ótica de planejamento econômico e ambiental do território, evidencia-se necessário que as intervenções da sociedade sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e sociais (MASCARENHAS, 2015; CAMPOS *et al.*, 2015).

O uso da bacia hidrográfica como recorte básico para análise e planejamento ambientais se justifica, pois a fragilidade dos ambientes naturais, em face das intervenções humanas, é maior ou menor em função de suas características genéticas (ROSS, 1992). Sendo assim, entender os processos físicos naturais desse espaço geográfico é imprescindível para que se tenha justiça de acesso aos recursos e minimização de conseqüências adversas, principalmente aos setores da sociedade que são em maior situação de vulnerabilidade socioambiental.

1.3 A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA

O meio natural exerce um grande fascínio para a percepção da sociedade humana, algo idílico, fantasioso, porém, essa mesma sociedade, invariavelmente, quando produz e reproduz seus espaços, desencadeia uma relação conflituosa com seu meio. A necessidade de construir o meio, transformá-lo de forma que garanta os

recursos necessários à dinâmica social, regida neste presente por um sistema altamente exploratório dos recursos ambientais – mesmo que essa prática seja insustentável a longo prazo – é imperativo no inconsciente coletivo (CAMPOS, 2006).

A questão dos problemas ambientais é antiga e inerente à sociedade humana e à sua ação modificadora sobre a natureza. Após a Revolução Industrial a intensificação dos processos produtivos originou um desequilíbrio ambiental que atingiu a maior parte dos ecossistemas terrestres e aquáticos (CAMPOS, 2006, CONTI, 1997). Santos (2008, p. 233) observou acertivamente que:

A história das chamadas relações entre sociedade e natureza é, em todos os lugares habitados, a da substituição do meio natural, *dado* a uma determinada sociedade, por um meio cada vez mais artificializado, isto é, sucessivamente *instrumentalizado* por essa mesma sociedade. em cada fração da superfície da terra, o caminho que vai de uma situação a outra dá de maneira particular; e a parte do "natural" e do "artificial" também varia, assim como mudam as do seu arranjo.

Portanto, discutir a questão ambiental significa tratar os problemas complexos advindos da industrialização, da pobreza e do desenvolvimento; até porque, hoje em dia a Educação Ambiental não se limita a apontar os mecanismos de desequilíbrio da natureza, mas revela também os interesses de diferentes grupos sociais frente aos impactos ambientais.

A sociedade capitalista, por si mesma dificilmente resolveria todos os problemas de ordem ambiental, uma vez que isso afetaria em grande parte os processos produtivos, porém, acredita-se que para isso haja necessidade de uma consciência social onde a escola deva ser considerada como veículo ou um meio para essa aquisição.

A questão ambiental começa a se consolidar para o processo educativo com o advento da Conferência de Estocolmo, em 1972, e com a difusão da necessidade de “Educação Ambiental” a partir de 1977 na Conferência Intergovernamental de Tbilisi na Geórgia (RAMOS, 2001).

Neste bojo inicial das discussões históricas sobre a questão ambiental, Dorst (1973, p. 1) ressalta que *“a preservação do capital natural, incluindo o conjunto dos animais e dos vegetais, constitui, assim, o primeiro dever da humanidade*

moderna”. Para corroborar com a reflexão, Dorst (*op cit.*) cita Theodore Roosevelt assumindo que:

(...) Afinal, enriquecemo-nos pela utilização pródiga dos nossos recursos naturais e podemos com razão, orgulhar-nos do nosso progresso. Chegou porém, o momento de refletirmos seriamente sobre o que acontecerá quando as nossas florestas tiverem desaparecido, quando o carvão, o ferro e o petróleo se esgotarem, quando o solo estiver ainda mais empobrecido, levado para os rios, poluindo as águas, desnudando os campos e dificultando a navegação.

Dentro desta linha de pensamento, Drew (1986) reflete que “*o homem não é uma criatura racional, embora haja quem pense o contrário. Suas atitudes para com a terra e suas reações ao ambiente têm variado através do tempo e ainda variam entre regiões e culturas*”. Seguindo esse escopo de raciocínio, surge um paradoxo, o homem como ser biológico é produto da natureza, onde relações ecológicas contribuíram para moldar sua espécie, porém, o homem como ser social transcende essas relações, desenvolvendo processos e ressystematizando os fenômenos enquanto produz seus espaços. Sendo assim, para Ribeiro *et al.* (1991):

A idéia do homem como elemento da natureza é recente no mundo ocidental. Esta idéia tem seus fundamentos no Darwinismo, que descrevia o homem como uma forma de vida sobre a terra e não como um ser dominante. As alterações prejudiciais ao ambiente resultante das atividades humanas, desembocaram na atual concepção ecológica, na qual o homem não passa de um mero componente do ecossistema geográfico.

O mundo moderno sofreu um grave desequilíbrio em consequência da ação social do homem, que tende não só para a eliminação do meio natural, levando conseqüentemente ao total desequilíbrio na harmonia do meio ambiente onde está destinado a viver, produzir e reproduzir seus espaços (CAMPOS, 2006). Essas mudanças drásticas e rápidas do ponto de vista natural, são Impactos Ambientais, que certamente afetam de forma decisiva alguns componentes do sistema natural, quebrando elos importantes, influenciando até à níveis geossistêmicos, desencadeando conseqüências perversas à sustentabilidade das relações sociais nestes espaços produzidos, contribuindo e potencializando o sistemas de exclusão ao acesso de recursos ambientais, expondo, nesse processo, uma parte da sociedade à riscos socioambientais, incluindo nesse contexto, a violência urbana, exclusão social do trabalho e divisão socioeconômica no Uso e Ocupação do Solo

(KOELLNER & SCHOLZ, 2008). Ainda segundo esses mesmos autores (*op cit.*, p. 33):

O uso e ocupação do solo é uma atividade econômica que acarreta diversos problemas ambientais. Em particular, os relacionados a biodiversidade tem sido negativamente influenciada pela agricultura intensiva, a silvicultura e o aumento de áreas urbanas e infra-estruturas derivadas do crescimento demográfico. A mensuração dos impactos do uso do solo na biodiversidade, no entanto, é uma tarefa complexa, sendo que podem afetar desde o local até sistemas amplos, de interação global.

Preocupações quanto ao uso e ocupação dos solos, assim como as mudanças de cobertura, surgiram na agenda de pesquisa sobre mudanças ambientais globais, várias décadas atrás, com a percepção de que os processos de produção social desenvolvidos na superfície terrestre influenciavam criticamente o parâmetros do clima. Em meados da década de 1970, foi reconhecido que a alteração na cobertura do solo, modifica o albedo da superfície e, assim, o intercâmbio de energia de superfície-atmosfera, que têm um impacto no clima regional. No início de 1980, ecossistemas terrestres como fontes e sumidouros de carbono foram evidenciados; ressaltando assim o impacto gerado pelas mudanças do uso e ocupação do solo e conseqüente diminuição da cobertura natural, sobre o clima global, através da modificação do ciclo de carbono. Mais tarde, a importante contribuição do processo de evapotranspiração local, para o ciclo de água, isto é, para o processo de reciclagem-precipitação, demonstrando outra função do solo, armazenador e disponibilizador de umidade para a atmosfera (LAMBIN, GEIST, LEPEERS, 2003). Corroborando com essas afirmações Foley *et al.* (2005, p. 570) reforça que:

Várias décadas de pesquisa têm revelado os impactos ambientais do uso da terra em todo o mundo, que vão desde as alterações na composição atmosférica à extensa modificação dos ecossistemas terrestres. Por exemplo, as práticas de uso do solo têm desempenhado um importante papel na alteração do ciclo global do carbono e, possivelmente, no clima global: Desde 1850, aproximadamente 35% das emissões antropogênicas de CO² resultou diretamente do uso do solo. Mudanças na cobertura da terra também afetam os climas regionais através de mudanças na energia de superfície e balanço hídrico. A sociedade têm alterado o ciclo hidrológico, para fornecer água doce para irrigação, indústria, e o consumo domiciliar. Além disso, a entrada de nutrientes antropogênicos (fertilizantes) na biosfera de e sistema atmosférico, poluentes, excedem fontes naturais e têm efeitos generalizados sobre a qualidade dos ecossistemas de água doce e costeira. Uso e ocupação do solo também causou quedas na biodiversidade através da perda, modificação e fragmentação do habitats; degradação do solo e da água; e superexploração de espécies nativas.

É necessário compreender que a ação antrópica sobre os espaços naturais ou já modificados desencadeia eventos que invariavelmente retornam e afetam de forma direta ou indiretamente, positiva ou negativamente, em alguns casos, atingindo parcelas da sociedade que estão em maior situação de risco num contexto socioambiental de acesso aos recursos (naturais ou econômicos) (FOLEY *et al.*, 2005). Dentro desta discussão, Rodrigues (2000, p. 172) já evidenciava que:

A ação antrópica manifesta-se de diversas formas, produzindo resultados variando do efeito pontual à atuação em grandes extensões, podendo gerar efeitos que variam da pouca significância a acontecimentos catastróficos.

Neste sentido, as desigualdades no acesso aos recursos ambientais, que definidos pelo *status* socioeconômico e socioambiental das diversas parcelas da sociedade, também definem como serão desigualmente influenciadas pelos impactos ambientais decorrentes das várias formas de produção do espaço, onde a ação antrópica deve ser encarada como um sistema de forças desiguais, num ordenamento inverso, onde atores sociais com menor acesso e exploração dos sistemas ambientais, sofrem as maiores consequências das alterações nos componentes desse sistema (FOLEY *et al.*, 2005). Complementando afirma que:

Ironicamente, assim como o uso e ocupação do solo, através das práticas coletivas estão degradando as condições ecológicas em todo o mundo, a humanidade tornou-se dependente em uma parcela cada vez maior dos recursos da biosfera. As atividades humanas agora se apropriam de quase um terço, talvez metade da produção dos ecossistemas globais, sendo que o desenvolvimento e as pressões demográficas continuam a aumentar. Como resultado, a comunidade científica está cada vez mais preocupada com as condições dos ecossistemas globais. O uso e ocupação do solo nos apresenta, assim, um dilema. Se por um lado, muitas práticas de uso do solo são absolutamente essenciais para a humanidade, porque eles fornecem recursos naturais críticos, tais como alimentos, fibras, abrigo e água doce. Por outro lado, algumas formas de uso e ocupação do solo estão degradando os ecossistemas e serviços dos quais dependemos, assim uma pergunta natural surge: As atividades de uso do solo degradam o ambiente global de forma irreversível, em última análise, esgota-se os serviços dos ecossistemas, bem-estar humano, e para a sustentabilidade de longo prazo das sociedades humanas? (FOLEY *et al.*, 2005, p. 570).

Invariavelmente a produção do espaço geográfico tem levado a desequilíbrios ambientais que repercutem direta ou indiretamente e dialeticamente na reprodução dos espaços sociais, levando a relações sociedade natureza cada vez mais prejudiciais às duas esferas, pois acelera processos naturais, desencadeando consequências negativas aos ecossistemas e conseqüentemente a

sociedade dependente destes recursos. No contexto do uso e ocupação em bacias, CETESB (1991 *apud* RODRIGUES, 2000, p. 172) destaca que:

[...] nas condições climáticas atuais as vertentes estando em equilíbrio com a cobertura vegetal original fazem que os movimentos de massa fiquem restritos a zonas de fortes declividades. Porém, se o equilíbrio for rompido por uma ação humana (desmatamento, obras civis, etc.), esta passa a interagir face às suas características morfológicas potencializando os movimentos de massa.

Atribuindo a responsabilidade inerente aos processos de produção e reprodução social sobre os espaços físicos e, conseqüentemente, suas repercussões para a sustentabilidade desses processos, Suertegaray (2009, p. 22) também lembra que:

[...] com o intuito de compreender a magnitude da interferência humana no planeta, surge na Geologia e na Geomorfologia, concepções mais atuais que consideram o homem como agente de transformação geológico-geomorfológica.

Corroborando com esta afirmação, Rodrigues (2000, p. 168) complementa que:

A atuação humana sobre o meio físico é um componente externo ao processo de evolução natural das formas de relevo e que hoje é altamente condicionadora dos processos geomorfológicos que atuam na evolução do relevo. A ação humana ocorre de forma direta no modelamento das formas de relevo, seja do ponto de vista de uma modificação direta do relevo, como no caso de cortes, aterros, abertura de sistema viário, impermeabilização do solo, criação de nova morfologia através das edificações nas áreas urbanas, seja pela exposição do solo aos agentes climáticos nas áreas rurais, através da retirada da cobertura vegetal, aração, gradeação e outras formas de movimentação de terra.

Porém, Suertegaray & Nunes (2001, p. 21) refletindo sobre muitos dos recentes trabalhos geomorfológicos elaborados, que priorizam a ampliação da densidade técnica, enfatizando as medidas mitigadoras, ou seja, corroborando para a ideologia de que não há como obter recursos sem haver impactos, elevando o ciclo de degradação dos ambientes. Assim, consideram que nos dias atuais:

[...] necessitamos de técnicas reparadoras da natureza e de sua dinâmica. Esta reparação não só torna o espaço mais densamente tecnificado como transforma, na medida em que também tecnifica, a natureza, fazendo com que os geomorfólogos sejam levados a repensar seu objeto original de trabalho, o relevo.

Ao encontro dessa ideia Suertegaray (2009, p. 21) complementa que

A intensificação do uso da natureza promove sua subordinação, num duplo sentido, de um lado a subordinação que degrada e aniquila de outro a subordinação que recria e reinventa a natureza. Em ambos os casos, o híbrido se manifesta como objeto densamente tecnificado no contexto produtivo e cultural da sociedade, no presente.

As alterações decorrentes da ação antrópica sempre culminam em impactos ambientais, e estes na quase totalidade atingem negativamente o equilíbrio natural dos sistemas direta e indiretamente afetados, potencializando, conseqüentemente, o desequilíbrio socioeconômico e socioambiental. Ross (1994, p. 63) ressalta que:

A fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

A ACIESP (1987 *apud* TOMMASI, 1993) define impacto ambiental como *“...toda ação ou atividade, natural ou antrópica, que produz alterações bruscas em todo o meio ambiente ou apenas em alguns componentes. De acordo com o tipo de alteração, pode ser ecológico, social ou econômico...”*. Porém outros autores discordam do componente “natural”, sendo correto afirmar que os impactos ambientais são decorrentes exclusivamente das alterações antrópicas no meio ambiente, ou seja, são causados pela produção social do espaço, e as conseqüências desse impacto, positivas ou negativas, retornam à própria sociedade (CAMPOS, 2006; STIPP, MENDONÇA, CAMPOS, 2011; ROSS, 1994, COELHO, 2001, SANTOS, 2008 entre outros). Os desequilíbrios decorrentes exclusivamente dos fenômenos naturais (tsunamis, vulcanismos, terremotos, etc.) devem ser abordados de forma diferente de acordo com sua gênese, sendo entendidos como riscos ambientais, que podem ou não ser evitados, de acordo com sua escala espacial de acontecimento e amplitude temporal.

Segundo Braga *et al.* (2005) o Poder Público brasileiro assumindo sua responsabilidade pela macro-gestão do meio ambiente define o que é “Impacto Ambiental”, através do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA no uso das

atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, resolve:

Artigo 1º da Resolução nº 001 do CONAMA de 23 de janeiro de 1986, definiu *“impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam”*:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. e a qualidade dos recursos ambientais.

Ainda segundo esta resolução, é:

[...] importante compreender que o conceito de impacto ambiental abrange apenas os desdobramentos resultantes da ação humana sobre o meio ambiente, ou seja, não considera as repercussões advindas de fenômenos naturais que se processem lentamente, ou na forma de catástrofes naturais, caso de tornados, erupções vulcânicas, terremotos etc.

Há a necessidade de deixar claro que os seres humanos também são influenciados e prejudicados pelos impactos ambientais, quando trata-se da “ação antrópica” (produção e reprodução social do espaço) modificadora dos meios e do espaço geográfico, causadora de desequilíbrios, tem-se que tomar o cuidado de não distribuir injustamente o ônus à toda humanidade, como evidencia Coelho (2001), que a:

[...] idéia generalizada pelo senso comum é a de que os seres humanos são, por natureza, depredadores e aceleradores dos processos erosivos. As vítimas dos impactos ambientais são, assim, responsabilizadas e transformadas em culpados.

Seguindo esta lógica de pensamento a mesma autora (*op cit.*) ainda afirma que:

A incorporação da estrutura de classes à análise possibilitará perceber quem se apropria dos benefícios das atividades econômicas cujos custos são divididos com toda a sociedade (...) os impactos ambientais decorrentes de tais atividades são mais percebidos pelos setores menos favorecidos da população[...]

Neste contexto não se deve entender que as populações estão totalmente eximidas da culpa pelas agressões impostas ao meio, apenas esclarece as relações de força e influência que cada seguimento possui, sendo assim, é justo afirmar que os interesses econômicos são o principal motor que impulsiona este modelo vigente de apropriação, sem respeito ou responsabilidade, dos recursos ambientais (naturais, humanos). Sendo assim, o sistema socioeconômico desigual, gera impactos cada vez maiores, desencadeados pelo fenômeno de aumento das densidades demográficas aliado ao crescente aumento de consumo de recursos, imputando a grande parcela da sociedade o passivo ambiental dessas relações, conseqüentemente, parte da sociedade, além de arcar com o passivo ambiental, é excluído à espaços de potenciais riscos ambientais (PAULEIT, ENNOS, GOLDING, 2005). Coelho (2001) ainda afirma que:

Impacto ambiental é, portanto, o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações no ambiente [...] Na produção dos impactos ambientais, as condições ecológicas alteram as condições culturais, sociais e históricas, e são por elas transformadas [...] é ao mesmo tempo produto e produtor de novos impactos.

Ramos (2001, p. 216-7) corrobora enfatizando que:

O debate sobre a questão ambiental, além de questionar os modelos de desenvolvimento e da escolha de modelos, formas e meios de atender às necessidades humanas, incorpora também uma reflexão filosófica sobre a natureza da relação que o ser humano estabelece com o seu meio ambiente.

Quando se trata de discutir as relações sociedade e natureza, a geografia, assume cada vez mais a responsabilidade de desconstruir paradigmas preestabelecidos, no intuito de entender os diversos agentes sociais dentro desse contexto dialético que envolve as relações entre a superestrutura (social) e infraestrutura (natureza). Entendendo que essa relação é desigual tanto entre as

estruturas, quanto no acesso diferenciado aos ativos e passivos ambientais resultantes desses processos.

Quando o assunto é planejamento, com enfoque ambiental em áreas urbanas, as metodologias e fundamentação voltadas ao embasamento geossistêmico do recorte espacial se tornam insuficientes para discutir e representar os processos de produção do espaço ensejados nesse bojo.

Corroborando, Coelho (2001, p. 43) afirma que:

A base da problematização está, entretanto, na possibilidade de superar a visão estático-convencional de impactos ambientais e na necessidade de avançar em direção às teorias dos processos de mudanças que resultam da interação dos processos biofísicos, político-econômicos e socioculturais, e os padrões de apropriação no interior de um mesmo espaço urbano, de uma mesma cidade e de uma mesma formação social.

Ainda neste sentido Coelho (2001, p. 35) discute o papel das “geografias” nesse processo de produção do conhecimento

Os geógrafos, tanto físicos quanto humanos, nunca falaram tanto das relações entre sociedade e natureza quanto nos dias atuais. Na prática, porém, a geografia humana permanece alheia à dinâmica da natureza, tanto quanto a geografia física à dinâmica da sociedade. Os geógrafos físicos ou geomorfólogos se restringem a tentativas incipientes de incluir o ser humano ou a população (quase nunca a sociedade) nas suas interpretações. Os geógrafos humanos se limitam a ver o ambiente como substrato físico, que é passivamente transformado pela sociedade.

A complexidade de se estudar o espaço urbano impulsiona a reflexão teórica para além dos paradigmas existentes na fundamentação sistêmica da avaliação geográfica da realidade de um dado sistema físico. Fica evidente a necessidade de explorar outras searas do conhecimento para construir um panorama mais fiel do processo de urbanização, onde inúmeros fatores, na maioria, dialéticos e diacrônicos, orientados e criados pelo processo de produção do espaço pelos agentes sociais interferem entre si. Contribuindo para a reflexão deste espaço urbano complexo e diverso, Lefevre (2008, p. 60) em seu livro “Espaço e Política”, pondera que:

A ciência do espaço devia, pois, coroar e conter, ao mesmo tempo, o pensamento urbanístico. Mas aqui começavam as dificuldades. De fato, se a ciência [e ciência de um espaço formal, de uma forma espacial, ele implica uma logística implacável, e a ciência não poderia consistir senão numa soma de constrangimentos pesando sobre o conteúdo (as pessoas!). em

contrapartida, se nos voltarmos para o estudo do que vem a povoar essa forma, seja as necessidades das pessoas, seja suas reivindicações, se centrarmos a reflexão sobre o conteúdo e não sobre a forma “pura”, o que garante que esse conteúdo vai entrar nessa forma sem sofrer certas afrontas? O que garante que as pessoas e suas necessidades vão deixar inserir na logística sem resistência? Isso explica ao que parece, que, apesar dos esforços, ainda não há epistemologia urbanística.

Avançando na discussão Soja (1993, p. 71) expõe que

A espacialidade fundamental e imediata do urbanismo era difícil de ignorar (ainda que nem sempre fosse fácil de aceitar e compreender), a ideia de que a economia do mundo capitalista também fosse supostamente espacial, produto de um processo de espacialização similar, numa outra escala menos imediata, era muito mais intangível durante os anos sessenta e setenta. [...] As novas economias políticas da urbanização e do desenvolvimento internacional atraíram muitos adeptos da geografia e dos campos correlatos do planejamento urbano e regional. Mas não demorou muito para que a mistura volátil de perspectivas que moldavam essas novas economias políticas gerasse graves problemas epistemológicos, especialmente com respeito à teorização do espaço e da espacialidade.

Dentro destas discussões sobre as complexidades dos processos sociais de apropriação do espaço urbano, observa-se que o crescimento econômico aliado à desconsideração dos mecanismos de controle tem provocado um desequilíbrio dos recursos naturais e do meio, surgindo, portanto, a necessidade de planificar o território a fim de organizar a utilização da terra conforme as suas potencialidades (GUERRA, 2007).

Sposito (2001, p. 85), discorre sobre a dificuldade de se estudar a natureza das dinâmicas do espaço urbano,

O que se coloca como desafio para os pesquisadores é aprender a natureza dessa relação, no mundo contemporâneo, quando já não temos mais a cidade como unidade espacial, como territorialidade contínua, como morfologia integrada, e, portanto, quando as relações entre a cidade e seu conteúdo não expressam, de forma clara, através de formas espaciais que possam ser facilmente distinguidas daquelas que definem a morfologia rural.

Também neste sentido, (*op cit.*, p. 83), afirma que:

O tema proposto sugere um oportuno debate sobre a natureza das dinâmicas que engendram a urbanização na atualidade, colocando em pauta as novas formas espaciais que se constituem e o conteúdo social e cultural desse processo.

O atual panorama sócio-ambiental urbano do planeta vem evidenciando que o Homem em termos de organização do espaço e desenvolvimento humano deixa muito a desejar, evidenciada pela degradação do tecido social, a deterioração do seu próprio comportamento e a degradação ambiental (MIKLÓS, 1995, p. 28). Reforçando a reflexão do autor, Singer já evidenciava que:

Sendo a cidade uma imensa concentração de gente exercendo as mais diferentes atividades, é lógico que o solo urbano seja disputado por inúmeros usos. Esta disputa se pauta pelas regras do jogo capitalista, que se fundamenta na propriedade privada do solo, a qual – por isso e só por isso – proporciona renda e, em consequência, e assemelhada ao capital (SINGER, 1978, p. 21)

Sabe-se que os processos econômicos são importantes para qualquer sociedade, pois eles se referem ao tipo de produção e reprodução material, mutáveis ao longo da história, que definem as formas não apenas de apropriação da natureza, pela técnica, que a transforma, mas também as modalidades da organização social, os conflitos e disputas entre os diversos agentes pela distribuição da riqueza e pelo tipo de consumo que deriva dessa distribuição.

1.4 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

Na década de 1960 do século XX, alguns pesquisadores iniciaram os esforços para prever matematicamente a erosão de solo pela água, sendo que a evolução da tecnologia da predição de erosão, publicada, começou com as análises realizadas por Cook, em 1936 (*apud* WISCHMEIER & SMITH, 1965), elencando três parâmetros principais na perda de solo pela erosão da água: susceptibilidade do solo à erosão, potencial erosivo da precipitação, escoamento superficial e proteção exercida ao solo pela cobertura vegetal.

Pouco tempo depois, em 1940, Zingg publicou a primeira equação para cálculo da perda de solos áreas rurais, descrevendo matematicamente os efeitos decorrentes do comprimento da vertente e de sua declividade, relacionando assim, sistematicamente, o relevo como um dos condicionantes para quantificação da erosão.

Em 1941, Smith incorpora os termos de sistema de cultivo e práticas de manejo, e, também o conceito da perda de solo mínima anual específica, resultando

num método gráfico de seleção de práticas conservacionistas para as condições de solos do Centro-Oeste Americano (WISCHMEIER & SMITH, 1965). Com isso a equação ganha em sua essência uma análise um pouco mais complexa da produção e reprodução do espaço geográfico, levando em conta, a grande importância da ação antrópica na potencialização dos processos de fragilidade ambiental dos sistemas físicos.

O inegável valor da equação de perda do solo para o planejamento rural e ferramenta de tomadas de decisão no tocante a desenvolvimento de um sistema de aplicação para a organização regional foi reconhecido, pelo escritório regional do USDA (*United States Department of Agriculture*) de Milwaukee, Wisconsin. Reconhecido como um método prático de declividade para estimar a perda de solos, usado no cinturão do milho (*Corn Belt*). Em 1946, no Estado de Ohio, especialistas se reuniram para um *Workshop* destinado a adaptar a equação do Cinturão de Milho, revisando os dados de perda de solos dos EUA e avaliando os parâmetros utilizados, resultando na equação de Musgrave, publicada em 1947, que incluía parâmetro de precipitação, características do fluxo do escoamento superficial afetado pelo comprimento e declividade das vertentes, características físicas de solo e cobertura vegetal.

Levando em conta as informações reunidas no Centro de Dados associadas às deliberações e conclusões das conferências de 1956 e subsequentes análises, Wischmeier & Smith, desenvolveram a EUPS, (Equação Universal de Perda de Solos – *Universal Soil Loss Equation*), descrita em manuais publicados em 1965 e 1978 por Wischmeier & Smith. A EUPS mensura a erosão de solos pelo produto de seis fatores representando a erosividade da precipitação e escoamento superficial, erodibilidade do solo, declividade, comprimento de rampa, práticas de manejo e cobertura de solo e o último termo é estabelecido pelas práticas de conservação de solo.

A EUPS foi desenvolvida com o intuito de ser uma ferramenta de trabalho apropriada para o planejamento dentro dos parâmetros conservacionistas. Uma técnica relativamente simples é necessária para prever a média anual de perda de solo, levando em conta uma grande quantidade de situações específicas. Nesse caso, os objetivos da equação foram definidos de forma sintética e simples: (1) que

cada parâmetro pudesse ser representado por um simples número; (2) fosse predita por dados de pesquisa meteorológica, de solos ou erosão em cada local; (3) fosse livre de qualquer base de orientação regional ou geográfica. O termo “Universal” na EUPS distingue este modelo dos modelos regionais que a precederam. Entretanto o uso do modelo EUPS pode estar limitado a situações em que seus fatores foram apuradamente avaliados e para condições que possa ser aplicada com segurança (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et. al.*, 2015).

Assim a análise de regressão dos dados reunidos determinou a relação matemática entre cada parâmetro da EUPS e a perda de solo. Os efeitos da declividade, comprimento de rampa, manejo de solo e práticas culturais são mais precisamente descritas como incrementos e decréscimo percentuais na perda de solo. O modelo multiplicativo foi selecionado para a equação que usa quatro fatores adimensionais para modificar a perda de solo descrita pelos fatores dimensionais de precipitação (erosividade) e solo (erodibilidade) (*op cit.*).

A utilização prática da EUPS levou tempo, porém, progressivamente foi inserida nas análises, tendo em foco o planejamento de uso dos solos. Durante um período a EUPS recebeu importantes avanços pela inclusão de técnicas para estimativas de fatores locais, fatores para uso de solos adicionais, condições climáticas e práticas de manejo. Por exemplo, ábacos para calcular a erodibilidade de solo, fator topográfico com declividade irregular, fator de cobertura para florestas e campo, efeito do manejo de preparo de solo e cobertura e, avanços na avaliação de práticas de suporte e controle de erosão. Esses avanços foram incorporados, promovendo a criação de uma nova versão da EUPS, atualizada com a publicação do manual de agricultura 537 (*Agriculture Handbook nº 537*) por Wischmeier & Smith em 1978.

A EUPS estima probabilisticamente as taxas de perda de solo pela combinação de variáveis do meio físico e de manejo. As medições atuais de perda de solo podem não ser praticáveis em cada nível dos seus fatores como ocorre no campo. No entanto, a EUPS foi desenvolvida para que planejadores conservacionistas, cientistas ambientais e outros profissionais relativos á erosão de solo consigam extrapolar dados limitados de erosão para muitas outras localidades e

condições que não foram diretamente contempladas com estudos pontuais (RENARD *et al.*, 1997).

O sistema de erosão e sedimentação desencadeado pela ação das águas superficiais envolve os processos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo (FOSTER, 1982). Onde as maiores entradas de energia no sistema provêm do impacto da chuva e a forma com que a água flui sobre a superfície do solo. A erosão silenciosamente expõe a superfície do solo, com o escoamento superficial erodindo uma quantidade muito grande de solo, se tornando dramática quando o fluxo de hídrico concentra-se e cria intenso sistema de sulcos e fendas (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et al.*, 2015).

A Produção de material não consolidado não deve ser confundida com erosão, os termos não são substituíveis, produção de sedimentos é a somatória do solo erodido que é carregado até um ponto na rede de drenagem, geralmente mais baixo, remoto ao lugar de desagregação original das partículas. Numa bacia hidrográfica a produção de sedimentos inclui a erosão das vertentes, canais e transporte de massa, menos o que é depositado depois que é erodida e antes de atingir o ponto de interesse. Tanto a EUPS como a REUPS (Equação Universal de Perda de Solo Revisada) não estimam a produção de sedimento.

Tanto a EUPS como a REUPS calculam a erosão média anual esperada em campo pela equação:

$$A = R . K . L . S . C . P$$

Em que:

A = Erosão em perda de solo por unidade de área e de tempo,

R = Fator da erosividade da precipitação e fluxo de superfície,

K = Fator de erodibilidade do solo,

L = Fator de comprimento de rampa na horizontal,

S = Fator de declividade do campo,

C = Fator de cobertura e manejo,

P = fator de práticas agrícolas.

A EUPS levando em consideração as revisões e pesquisas adicionais e modelos de quantificação para predição de erosão de solos é denominada de REUPS sendo publicada no manual de agricultura n. 703, sob coordenação de Renard *et al.*, 1997. Os estudos sobre os princípios dos processos erosivos e de sedimentos pela água contínua a impulsionar avanços nos modelos de predição e controle de erosão. Esses conhecimentos têm sido utilizados para o desenvolvimento de modelos baseados fisicamente nos componentes de erosão e sedimentação do modelo CREAMS (KNISEL, 1980 & FOSTER *et al.*, 1981). A equipe do projeto WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) da USDA (*United States Department of Agriculture*) em conjunto com outras agências e instituições acadêmicas, representam a perspectiva do desenvolvimento de uma nova geração de tecnologia de predição de erosão pelo sistema hídrico superficial (FOSTER; LANE, 1987). O objetivo do esforço do projeto WEPP é um modelo orientado a processos que faz parte de uma família de modelos conceitualmente superiores aos modelos estatísticos com a EUPS, que são mais versáteis nas condições que podem ser avaliados. Espera-se que no futuro a REUPS seja substituída pela tecnologia WEPP.

Paralelamente aos avanços da EUPS migrando para REUPS, outros modelos surgem além do WEPP e do CREAMS (*Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems*). Esses modelos já foram desenvolvidos para ambientes digitais e além da erosão também tratavam de outros aspectos como alguns ambientais de fontes de poluição não pontuais, o carregamento de fertilizantes e outros compostos químicos para os corpos d'água e com o efeito da erosão na produtividade econômica (CAMPOS, 2006; CAMPOS *et. al.*, 2015).

O modelo REUPS foi desenvolvido para estimar a média de perda de solo carregado pela água em um campo com uma declividade específica, com um cultivo específico e um sistema de manejo. O amplo uso consolidou a utilidade e validade da REUPS para este propósito. Possuindo aplicabilidade em condições não agrícolas, podendo ser aplicada a análise de produção de espaços mais complexos (*op cit.*).

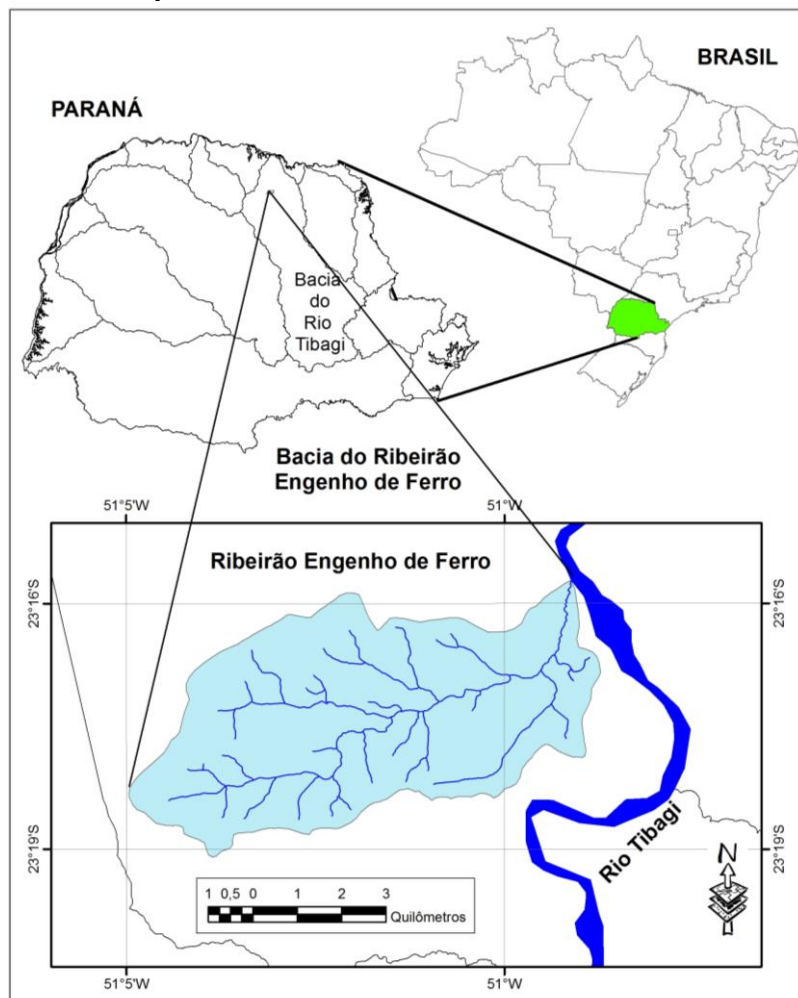
CAPÍTULO II: APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área objeto deste trabalho abrange a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro que se localiza entre as Bacias do Ribeirão Jacutinga, ao norte, e Bacia do Ribeirão Três Bocas, ao sul, indo desembocar no Rio Tibagi (Figura 1). A área total do Ribeirão Engenho de Ferro é de 38,16 Km ou 3.816.72 ha.

O município de Ibiporã está situado no Terceiro Planalto Paranaense, distante 400 km da Capital do Estado, 500 km da cidade de São Paulo e 14 km da cidade de Londrina. As coordenadas geográficas apontam a localização de Ibiporã à 23° 17' de Latitude Sul e 51° 03' de Longitude Oeste. O município de Ibiporã tem uma área de 302 km².

Figura 1. Localização da área de estudo – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR. Fonte: CAMPOS *et al.*, 2013.



2.2 HISTÓRICO DA REGIÃO

A cidade de Ibiporã foi fundada em território pertencente ao Município de Sertanópolis, sendo que os seus primeiros habitantes ali chegaram em 1934. O fundador do povoado e planejador da Cidade foi Francisco Beltrão, homem de grandes iniciativas e a quem o Paraná deve relevantes serviços. Dentre os primeiros habitantes de Ibiporã destaca-se J. Figueira pela contribuição dada à construção do primitivo e único caminho que ligava o povoado a Londrina. Cooperando na obra de desbravamento e colonização do Norte do Paraná, em 1934 a Companhia Ferroviária São Paulo-Paraná estendeu as suas linhas da Cidade de Cambará até o Povoado de Ibiporã, mas somente em 1936 deu-se a inauguração da Estação Ferroviária. Em 1938, o núcleo foi elevado a Distrito Administrativo e, em 1947, a município autônomo. O nome do município é de origem tupi e significa: IBI = Terra e PORÃ = Bonita (IBGE, 2016).

Em meados da década de 30 o pastor Vitol visitava a cidade de Ibiporã e região, fazendo um reconhecimento das famílias evangélicas e oficializou ali uma Igreja. A necessidade de um pastor residente diante de uma igreja em franco desenvolvimento, levou o Pastor Vitol a fixar-se na Região, mais precisamente em Ibiporã (P.M. IBIPORÃ, 2016).

A 13 de maio de 1939, num sábado, às 15 horas, deu-se a reunião em Ibiporã, cujo objetivo era organizar uma Igreja Batista do Norte do Paraná. Entre os fatores que contribuíram para que a Igreja fosse implantada foram: um casal de indígenas, a doação de três lotes para edificação de uma casa de oração por parte do empreendedor da colonização de Ibiporã, e também, o fato de Ibiporã ficar entre Sertanópolis e Londrina, uma vez que Sertanópolis era o município mais velho e Londrina, uma região em franco desenvolvimento (P.M. IBIPORÃ, 2016).

2.3 ASPECTOS FÍSICO NATURAIS

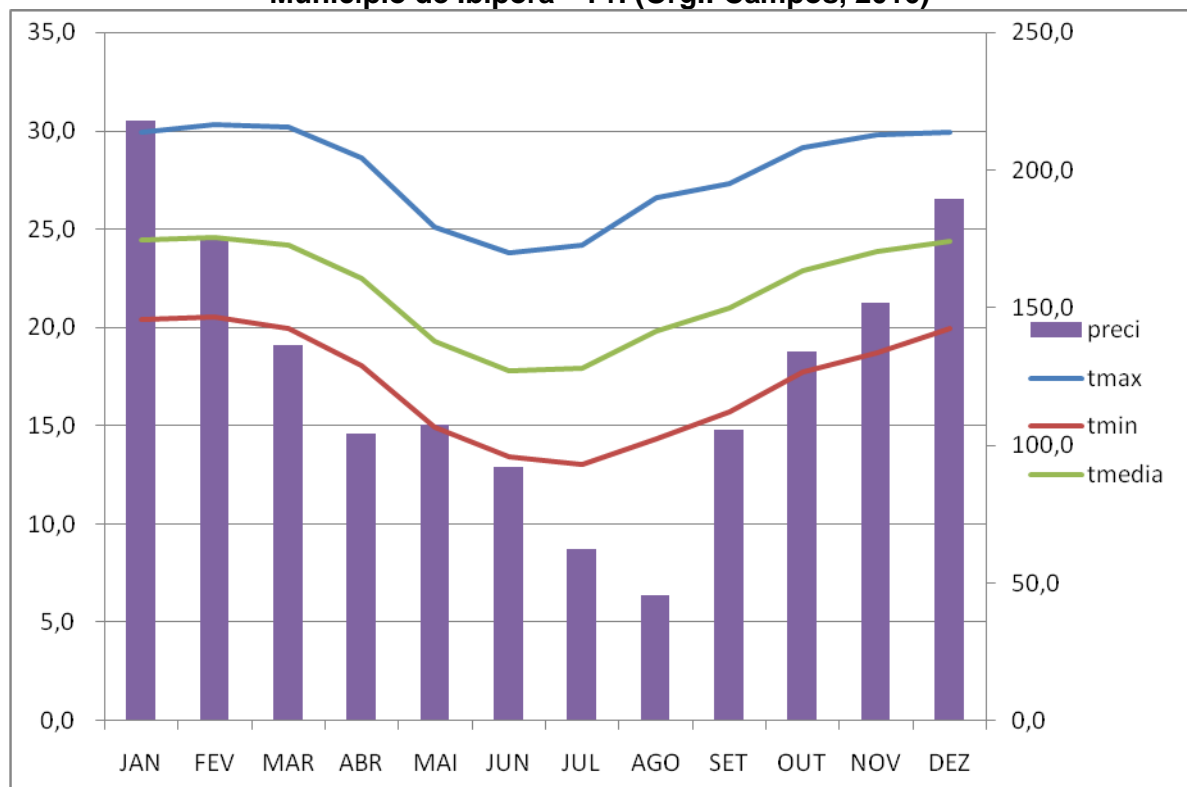
a) Clima

A área de estudo pertence ao tipo climático Cfa –Mesotérmico úmido com verões bem quentes. A análise das condições climáticas mostrou que os eventos de ocorrência episódica devem ser levados em consideração, mas de uma forma geral

em termos de condições médias essa região apresenta uma excelente formação climática para o desenvolvimento de variáveis atividades humanas (MENDONÇA, 2000; MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2002).

Destacam-se ai eventos de ordem episódica tais como: elevada amplitude térmica sazonal e diária, concentração pluviométrica em 24h, de ocorrência nos meses de novembro e maio, superiores a 100mm, provocando problemas de erosão nos solos e inundações. As temperaturas elevadas (superiores a 35°C) conjugadas à Umidade Relativa do ar (inferiores a 40%) durante veranicos prolongados provocam desconforto térmico e *stress* da vegetação. Eventos de Vendavais com velocidades superiores a 100km/h ocorrem esporadicamente, bastante impactantes tanto na zona urbana quanto na zona rural.

Figura 2. Gráfico Climático, Temperatura e Precipitação média (1973 – 2014) para o Município de Ibiporã – Pr. (Org.: Campos, 2016)



O gráfico climático (Figura 2) evidencia a relação entre temperatura e a pluviosidade, característicos do tipo climático Cfa, representativos da região onde se encontra a área de estudo, demonstrando a importância da sazonalidade de entrada de energia nesse sistema, sendo que nos meses mais quentes (maior entrada de energia), verifica-se também maior dinâmica atmosférica através de maiores

precipitações, que levam a potencialmente, maior capacidade de movimentação de matéria e energia nesse sistema.

b) Vegetação

A bacia do Ribeirão Engenho de Ferro se localiza na região conhecida como Baixo Tibagi onde as altitudes não ultrapassam 800m e a vegetação que predominava originalmente era a floresta estacional semidecidual. Desde o século XIX essa floresta sofreu um processo intenso de devastação restando hoje pequenos fragmentos sobrando apenas de 2 a 4 por cento da mata original.

Nas áreas ribeirinhas do Ribeirão surgem áreas de vegetação herbácea que são inundadas durante boa parte do ano, ficando emersas apenas nos períodos mais secos. São os chamados “varjões” ou áreas de banhado com algumas matas de várzeas. Esses locais detêm inúmeras espécies animais, inclusive peixes, ambos com baixa diversidade, mas cuja preservação deve ser levada em conta pela população local.

Observa-se a grande necessidade do estabelecimento de áreas protegidas por meio de uma política integrada de conservação dos ecossistemas locais.

c) Geologia, Geomorfologia e Hidrologia

Na área da bacia afloram rochas basálticas básicas formadas nos eventos de “trapp” Paraná, classificadas como Formação Serra Geral, com idade cretáceo-jurássica. Esses derrames foram expelidos por fissuramento tectônico, portanto, justificando de diques de composição riodacítica na região de estudo (PINESE, 2002). A estrutura geológica é uma importante condicionante para os processos de formação da paisagem na área de estudo, influenciando na orientação das vertentes e no direcionamento da rede de drenagem.

Nesse contexto é impossível considerar as vertentes e os rios como entidades separadas porque, como membros de um sistema aberto que é a bacia de drenagem, estão continuamente em interação. A forma e o ângulo das vertentes estão ajustadas para fornecer a quantidade de detritos que o curso d'água pode

transportar. Inversamente os parâmetros hidráulicos dos cursos de água deverão estar ajustados para transportar a quantidade de material fornecida pelas vertentes.

O relevo nesta área é caracterizado por paisagens de divisores de água e chapadas originadas dos derrames basálticos (*trapp*), com nível de denudação Pós-Gondwana, Eo- e Neo-Cretáceo (MAACK, 2002). Relevo suave ondulado no alto dos divisores de água, acentuando o grau de declividade conforme se aproxima dos interflúvios, com assimetria entre os sistemas de vertentes do lado direito e esquerdo da bacia (Figura 4), que podem estar ligados à condicionante estrutural, definidas pela presença de algum dique riodacítico.

Verifica-se através do gráfico de distribuição de cotas altimétricas (Figura 3) que mais de 80% da área da bacia encontra-se entre as cotas de 350 e 500 metros de altitude. O ponto culminante da bacia encontra-se na sua porção superior, em cabeceira de nascente, com 568,25 metros de altitude, e o ponto mais baixo, a jusante, próximo da confluência com o Rio Tibagi, com 349,88 metros de altitude.

Figura 3. Gráfico de distribuição percentual das cotas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro. Org.: Campos, 2017.

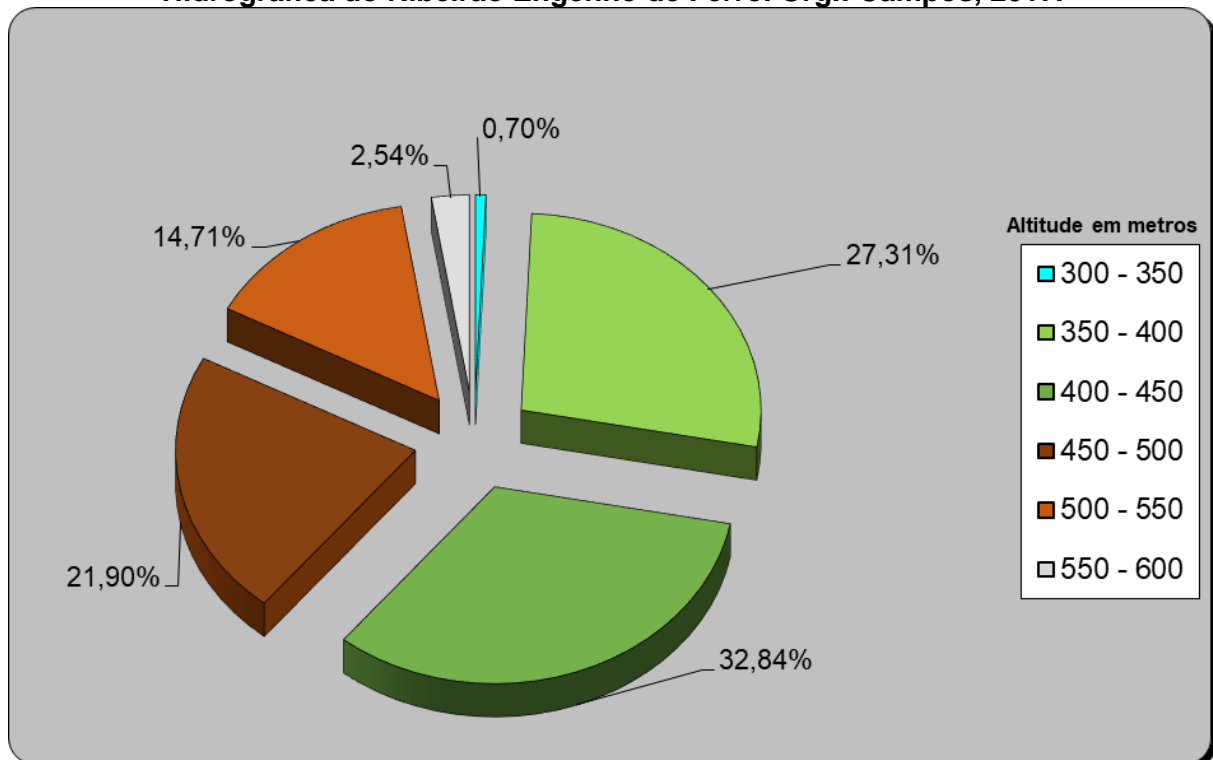
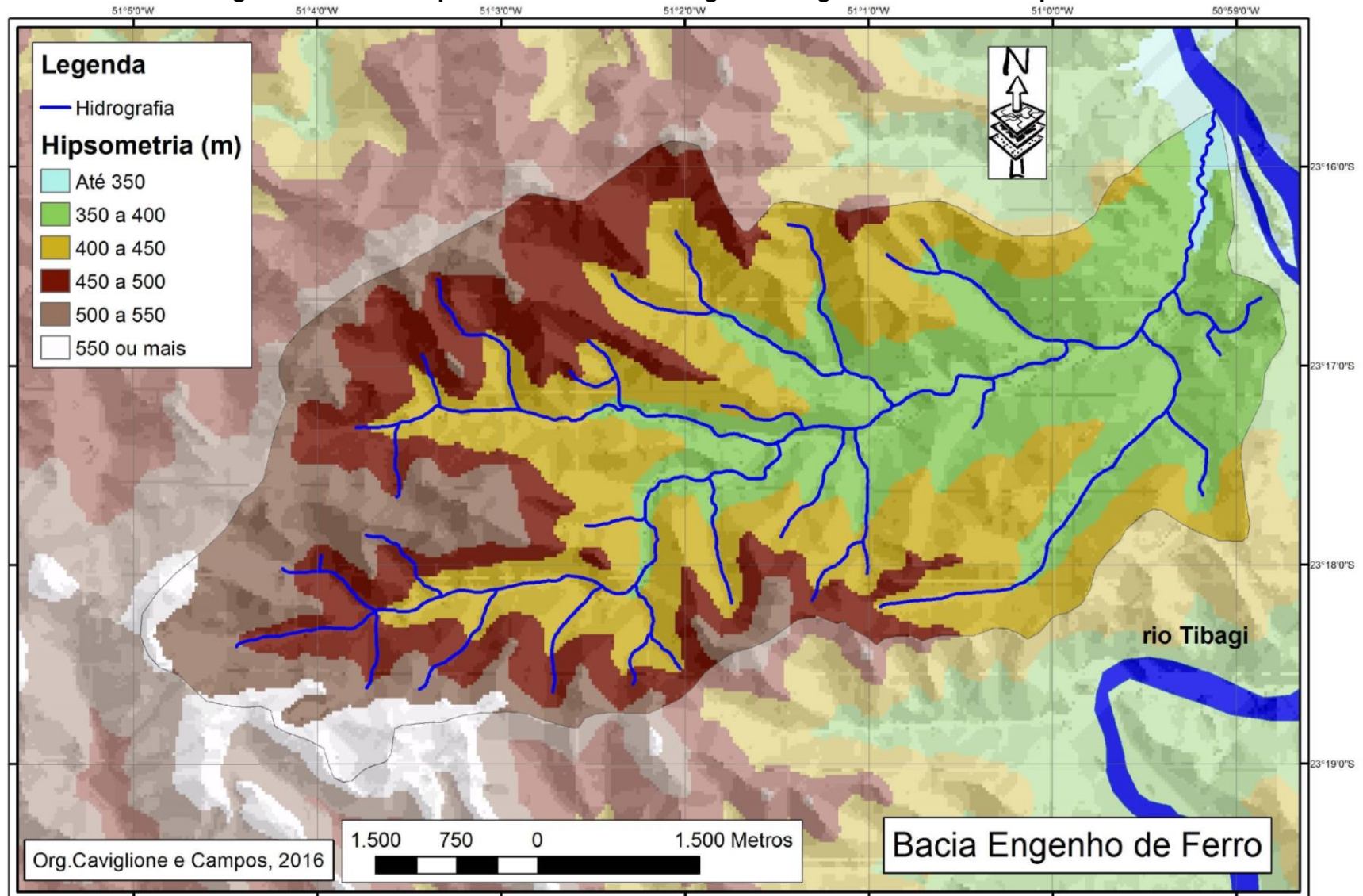


Figura 4. Carta de Hipsometria – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



Em uma bacia hidrográfica, as condições climáticas, litológicas, biogeográficas e outras vão condicionar a estruturação de determinada rede de drenagem e de determinadas formas de relevo (TORRES, MARQUES NETO, MENEZES, 2012).

d) Solos

Nessa área de estudo como na maior parte dos solos do Paraná, devido principalmente aos tipos climáticos predominantes, tem sua gênese ligada aos processos de intemperismo. Dai na região de Ibiporã predominarem, por conta do “trapp” uma variedade de tipos de solos e de associações que se distribuem diferentemente sobre a fisiografia da região. Surgindo então os solos derivados do tipo de embasamento geológico que aí predominou (basalto) como Latossolos, Nitossolos e Neossolos (Figura 5 e 6).

Figura 5. Gráfico de distribuição percentual dos tipos de solos na área de estudo. Org.: Campos, 2017.

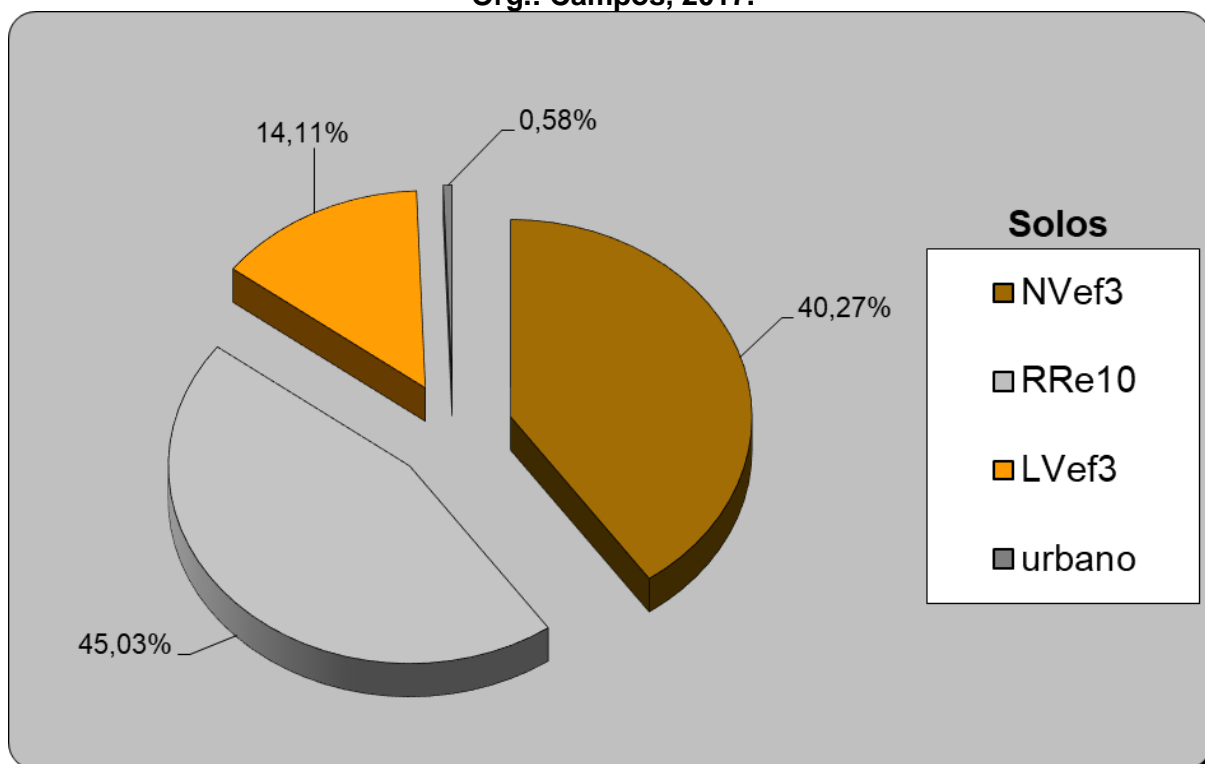
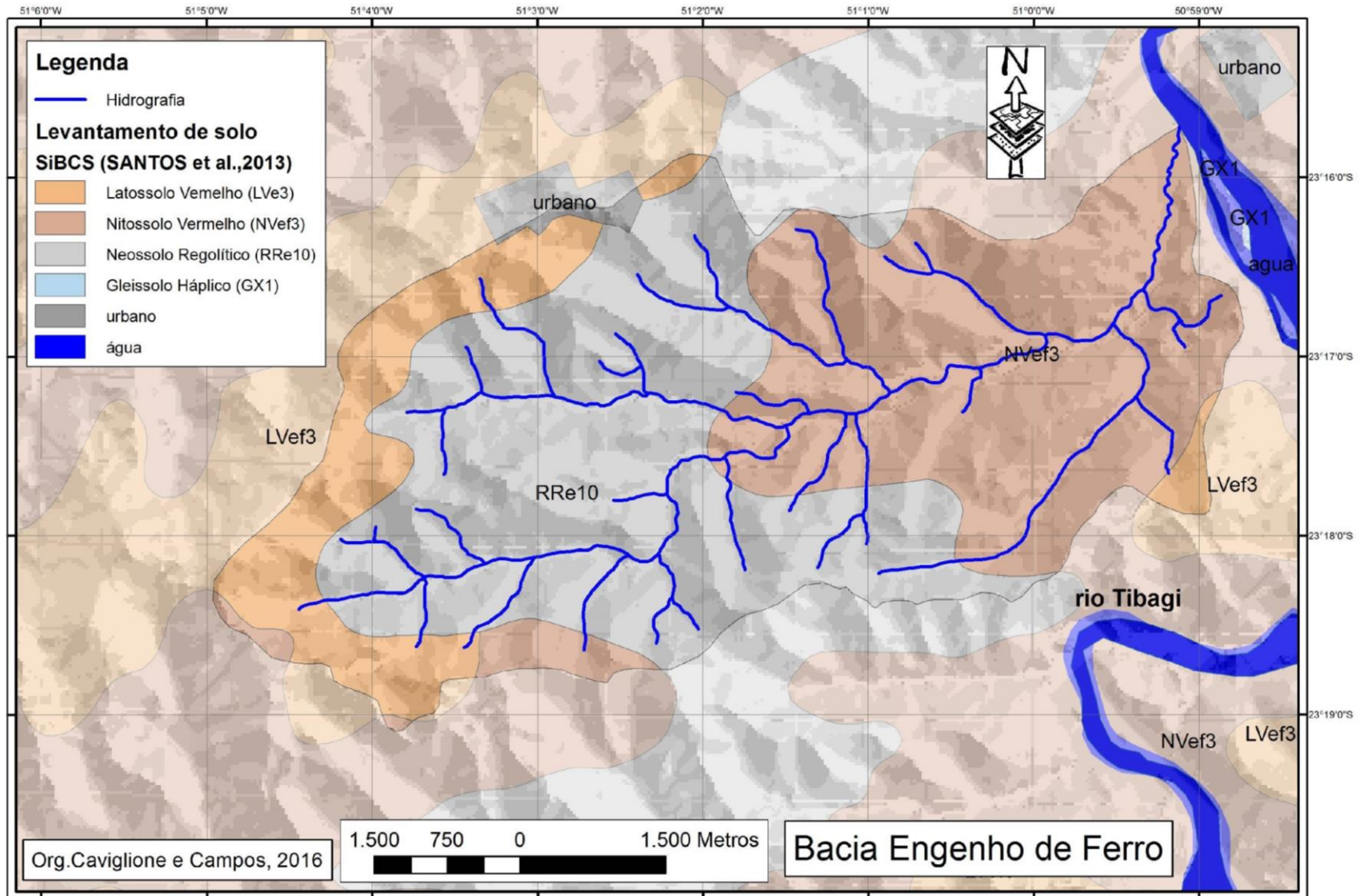


Figura 6. Carta de Solos – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



Evidencia-se, tanto no gráfico quanto no mapa (Figura 5 e 6) a predominância dos Neossolos nesta área de estudo, ocupando mais de 45,03% do espaço geográfico, assim como os Nitossolos, com 40,27% (Tabela 1), os primeiros ocupando a porção superior da bacia e o segundo grupo, se concentrando na porção inferior.

CAPÍTULO III: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 BASE DE DADOS CARTOGRÁFICOS

A base de dados cartográficos utilizados na pesquisa assim se constituiu:

- Carta topográfica do Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações - Diretoria de Serviço Geográfico, projeção UTM, escala 1:50.000, Folha Londrina, *SF-22-U-III-4 - MI 2758/4* de 1996; Carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Folha Assaí, *SF-22-Z-C-I-3 - MI 2759/3* de 1991 (Mosaico - Figura 7);
- Modelo Digital de Elevação (MDS) a partir dos dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da *United States Geological Survey* (USGS) com resolução de aproximadamente 90 metros reamostrado para 30 metros;
- Imagem digital proveniente do satélite SPOT 4, órbita ponto 707/39 captada em 18/01/2004 (Figura 8);
- Imagem digital proveniente do *Google Earth PRO™*, 2016 (Figura 09);
- Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Paraná, 2008 (Figura 6).

Figura 7. Mosaico de Cartas Topográficas para delimitação da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro.

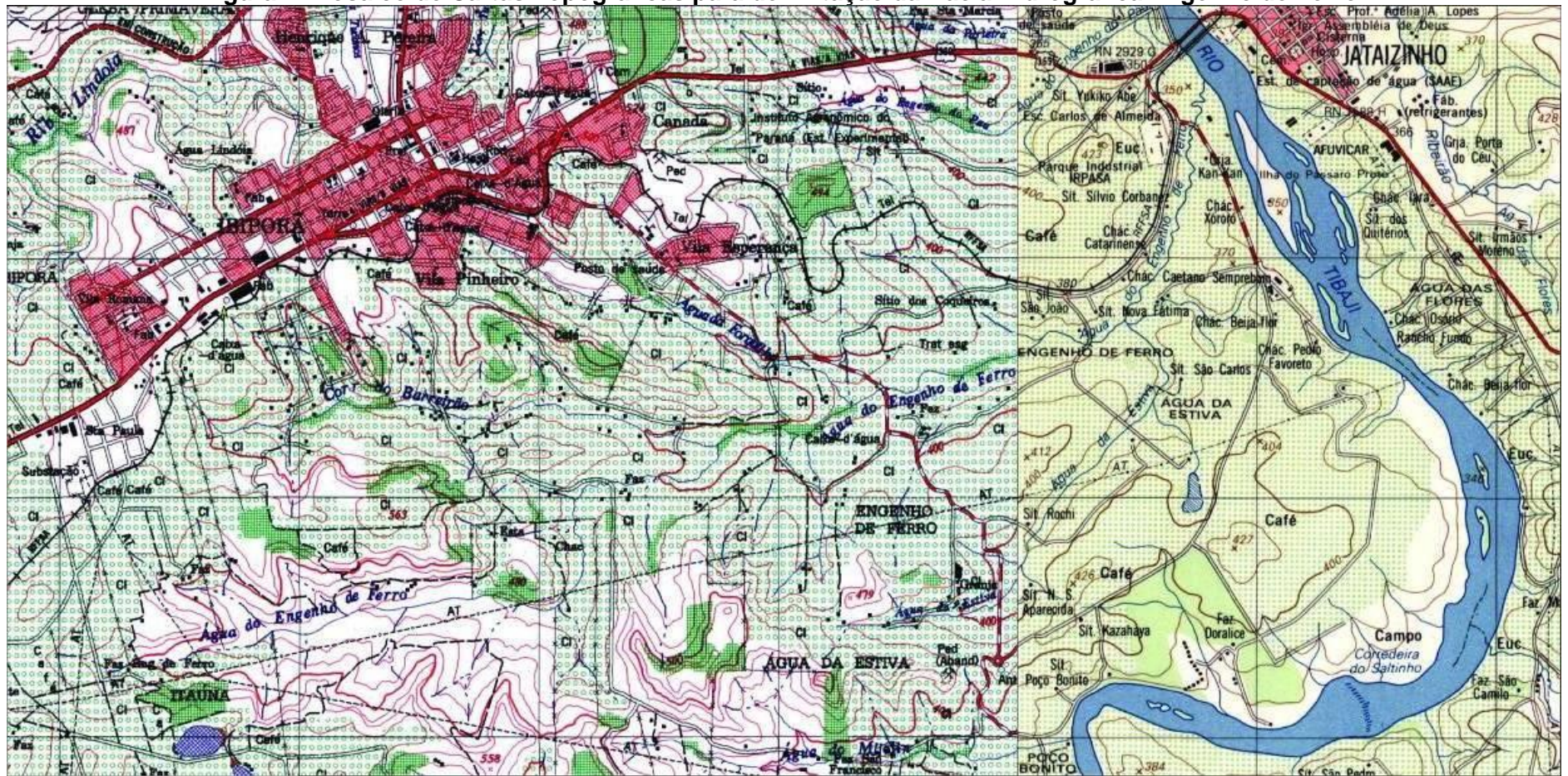


Figura 8. Imagem do Satélite SPOT de 18/01/2004, utilizada para reconhecimento do Uso e ocupação do Solo 2004.

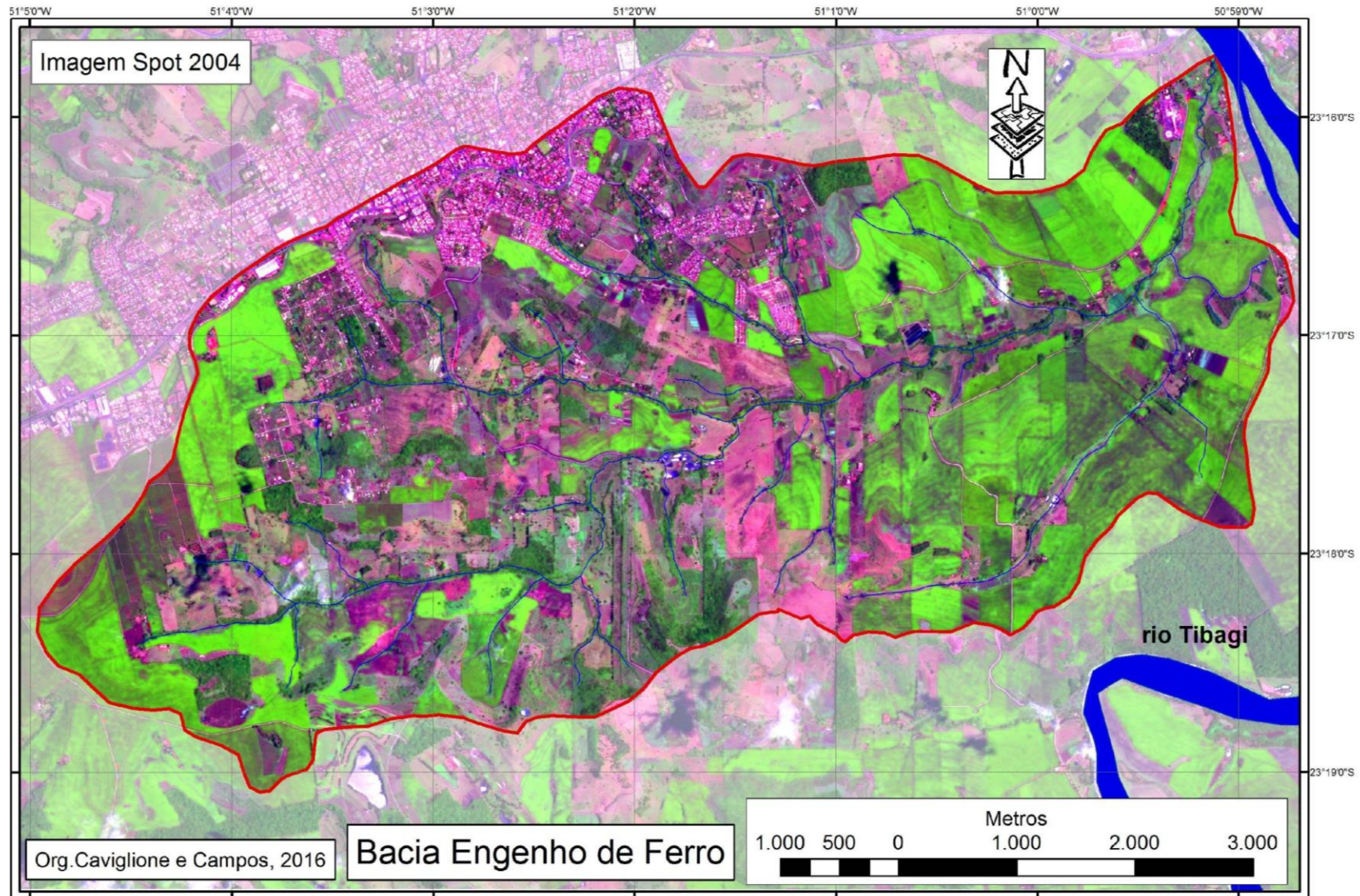
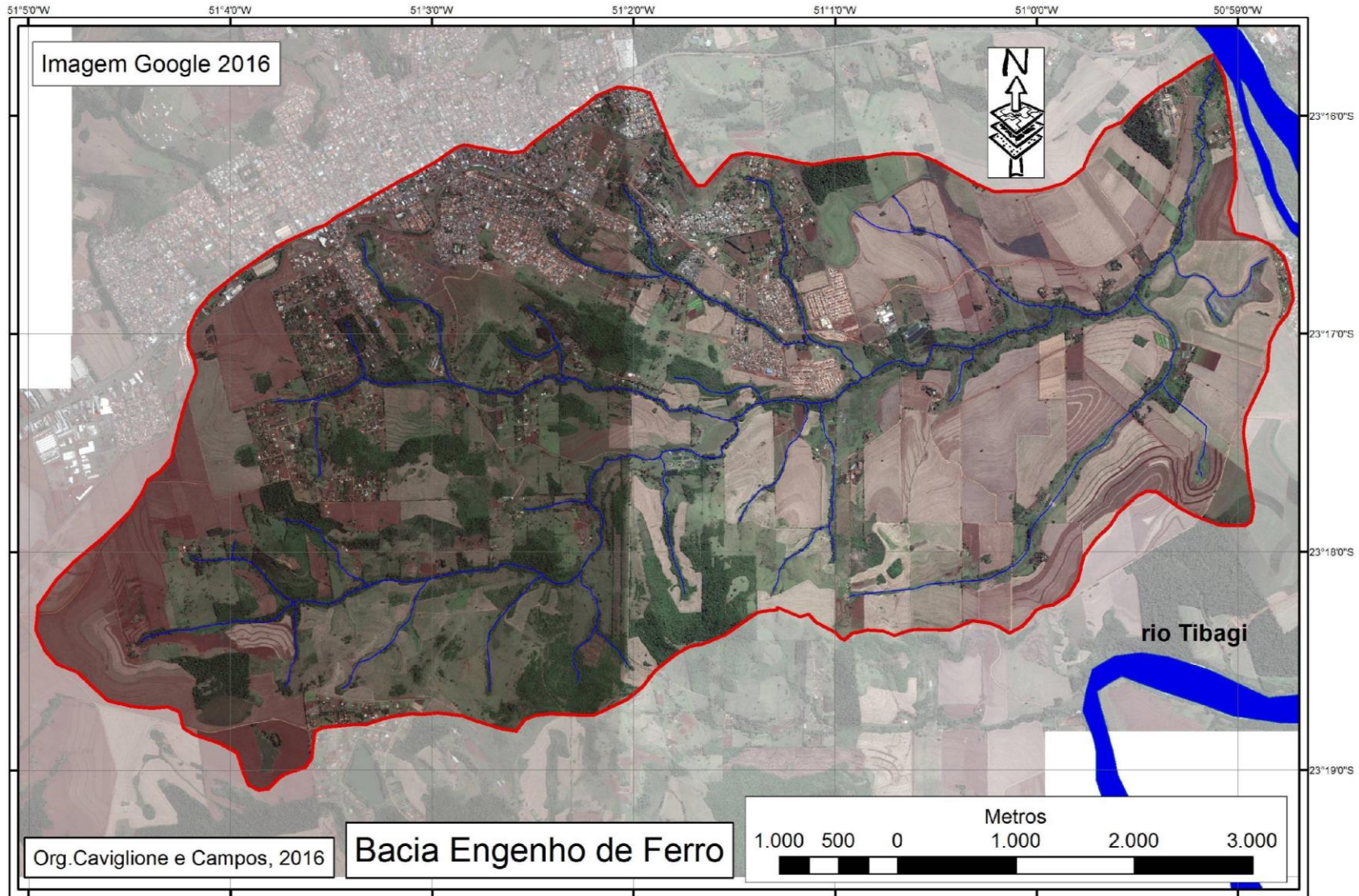


Figura 9. Imagem do Google Earth PRO™, utilizada para reconhecimento do Uso e ocupação do Solo 2016.



3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análise Morfométrica

A bacia hidrográfica como um sistema individualizado pode ser considerada como fonte de dados de grande relevância para a obtenção de informações sobre a evolução do modelado terrestre.

O sistema fluvial, através de suas redes de drenagem tem papel fundamental na dinâmica geomorfológica das bacias hidrográficas, e sua compreensão é imprescindível à gestão desses espaços geográficos, pois apenas através do conhecimento de seus componentes e de como interagem, que a sociedade terá ferramentas mais precisas de planejamento ambiental, principalmente voltadas ao Uso e Ocupação do Solo. Corroborando Ribeiro & Pereira (2013, p. 15) expõe que:

[...] a caracterização morfométrica de bacias é de grande importância para estudos hidrológicos e ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em parte de seu curso d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema

A partir de 1945, com as propostas de Horton, os estudos de bacias hidrográficas começaram a apresentar um caráter mais objetivo, procurando estabelecer leis de desenvolvimento das bacias e suas redes de drenagem, servindo de base para novas concepções metodológicas de abordagem teórica e quantitativa (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A mensuração dos processos decorrentes das dinâmicas geomorfológicas desenvolvidas na bacia hidrográfica, objeto deste estudo, é etapa essencial para coleta de dados necessários à análise dos fatores que desencadeiam e aceleram o aumento ou diminuição nos índices de vulnerabilidade ambiental relacionados, principalmente à erosão laminar e dissecação vertical do relevo.

Para se obter dados quantitativos na diferenciação de áreas homogêneas no âmbito desta bacia hidrográfica foi utilizado o método da análise morfométrica que consistiu na caracterização de parâmetros morfológicos como: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, gradiente de canais, etc. Esses parâmetros

contribuíram para identificar os indicadores físicos da bacia, bem como caracterizar suas áreas homogêneas. Foram destacadas e quantificadas as formas de relevo e os padrões de drenagem aí existentes e também os processos erosivos atuantes.

Os índices e parâmetros sugeridos para o estudo analítico de uma bacia hidrográfica (ROSS, 1992; CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102-117; TRICART, 1965; DERRUAU, 1965, HORTON, 1945), foram abordados em quatro itens: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica.

Inicialmente foi delimitada a bacia e seus tributários para preparação da análise morfométrica, elaborando-se primeiramente o mapa de drenagem. Por meio de uma carta planialtimétrica, onde a ligação entre as maiores altimetrias que representam os divisores de água em todo o entorno da rede de drenagem da área de estudo. Foram utilizadas as cartas topográficas do IBGE da região de Londrina e Assaí (Paraná, Brasil) na escala 1:50.000 (CAMPOS & STIPP, 2006).

Levou-se em conta que a hierarquização, em que cada segmento fica responsável pela drenagem de uma dada área que inclui os tributários de ordem inferior, sendo que ocorre uma contribuição de um para o outro.

A ordenação dos canais se baseou em Machado (2004) e na fórmula de Horton de 1945 que foi aperfeiçoada por Strahler em 1952. Assim por esse procedimento pode-se hierarquizar os cursos tributários.

O comprimento do curso principal foi medido, assim como dos tributários e de toda área drenada pelos rios que constituem a Bacia do Ribeirão Engenho de Ferro, após aferir-se as altitudes da foz e nascentes dos principais formadores da bacia, utilizando-se do software ArcInfo/ArcGis 10.2.

O software ArcInfo/ArcGis 10.2, utilizado como Sistema de Informação Geográfica (SIG), seguindo-se os procedimentos de rotina para a entrada de dados. Por meio deste software foram elaborados os mapas de hipsometria, rede de drenagem, clinografia, área de proteção permanente, solos, parâmetros da EUPS, simulações de dissecação vertical, entre outros.

Para a análise morfométrica dessa bacia, foram obtidos os parâmetros através dos Modelos Digitais de Terrenos (MDTs), gerados a partir dos dados cartográficos trabalhados com ferramentas de geoprocessamento.

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos, estão elencadas a seguir:

- Relação de bifurcação (Rb):

$$Rb = \frac{N_w}{N_{w+1}}$$

onde Rb é a relação de bifurcação; N_w é o número de seguimentos de determinada ordem e, N_{w+1} é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

- Relação ponderada de bifurcação (Rpb):

$$Rpb = \frac{\left[\left(\frac{Rb_w \cdot Rb_{w+1}}{N_{TR}} \right) + \left(\frac{Rb_{w+1} \cdot Rb_{w+2}}{N_{TR}} \right) + \left(\frac{Rb_{w+2} \cdot Rb_{w+3}}{N_{TR}} \right) + \dots \right]}{N_u}$$

Para este índice, multiplica-se o Rb de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação; após, divide-se a soma total dos produtos obtidos pela soma total de canais encontrados na bacia. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação.

- Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (Rlm):

$$Rlm = \frac{Lm_w}{Lm_{w-1}}$$

onde Rlm é a relação entre os comprimentos médios dos canais; Lm_w é o comprimento médio dos canais de cada ordem e, Lm_{w-1} é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

- Comprimento do rio principal:

Distância da foz até a nascente mais distante.

- Extensão do percurso superficial (Eps):

$$Eps = \left(\frac{1}{Dd} \right) \cdot 100$$

onde Eps é a extensão do percurso superficial em metros e Dd é a densidade de drenagem.

- Gradiente dos canais:

$$G = \left(\frac{H - h}{L} \right) \cdot 100$$

onde G é o gradiente dos canais, H é a altitude da nascente, h é a altitude da foz e L é comprimento do rio principal (em metros).

- Índice de sinuosidade (S):

$$Is = \frac{L}{Lt}$$

onde Is é o índice de sinuosidade; L é o comprimento do rio principal e, Lt é o comprimento do eixo da bacia.

- Comprimento médio dos canais (Lm):

$$Lm = \frac{L_u}{N_u}$$

onde Lm é o comprimento médio dos rios; Lu é a extensão total dos rios e Nu é o número total de rios.

- Área da bacia (A):

Refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em m² ou km², principalmente.

- Forma da bacia (Ff):

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

onde Ff é o fator forma; A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo.

- Índice de circularidade (Ic):

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

onde Ic é o índice de circularidade, A é a área da bacia e P é o perímetro da bacia.

- Densidade de rios (Dr):

$$Dr = \frac{N}{A}$$

onde Dr é a densidade de rios; N é o número de canais; A é a área da bacia;

- Densidade de drenagem (Dd):

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

onde Dd é a densidade de drenagem; L_t o comprimento total dos canais e A a área da bacia. Correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica.

- Coeficiente de manutenção (Cm):

$$Cm = \left(\frac{1}{Dd} \right) \cdot 1000$$

onde Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é a densidade de drenagem;

- Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm):

$$A = Alt_{min} - Alt_{max}$$

Diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico;

- Relação de relevo (Rr):

$$Rr = \frac{Hm}{Lb}$$

onde Rr é a relação de relevo; Hm é a amplitude topográfica máxima e Lb é o comprimento da bacia;

- Índice de rugosidade (Ir):

$$Ir = \frac{Hm}{Dd}$$

onde Ir é o índice de rugosidade; Hm é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem.

Através destas variáveis Campos & Stipp (2006) e Stipp; Campos; Caviglione (2010) propõem a criação de tabelas para sistematização dos dados, apresentados nos resultados.

O planejamento e a ocupação do espaço urbano requer cada vez mais uma ampla visão sobre as necessidades da população, ou seja, a ocupação de uma determinada bacia gera um impacto sobre a mesma, desordenando os sistemas, e promovendo alterações que provocam o efeito “cascata” (DREW, 1994), que contribui para ocorrência de inúmeros problemas ambientais.

A análise morfológica não se refere apenas aos indicadores sobre os elementos componentes do sistema. Existe um conjunto de elementos que contribui para um entendimento mais detalhado do sistema geomorfológico. Embora a análise do canal fluvial seja significativa em determinada escala de abordagem, para o contexto da bacia torna-se necessário analisar as características da rede de canais. Por outro lado, torna-se relevante analisar as características morfológicas das vertentes, nas quais se estabelecem o uso e ocupação do solo (CHRISTOFOLLETTI, 1999).

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais, bem como evidenciarem os processos de erosão atuantes.

3.2.2 Equação Universal de Perdas de Solos

A EUPS é um modelo que permite estimar a perda de solo em ambientes agrícolas e geração de sedimentos que alcançarão os corpos hídricos. Depende de dados climáticos, de reconhecimento dos solos, do meio físico, do uso e ocupação do solo e das práticas conservacionistas, referentes aos parâmetros do modelo EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978) modificada por Bertoni & Lombardi Neto (1999). O modelo permite uma avaliação rápida e ao mesmo tempo minuciosa dos riscos de degradação ambiental a que a bacia está exposta (STIPP, MENDONÇA, CAMPOS, 2011).

Através desta equação pôde-se avaliar a perda média anual de solo, expressa em t/ha:

$$A = R \cdot K \cdot (L \cdot S) \cdot (C \cdot P)$$

Onde: **A**= Perda de solo (ton ha⁻¹ ano⁻¹) e os diferentes fatores são explicados a seguir:

R = Fator de erosividade da chuva

Além da quantidade precipitada, neste fator é considerada também a energia cinética das gotas de chuva que se chocam com o solo. Esta energia cinética por sua vez é influenciada principalmente pelo tamanho das gotas e pela intensidade da chuva.

Foi utilizada a equação de estimativa do Fator R ($Y = a + bx$) apresentada por Rufino; Biscaia & Merten (1993) através de seu trabalho de estimativa do índice de erosividade das chuvas para o Estado do Paraná, onde dividiram o estado em 8 regiões isoerosivas, determinando coeficientes de erosão linear e angular. A área de estudo encontra-se na Região isoerosiva 4 ($Y = 16,73 + 4,02$).

A partir destes dados a equação utilizada para determinar o Fator R da área de estudo ficou assim:

$$R = 16,73 + 4,02 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{9,80665}$$

Onde:

R – Fator de erosividade das chuvas em MJ mm/ha/ano

p² – Média mensal de pluviosidade ao quadrado;

P – Média anual de pluviosidade.

9,80665 – Conversão Kgf.m → MJ

K = Fator de erodibilidade do solo

Neste fator estão refletidas as propriedades específicas do solo. Quanto mais facilmente divisíveis os agregados do solo, separáveis as partículas e menor a permeabilidade, tanto maior o fator de erodibilidade. Solos ricos em silte, assim como solos arenosos, pobres em matéria orgânica e compactados são especialmente susceptíveis à erosão.

Para a determinação do Fator K foi utilizado os valores obtidos por Tomazoni *et al.* (2005) para alguns solos do Paraná, conforme mostra Tabela 1. Através destes valores e com os subsídios do Mapa de Solos (Figura 6), foi elaborado o Mapa de Fator K da área de estudo (Figura 28).

Tabela 1. Determinação do Fator K para os solos da área de estudo.

CLASS.	SOLOS	FATOR K
NVef	Nitossolos Vermelhos eutroféricos	0,03
LVef	Latossolos Vermelhos eutroféricos	0,045
RRe	Neossolos Regolíticos Eutróficos*	0,11

Fonte: Tomazoni *et al.*, 2005

* Para este trabalho extrapolou-se os valores do RLe para RRe.

LS = Fator Topográfico

Inclinação e comprimento da encosta determinam o fator da declividade. Quanto mais íngreme e mais longa a encosta, tanto maior a quantidade e a velocidade da água que escorre. O potencial de transporte cresce desproporcionalmente com a velocidade de escoamento.

Para calcular este parâmetro foi utilizado o método proposto por Renard *et al.* (1997, p. 103-107), onde as equações foram cruzadas às informações do Mapa de Declividade (Figura 11) através do software ArcInfo/ArcGis.

Para estimativa dos fatores L e S deve-se considerar a pressuposição de que a EUPS foi concebida em relevos uniformes com 9,5% de declive, não sendo nem côncavo ou convexo. Este fato reflete na determinação do comprimento de rampa (fator L) que deve ser considerado até que ocorra uma concentração de fluxo superficial, que deve ser considerado como drenagem. Renard (1997) justifica que este fato normalmente ocorre ante de 400 pés, e comprimento de rampa maiores devem ser desconsiderados. Sendo assim, a fórmula de fator L é expressa como:

$$L = \left(\frac{400}{72,6} \right)^m$$

O parâmetro m é estimado por:

$$M = \frac{\beta}{(1 + \beta)}$$

Por sua vez o parâmetro β é estimado a partir do seno do declive:

$$\beta = \frac{\left(\frac{\text{seno}(\theta)}{0,0896} \right)}{[3,0 \cdot (\text{seno}(\theta))^{0,8+0,56}]}$$

O Fator S é estimado pelas equações

$$\frac{p}{s} < 9\% \rightarrow 10,8 \cdot \text{seno}(\theta) + 0,03$$

$$\frac{p}{s} \geq 9\% \rightarrow \left(\frac{\text{seno}(\theta)}{0,0896} \right)^{0,6}$$

C = Fator de preparo e cobertura do solo

Quanto pior a proteção da superfície do solo por cobertura vegetal contra a chuva, tanto maior o fator C. A vegetação sobre a superfície amortece a energia de impacto das gotas de chuva e evita assim a destruição dos agregados, o entupimento dos poros e o selamento superficial do solo. O fator considera também

o grau de preparo do solo. Preparo intensivo e forte destruição dos agregados do solo levam a uma elevação de C e, portanto, ao aumento de A (perda de solo).

A partir de algumas literaturas consultadas definiu-se os valores de C, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Valores do Fator C estabelecidos para a área.

COBERTURA	Fonte:	FATOR C
Água	Prado & Nóbrega, 2005	0
Florestas	Vitte, 1997; Gurgel <i>et al.</i> , 2011	0,00004
Vegetação Secundária	Tomazoni <i>et al.</i> , 2005	0,003
Pastagens	Vitte, 1997; Prado & Nóbrega, 2005	0,01
Agricultura Perene	Vázquez-Fernández, 1996	0,135
Agricultura (cultura temporária)	Vitte, 1997	0,2
Área Urbana	Vitte, 1997	1

Org.: Campos, 2017.

P = Fator de práticas conservacionistas

Este fator se refere às práticas de controle de erosão, tais como o terraceamento, o preparo do solo em nível, o cultivo em faixas e o sistema de plantio direto.

Neste caso considerou-se utilizar o valor de “P” constante, considerando que nessa área como se pode observar em campo, existem terraços e o plantio direto onde há uso do solo para agricultura (CAMPOS, 2006; STIPP, MENDONÇA, CAMPOS, 2011).

3.2.3 Índice de Dissecação Vertical

Para obtenção de um índice de dissecação vertical das vertentes foi necessário primeiramente a obtenção dos dados físicos da bacia hidrográfica, apurados através da análise morfométrica.

Em seguida definiu-se as classes de uso e ocupação do solo atual, anterior e original, necessárias ao desenvolvimento de cartas e dados relativos à erosão atual, pretérita e original desta bacia hidrográfica, já levando em consideração a atuação antrópica como importante variável nesta equação, sendo

assim, fator determinante na caracterização e definição de classes de vulnerabilidade ambiental.

Com essas informações já alimentando o banco de dados do SIG (Sistema de Informações Geográficas) do ArcInfo/ArcGis 10.2, foi necessário definir um índice de Densidade de Solos (DS), o qual foi encontrado nos trabalhos de Fidalgo *et al.* (2015, p. 19), que apresentou o índice de 1,36 para a Densidade média dos Solos Brasileiros.

Através desses índices procedeu-se a interpolação dos dados referente a aplicação da EUPS com a variável de Densidade dos Solos (DS):

$$DV = \frac{A}{DS}$$

Sendo que **DV** corresponde a Dissecação Vertical das Vertentes, **A** = perda de solo em toneladas por Hectare ⁻¹ ano⁻¹, e, **DS** Densidade dos Solos (1,36).

Através desse trabalho de geoprocessamento, conseguiu-se chegar aos mapas de simulação de Dissecação Vertical com análise multitemporal desses processos.

As pedoformas do relevo refletem a interação de vários fatores, daí a utilização de variáveis para espacializar e entender o seu comportamento. A análise geoestatística foi aplicada aos componentes principais, pelos respectivos escores gerados a partir dos fatores de perda de solo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A importância da avaliação dos parâmetros morfométricos reflete-se principalmente no que diz respeito à execução do planejamento ambiental e gestão territorial de bacias hidrográficas. Tem relevância também no estudo de mananciais de abastecimento público, no tocante à qualidade e quantidade do recurso hídrico, aspectos indissociáveis do geossistema.

Sendo que, a análise morfométrica permite inferir num preliminar diagnóstico ambiental da área de estudo, alterações dos parâmetros morfométricos da rede de drenagem consequências das intervenções antrópicas nesse sistema.

Os estudos morfométricos em bacias hidrográficas fornecem importantes informações sobre os processos erosivos e de sedimentação que se processam em suas áreas de drenagem.

Os índices morfométricos obtidos proporcionam uma base de dados que facilitam o entendimento da relação entre as propriedades físicas da rede de drenagem e suas propriedades dinâmicas, podendo auxiliar no monitoramento dos processos hidrológicos da bacia hidrográfica.

Daí a sua utilização no sentido de investigar e compreender cientificamente seus componentes naturais.

A análise da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica tem importância fundamental na compreensão do sistema ambiental, sendo que o estudo morfométrico nesse recorte espacial possibilita a obtenção de dados quantitativos necessários para mensurar os parâmetros básicos utilizados na caracterização da área de estudo. Os resultados produzidos pela morfometria nessa pesquisa, seguiram os preceitos baseados nos trabalhos de Christofolletti (1980).

A Bacia do Ribeirão Engenho de Ferro apresentou uma área de drenagem de 39,636 km², com eixo de 11,102 km e possui um perímetro de 31,575 km. Foram aferidas altitudes que variam de 568,25 m nos pontos mais elevados e 349,88 m em sua confluência com o Rio Tibagi, do qual é tributário. A lito-estrutura é

um importante condicionante, contribuindo no desenvolvimento de uma assimetria, principalmente na porção superior e média, entre a vertente direita e esquerda da bacia (Figura 10).

Na análise do comportamento da drenagem na bacia estudada constatou-se uma hierarquia fluvial de 4ª ordem (Tabelas 3, 4, 5 e Figura 10) segundo classificação proposta por Horton em 1945 (*apud* CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

Tabela 3. Tabela de Hierarquia Fluvial (Horton, 1945) e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Ordem dos Canais	Nº de Canais	Extensão dos Canais em km
1ª	21	16,900 Km
2ª	08	15,512 Km
3ª	01	4,189 Km
4ª	01	12,880 Km

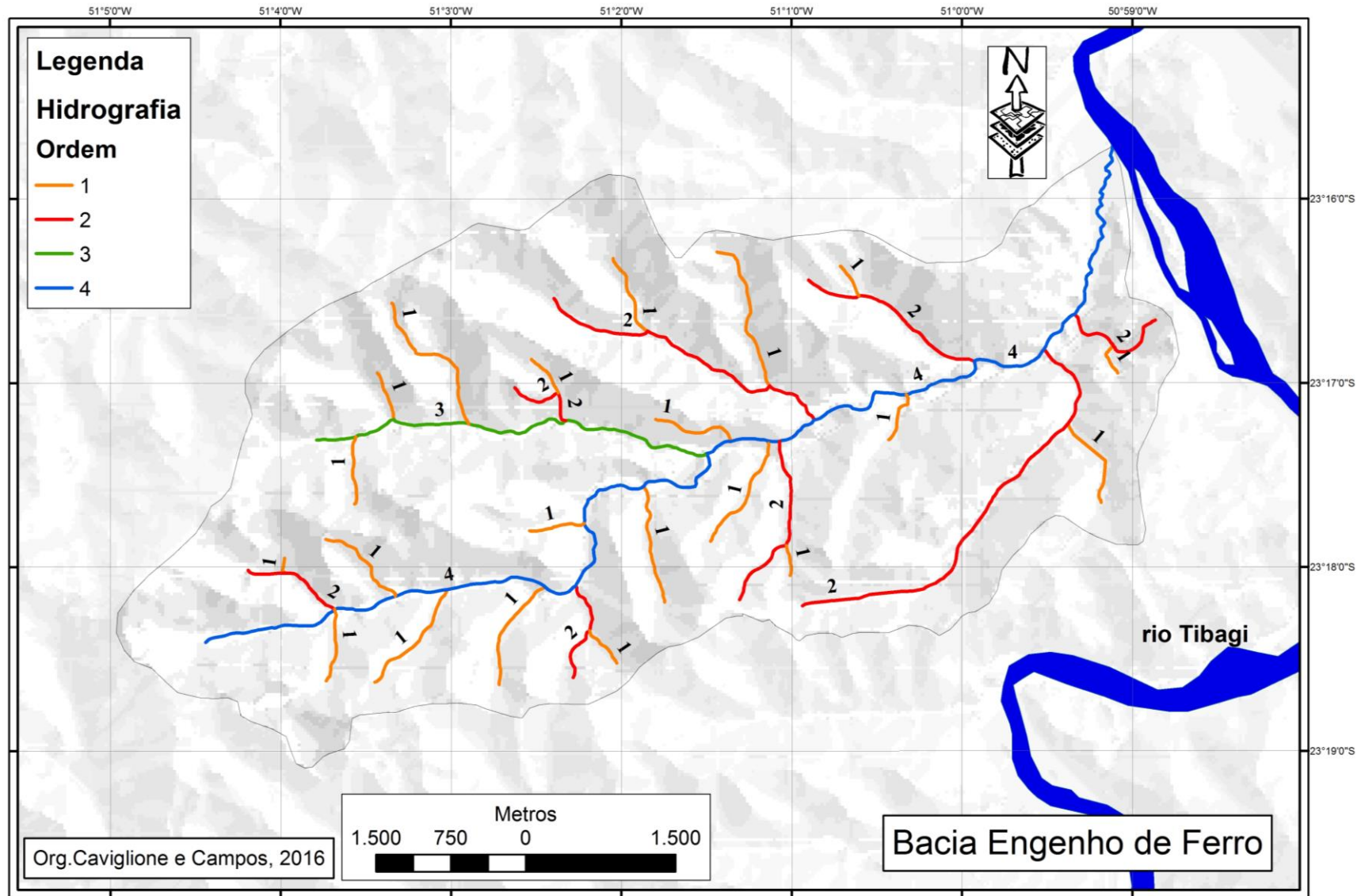
Org.: CAMPOS, 2017.

O número de canais de primeira ordem evidenciam-se em toda a extensão da bacia, devido a predominância dos Nitossolos, que são solos bem desenvolvidos, oriundos de rochas eruptivas básicas, sendo bem estruturados, com porosidade regular e boa drenagem (CAMPOS, 2006; CAMPOS & STIPP, 2006).

O gradiente de inclinação do canal principal da bacia é de 1,70% (Tabela 4), demonstra que área drenada por este sistema fluvial, naturalmente não sofre uma grande pressão pela erosão fluvial, evidenciando entretanto, a grande importância dos processos erosivos nas vertentes, desencadeados pela pluviosidade e acelerados pelo uso e ocupação (STIPP, CAMPOS, CAVIGLIONE, 2010).

Com um índice menor que 2,0 de sinuosidade, no caso da referida bacia de 1,160, caracteriza-se por redes de drenagem pouco sinuosas, com baixo acúmulo de sedimentos, porém a ação antrópica, fortemente presente e modificadora, pode acelerar o processo de assoreamento em alguns pontos da drenagem (STIPP, CAMPOS, CAVIGLIONE, 2010).

Figura 10. Carta de Hierarquia Fluvial – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



Apesar de bem distribuídas, as drenagens de primeira ordem são mais evidentes em relação as demais ordens nas vertentes do lado direito da bacia (Figura 10), demonstrando claramente a assimetria existente na sua porção superior e média, onde predominam declividades entre 15% e 45% (Figura 11).

Tabela 4. Parâmetros Morfométricos (linear, areal e hipsométrico) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

DADOS OBTIDOS	BACIA
Perímetro	31,575 Km
Área de Drenagem	39,636 Km ²
Eixo da Bacia	11,102 Km
Comprimento do Canal Principal	12,880 Km
Comprimento Médio dos Canais	1,596 Km
Densidade de Drenagem	1,248 Km/Km ²
Densidade de Rios	0,782 Canais/Km ²
Extensão Percurso Superficial	80,128 m
Índice de Sinuosidade	1,160
Relação de Relevo	19,669 m/Km ⁻¹
Índice de Rugosidade	174,976 m/(Km/Km ²)
Coeficiente de Manutenção	801,282 m ² /m
Fator Forma	0,322
Índice de Circularidade	0,500
Altitude Máxima	568,25 m
Altitude Mínima	349,88 m
Amplitude Altimétrica	218,37 m
Comprimento Total dos Canais	49,482 Km
Número de Canais	31
Número de Nascentes	31
Gradiente Canal Principal %	1,70%
Ordem da Bacia	4 ^a

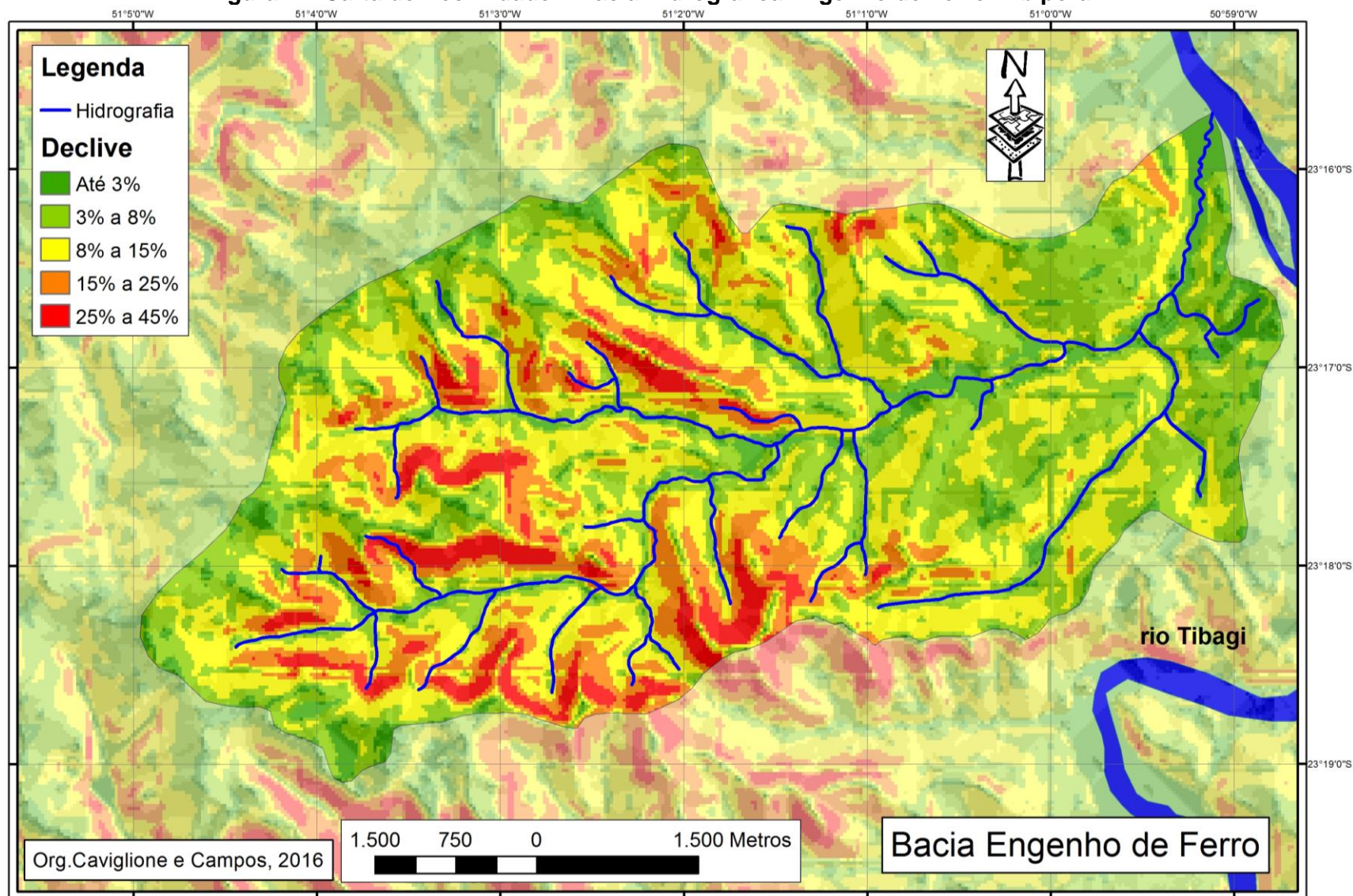
Org.: CAMPOS, 2017.

Tabela 5. Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, método de Horton (1945).

Ordem	Número de segmentos			Relação de bifurcação	Comprimento médio dos canais	Relação Ponderada de Bifurcação	Relação entre o comprimento médio dos canais
	D	E	T				
1 ^a	10	11	21	2,625	804,762 m	0,068	
2 ^a	04	04	08	8	1.939 m		2,409
3 ^a	-	01	01	1	4.189 m		2,160
4 ^a	-	-	01	-	12.880 m		3,074

Org.: CAMPOS, 2017.

Figura 11. Carta de Declividade – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



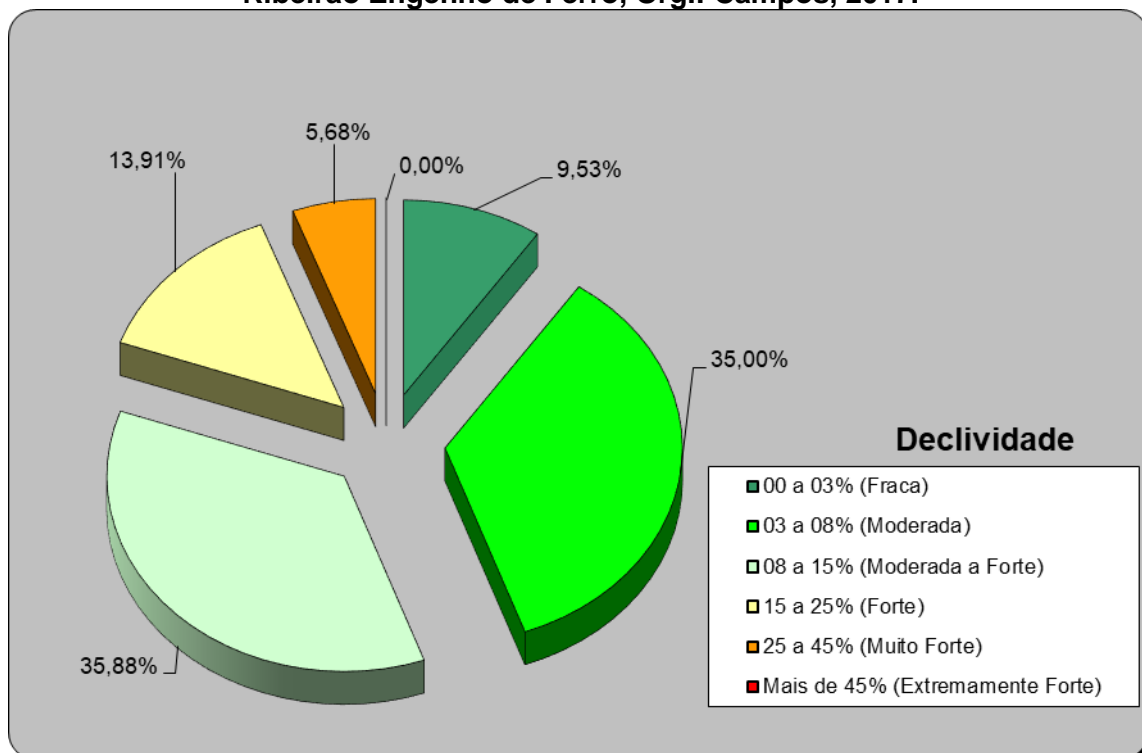
As declividades mais fracas e moderadas se concentram na porção inferior da bacia, as declividades na escala de forte a muito forte se concentram principalmente na porção superior e média. Os espaços ocupados por índices mais altos, moderada a forte, forte e muito forte somam 21,78 km², ou seja, 55,42% da área (Tabela 6 e Figura 12), naturalmente tem alto potencial de transporte de sedimentos.

Tabela 6. Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro em km².

DECLIVIDADE	Área em Km ²
00 a 03% (Fraca)	3,74
03 a 08% (Moderada)	13,75
08 a 15% (Moderada a Forte)	14,09
15 a 25% (Forte)	5,46
25 a 45% (Muito Forte)	2,23
> 45% (Extremamente Forte)	0,00

Org.: Campos, 2017.

Figura 12. Gráfico de distribuição percentual das declividades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro, Org.: Campos, 2017.



Org.: Campos, 2017.

De acordo com o Fator de Forma a bacia apresentou um valor de 0,322 (Tabela 4), ou seja, próximo de 0, sendo assim, pode-se classificá-la como uma rede de drenagem alongada, valores próximos a 1,0, indicam bacias circulares. Através deste valor, pode-se inferir que a bacia tem pequeno risco de inundações e cheias instantâneas (STIPP, CAMPOS, CAVIGLIONE, 2010).

O IC (Índice de Circularidade) igual a 1,0 é encontrado em bacias circulares, quanto mais distante o IC for desse valor, mais alongada será a bacia e maior sua vulnerabilidade à erosão, pois a concentração do fluxo hídrico é mais rápido e conseqüentemente, maior geração de energia nesse sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980; GARBOSA, 2003; BARBOSA & CARVALHO, 2009; . No caso da Bacia do Ribeirão Engenho de Ferro foi mensurado um índice de 0,500 (Tabela 4), denotando uma bacia moderadamente alongada.

A densidade de rios (D_r) na bacia apresenta um índice de 0,782 canais/Km² (Tabela 4), podendo ser classificada como baixa de acordo com a proposta de Canali & Fiori (1987) (Tabela 7). A densidade de rios tem relação com a capacidade da bacia em gerar mais canais, evidenciando sua capacidade, inclusive de resiliência no tocante as modificações impostas pelo modelo de uso e ocupação da bacia. No caso da área de estudo, este valor demonstra a baixa capacidade de geração de novos canais de drenagem, ou seja, a bacia tem alta vulnerabilidade quando se trata de recuperação de canais de drenagem.

Tabela 7. Classificação da Densidade de Rios.

CLASSIFICAÇÃO	Canais/Km²
Baixa	< 6,50
Média	6,50 - 9,50
Alta	> 9,50

Fonte: Adaptado de Canali & Fiori, 1987.

A densidade de drenagem (D_d) encontrada na bacia ficou em 1,248 Km/Km² (Tabela 4), que de acordo com Beltrame (1994), pode ser classificada em média (Tabela 8). Esse é um importante índice que relaciona a capacidade das áreas da bacia com a infiltração e o escoamento superficial, ou seja, quanto maior a capacidade de infiltração, menor será a densidade de drenagem, conseqüentemente, maior o escoamento

superficial, relacionando-se principalmente a evolução da dissecação, declividade e geometria da bacia.

Tabela 8. Classificação da Densidade de Drenagem (Dd).

CLASSIFICAÇÃO	Km/Km ²
Baixa	< 0,5
Média	0,5 - 2,0
Alta	2,0 - 3,5
Muito Alta	> 3,5

Fonte: Adaptado de Beltrame, 1994.

A extensão do percurso superficial (EPS) da bacia foi de 80,128 m (Tabela 4), essa distância representa a distância média percorrida pelo escoamento entre o interflúvio e o canal permanente, é um importante variável, pois afeta principalmente na desenvolvimento do sistema hidrológico e fisiográfico da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A relação de relevo (Rr) apresentado pela bacia que é de 19,669 m/Km (Tabela 4) refletindo sua relação com a amplitude altimétrica de 218,37 (Tabela 4) encontrada nesta área, não foi muito expressiva. Assim como o índice de rugosidade (Ir) que foi de 174,976 m/(Km/Km²) (Tabela 4), considerado também média/baixo segundo (CHRISTOFOLETTI, 1980). Ainda de acordo com o mesmo autor, esses índices referem-se às condicionantes hipsométricas e de declividade e sua relação com os parâmetros lineares e hidrográficos.

O coeficiente de manutenção (Cm) foi proposto por Schumm (1956) para determinar a área mínima necessária à manutenção de um metro de drenagem fluvial. Na bacia estudada encontrou-se o coeficiente de 801,282 m² para cada metro de canal de escoamento (Tabela 4), ou seja, a densidade de drenagem da bacia está aquém da capacidade de manutenção, podendo evidenciar alterações no sistema hidrológico provenientes do processo de uso e ocupação do solo.

4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para a confecção das Cartas de Fator C de 2004 e 2016 houve a necessidade de se mapear o uso e ocupação do solo em 2004 (Figura 14) e 2016. (Figura 15). Na

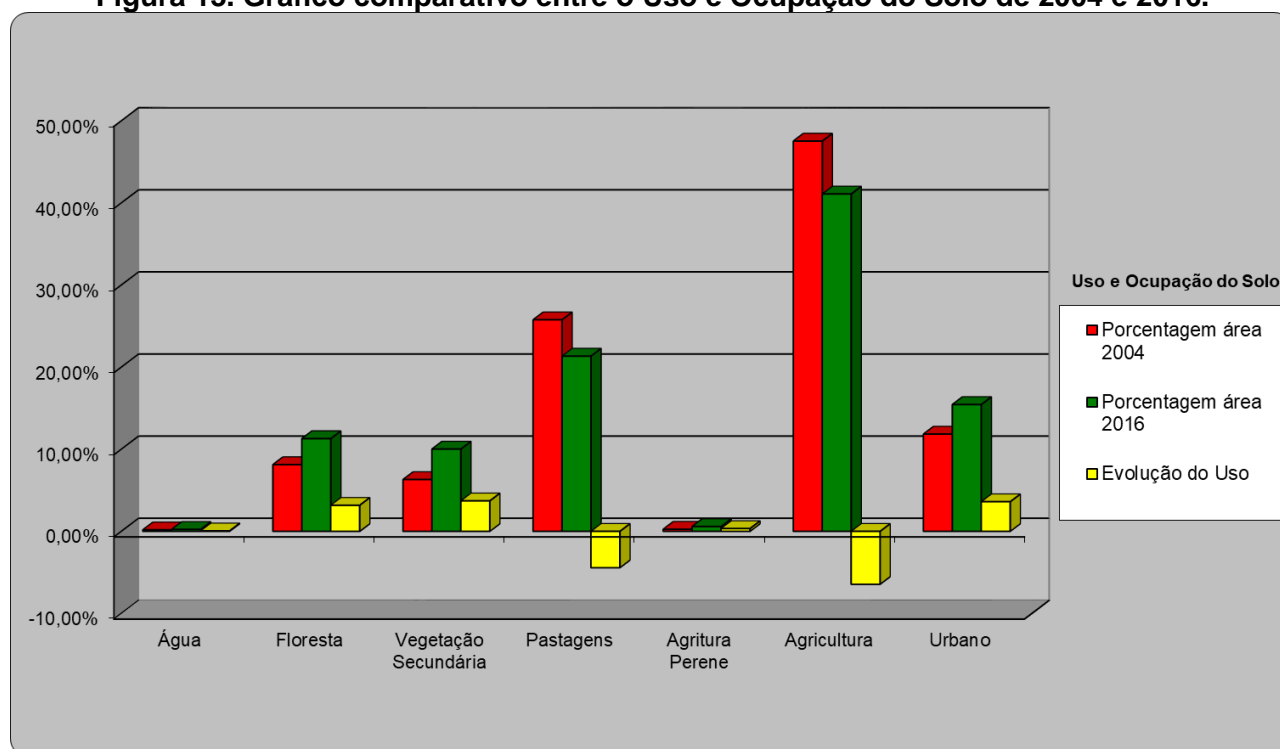
Tabela 9 e Figura 13, demonstrou-se que a agricultura temporária ocupa uma área consideravelmente grande da bacia, tanto em 2004, quanto em 2016, havendo uma pequena retração em 2016. A segunda maior classe de uso do solo ficou por conta das pastagens, que também decaíram em 2016. No caso da ocupação urbana, vegetação secundária, agricultura permanente, florestas e corpos d'água, houve um aumento nas áreas ocupadas entre 2004 e 2016.

Tabela 9. Distribuição das classes de Uso do Solo (2004 e 2016) em Km² e a variação percentual no período, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Classes de Uso do Solo	Área em Km ² 2004	Área em Km ² 2016	Variação no Uso do Solo
Água	0,07	0,09	27,03%
Floresta	3,19	4,43	38,98%
Vegetação Secundária	2,48	3,93	58,79%
Pastagens	10,12	8,38	-17,20%
Agricultura Perene	0,10	0,23	134,36%
Agricultura Temporária	18,67	16,13	-13,58%
Urbano	4,65	6,06	30,41%

Org.: Campos, 2017.

Figura 13. Gráfico comparativo entre o Uso e Ocupação do Solo de 2004 e 2016.



Org.: Campos, 2017.

Figura 14. Carta de Uso e Ocupação do Solo (2004) na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.

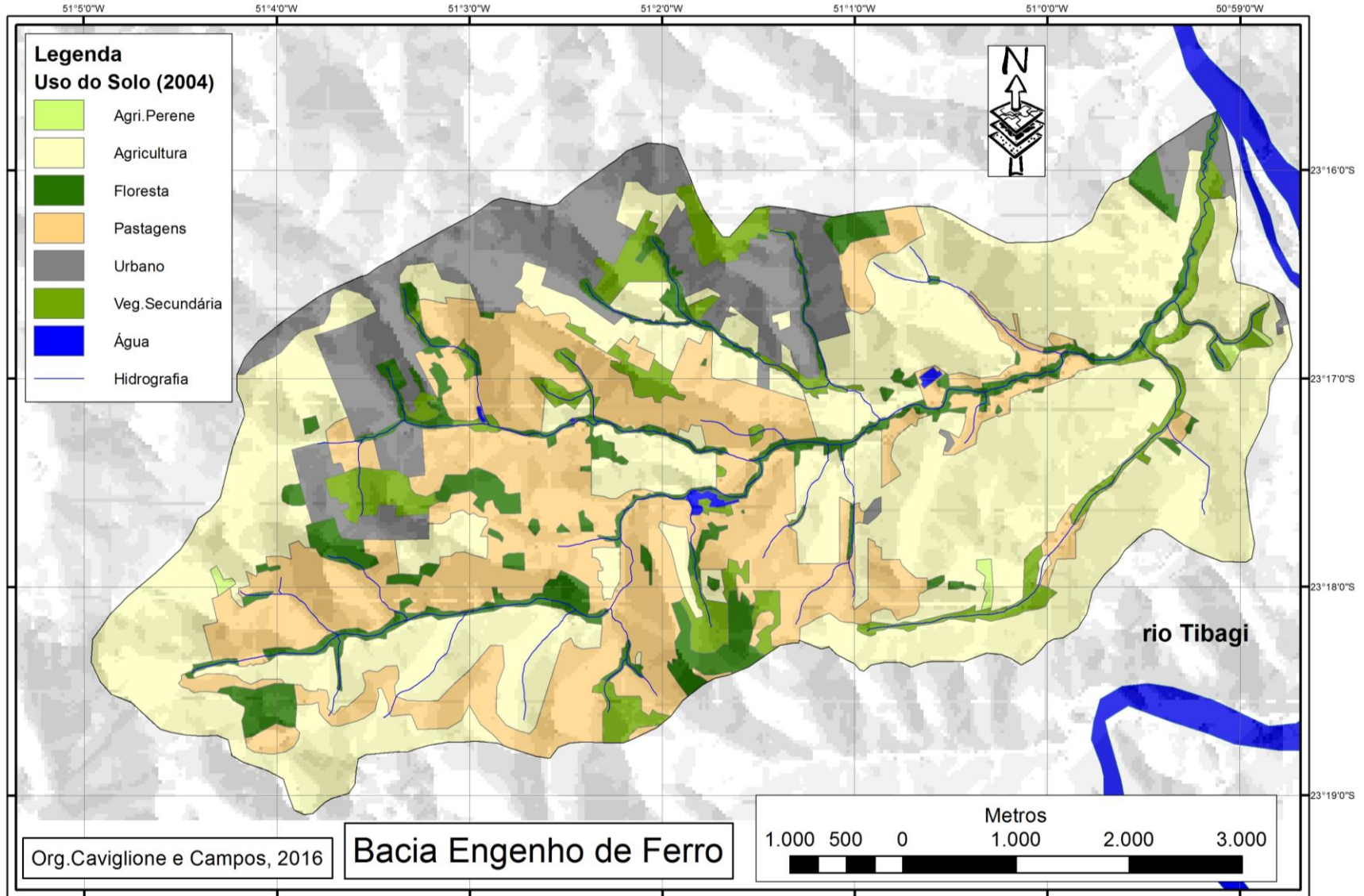
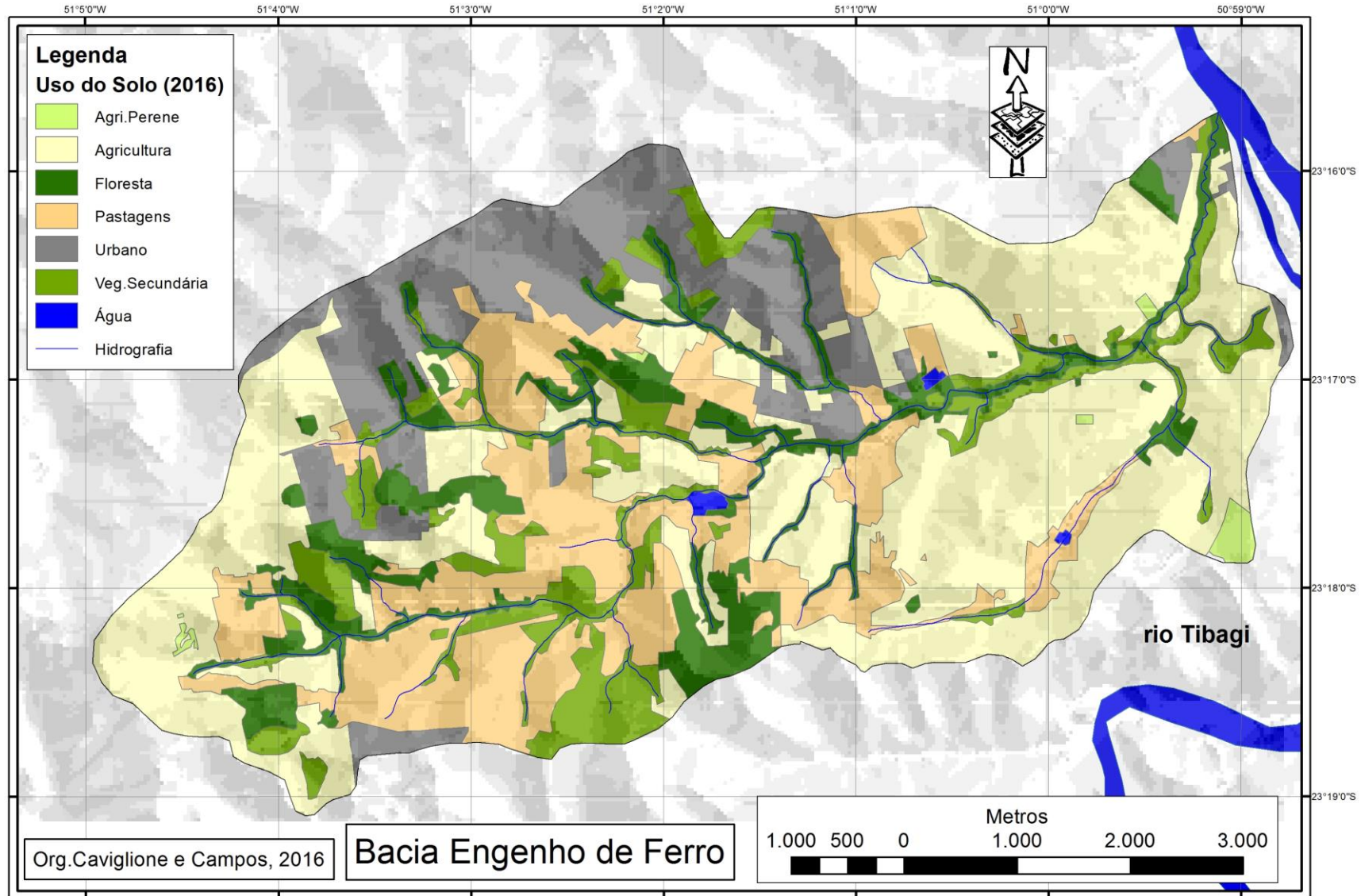


Figura 15. Carta de Uso e Ocupação do Solo (2016) na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



A bacia possui uma concentração de áreas agrícolas temporárias (Figura 16) na porção inferior, onde se encontram também as menores declividades e os Nitossolos, assim como na porção superior, próximo de sua cabeceira (Figura 17), onde quase se sobrepõe os Latossolos, que também ocupam uma área de declividades relativamente baixa, apesar de estar nos pontos mais altos da bacia.

Figura 16. Agricultura temporária na porção inferior da bacia. Foto: Stipp, 2016.



Figura 17. Agricultura temporária na porção superior da bacia. Foto: Campos, 2016.



Em campo foi possível observar um rápido crescimento urbano projetado na área da bacia, com forte presença de novos loteamentos (Figura 18) e loteamentos já em fase de ocupação (Figura 19). Também na porção média da bacia constatou-se um uso crescente do solo na forma de chácaras urbanas (Figura 20) entremeadas por áreas de pastagem (Figura 21), que pode ser um indicador de especulação imobiliária.

Figura 18. Foto de novos loteamentos na porção média da bacia. Foto: Campos, 2016.



Figura 19. Foto de loteamentos em processo de ocupação na porção média da bacia. Foto: Campos, 2016.



Figura 20. Foto de área ocupada por chácaras. Foto: Stipp, 2016.



Figura 21. Foto de área ocupada por pastagem. Foto: Campos, 2016.



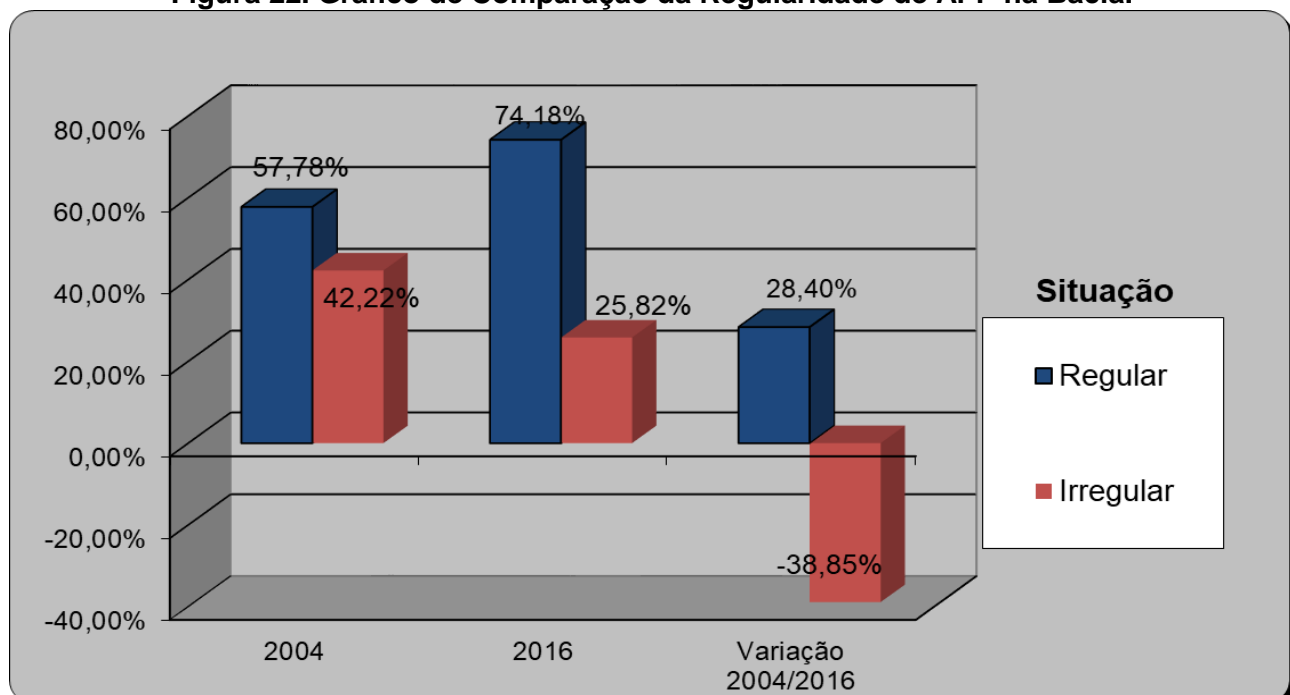
As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são recortes espaciais especialmente protegidos como dispõe o inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e regulamentada pelo Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012 e alterações posteriores) (BRASIL, 2012). Para a confecção das Cartas de Áreas de Preservação Permanente no ano de 2004, 2016 e Legal (Figura 23, 24 e 25) foram utilizados os parâmetros dispostos na Lei 12.651/2012, que em seu Art. 4º inciso letra "a", onde determina que se preserve 30 metros de faixas marginais mínimas para cursos d'água de até 10 metros de largura, dispondo também em seu inciso IV que nas áreas entorno das nascentes, devem ser preservados um raio mínimo de 50 metros. Na Tabela 10 e Figura 22 apresentam evidências de melhora na recuperação de APPs na área da bacia estudada.

Tabela 10. Distribuição da Regularidade de APP (2004 e 2016) em Km² na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Regularidade	Área em Km ² 2004	Área em Km ² 2016
Regular	1,77	2,27
Irregular	1,29	0,79
Legal	3,06	3,06

Org.: Campos, 2017.

Figura 22. Gráfico de Comparação da Regularidade de APP na Bacia.



Org.: Campos, 2017.

Figura 23. Carta da Área de Proteção Permanente - APP em 2004 na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.

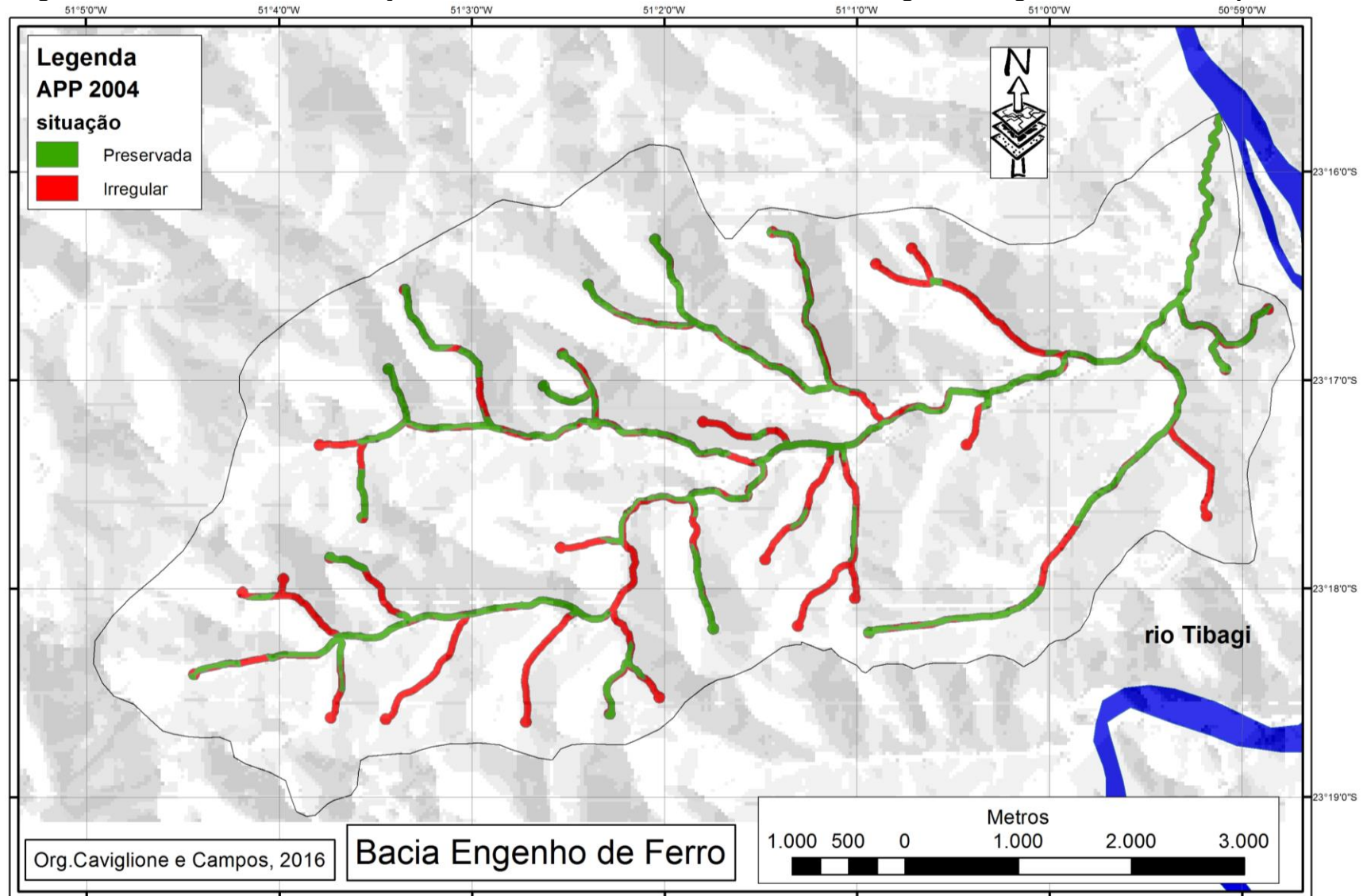


Figura 24. Carta da Área de Proteção Permanente - APP em 2016 na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.

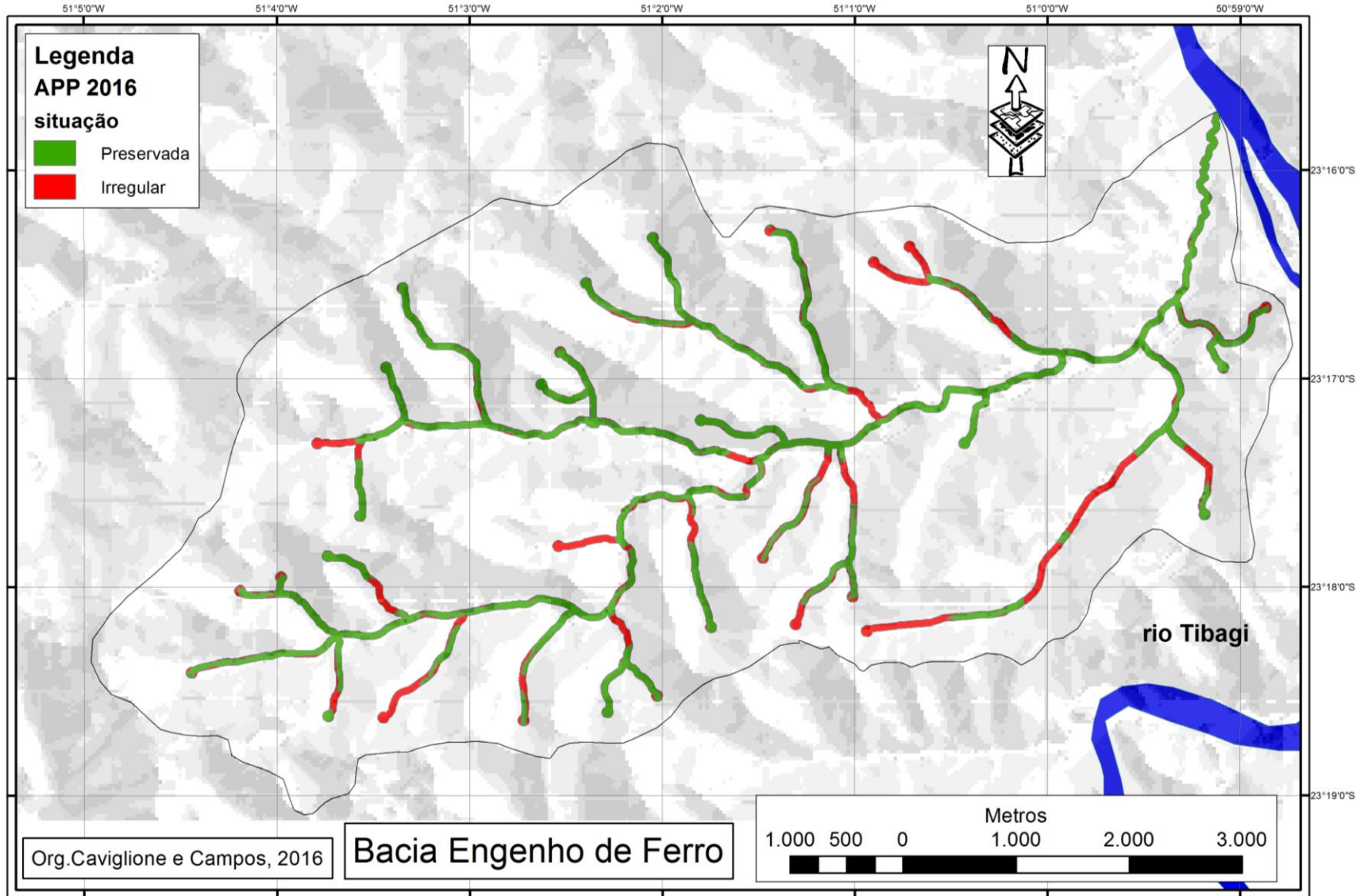
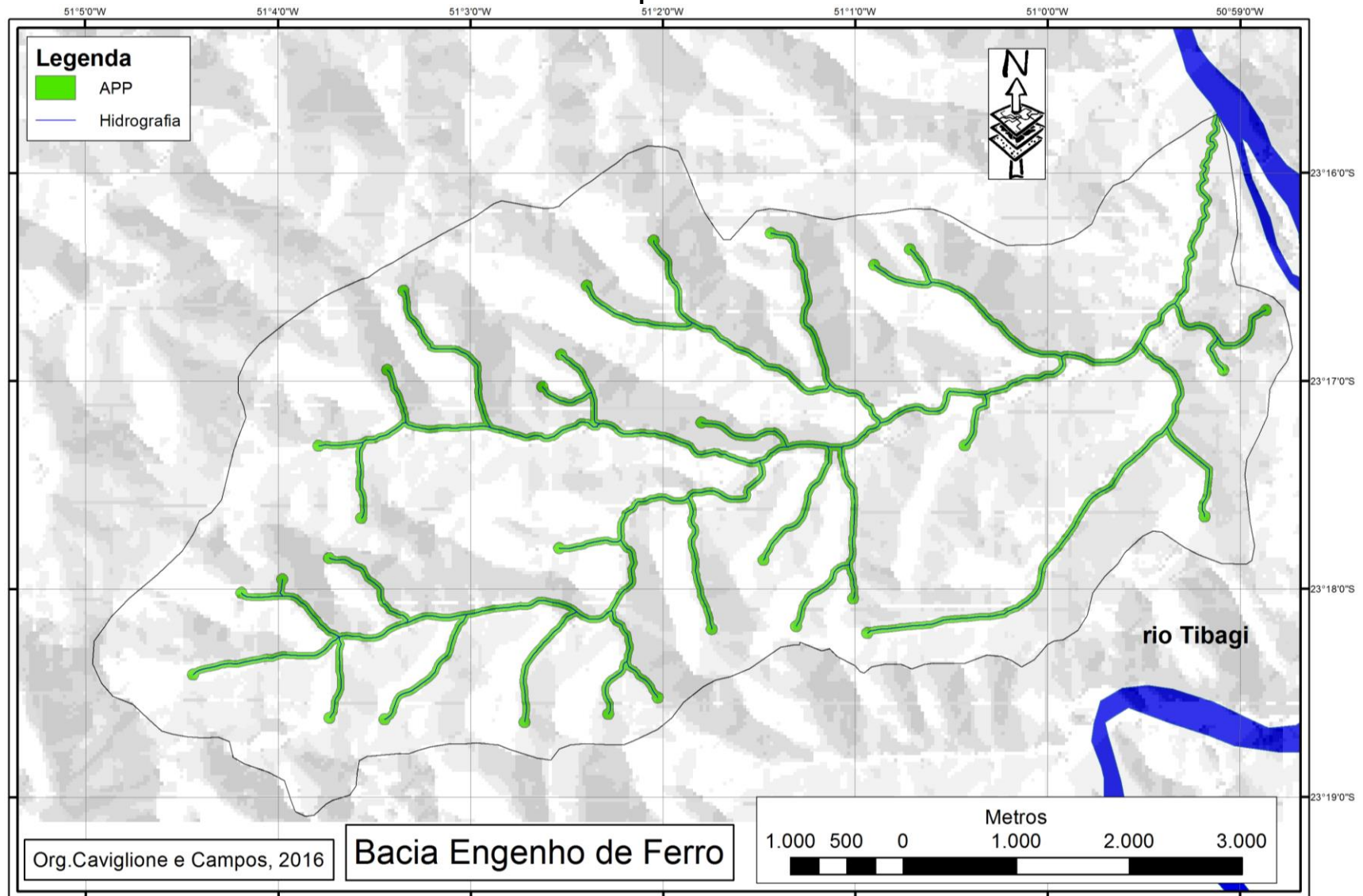


Figura 25. Carta da Área de Proteção Permanente - APP de acordo com a Legislação na Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



4.3 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS

Os parâmetros da EUPS são destinados à obtenção de valores de quantificação e previsão de perda de solo por erosão laminar, decorrentes principalmente do escoamento superficial, influenciadas pelas diferentes formas de uso e ocupação, geralmente pela produção agropecuária. Porém, esses resultados podem ser utilizados para evidenciação de vulnerabilidade ambiental, por considerarem parâmetros mensuráveis nas áreas de bacias hidrográficas, podendo ser expressados de forma quantitativa e qualitativa.

Na EUPS utiliza-se alguns fatores condicionantes responsáveis pelo processo erosivo decorrente de escoamento superficial, tais como o Fator R, que estima a energia disponível pela pluviosidade, demonstrando valores de erosividade da chuva; Fator K, que define a susceptibilidade dos diferentes solos ao processo erosivo, ou seja, leva em conta sua estrutura pedogenética; Fator L que corresponde a declividade ao processo erosivo; Fator S que estima o comprimento médio que o fluxo do escoamento superficial percorre pela vertente; Fator C que define o grau de susceptibilidade do uso do solo, sendo um dos parâmetros mais importantes para a caracterização de vulnerabilidade ambiental de uma bacia, principalmente a área, foco deste estudo; e Fator P que corresponde às práticas conservacionistas, ou seja, quais modelos de mitigação estão sendo utilizados para diminuir o escoamento superficial. Neste caso optou-se por utilizar um índice constante para toda a bacia, pois, em campo foi constatado que se pratica o plantio direto e ainda restam curvas em nível (murundus) presentes em toda extensão de solo agricultável nessa região.

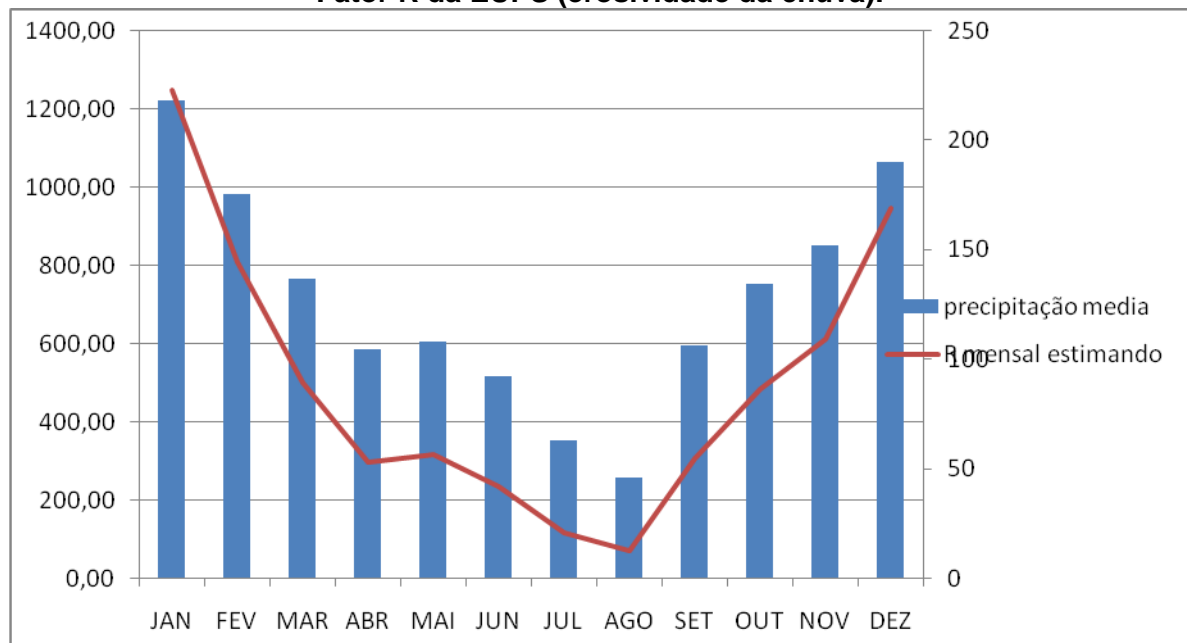
O Fator R da bacia foi de 5.942,68 MJ/mm/ha/ano estimado para uma precipitação média de 1.522,6 mm em um período de 41 anos (Tabela 11). Estatisticamente esse índice leva em consideração a dinâmica pluvial da área de estudo, evidenciado no gráfico comparativo (Figura 26) onde se percebe que a geração de energia cinética, conseqüentemente a capacidade de transporte de sedimentos, aumenta desproporcionalmente em relação a pluviosidade média (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Conforme há maior precipitação, mais o solo se torna saturado, diminuindo a capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial, gerando assim, potencialmente, mais energia no sistema.

Tabela 11. Estimativa do Fator R (erosividade da chuva) mensal, sazonal e anual para Ibitiporã - Paraná.

Período	Precipitação Média 1973 - 2014	Sazonalidade	R mensal estimado em MJ/mm/ha/ano	R sazonal Estimado em MJ/mm/ha/ano
Jan	218		1.247,21	
Fev	174,9	Verão	808,76	2.555,12
Mar	136,5		499,15	
Abr	104,2		297,85	
Mai	107,5	Outono	315,94	849,67
Jun	92		235,88	
Jul	62,5		117,87	
Ago	45,7	Inverno	70,80	495,77
Set	105,9		307,10	
Out	134,2		483,03	
Nov	151,7	Primavera	612,57	2.042,11
Dez	189,5		946,51	
ANUAL	1.522,6		5.942,68	

Org. Campos, 2016 (a partir de dados coletados no IAPAR)

Figura 26. Gráfico de comparativo da Média da Precipitação mensal (1973-2014) e Fator R da EUPS (erosividade da chuva).



Org. Campos, 2017.

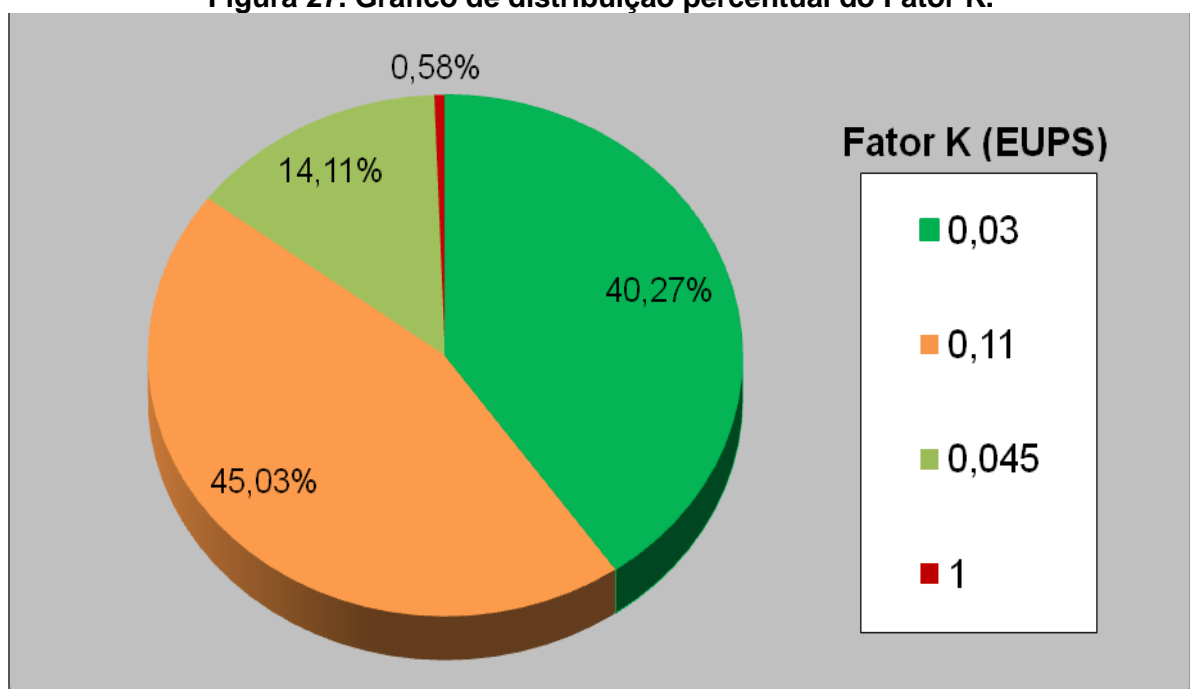
A erodibilidade dos solos, Fator K (EUPS) é outro parâmetro importante para a simulação de perdas de solo, pois cada tipo de solo se comporta de forma distinta em relação à pluviosidade, à infiltração, à dispersão e ao transporte. Na área da bacia foram encontrados três tipos de solos, onde os valores de índice do Fator K variam de 1 que corresponde a máxima erodibilidade (atribuída à mancha urbana presente no Mapa de Solos) até 0,03, definido neste trabalho, que no caso são os Nitossolos, menos susceptíveis ao processo erosivo. Na bacia estudada a maior parcela de área está ocupada por Neossolos Regolíticos com Fator K de 0,11 (Tabela 12 e Figuras 27 e 28), apontando naturalmente para um alto grau de vulnerabilidade a erosão, se levado em conta somente esse parâmetro.

Tabela 12. Distribuição do Fator K (EUPS) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Solos	Fator K	Área em Km ²
NVef3	0,03	15,82
RRe10	0,11	17,68
LVef3	0,045	5,54
Urbano	1	0,23

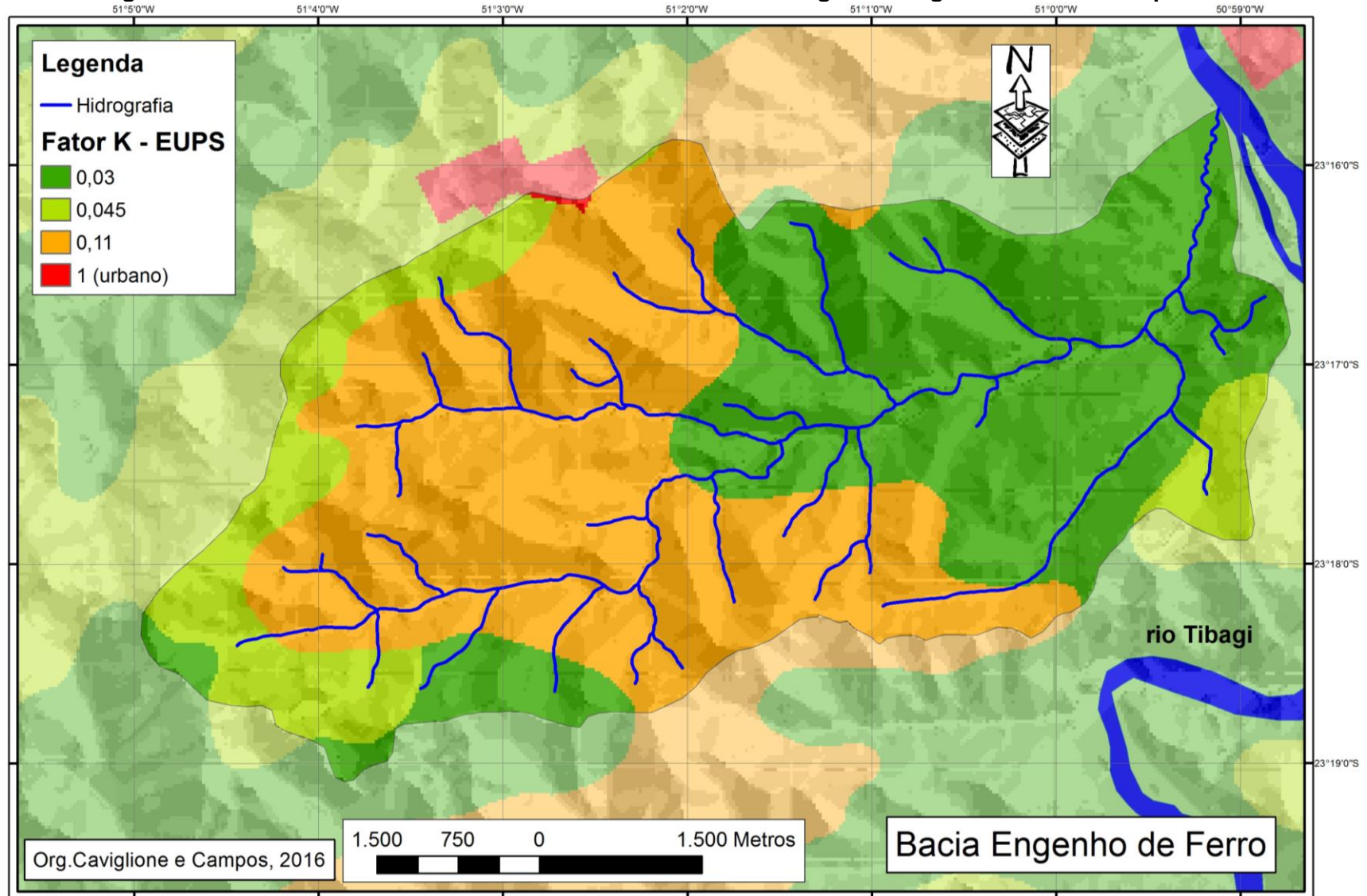
Org.: Campos, 2017.

Figura 27. Gráfico de distribuição percentual do Fator K.



Org.: Campos, 2017.

Figura 28. Carta de Estimativa do Fator K da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



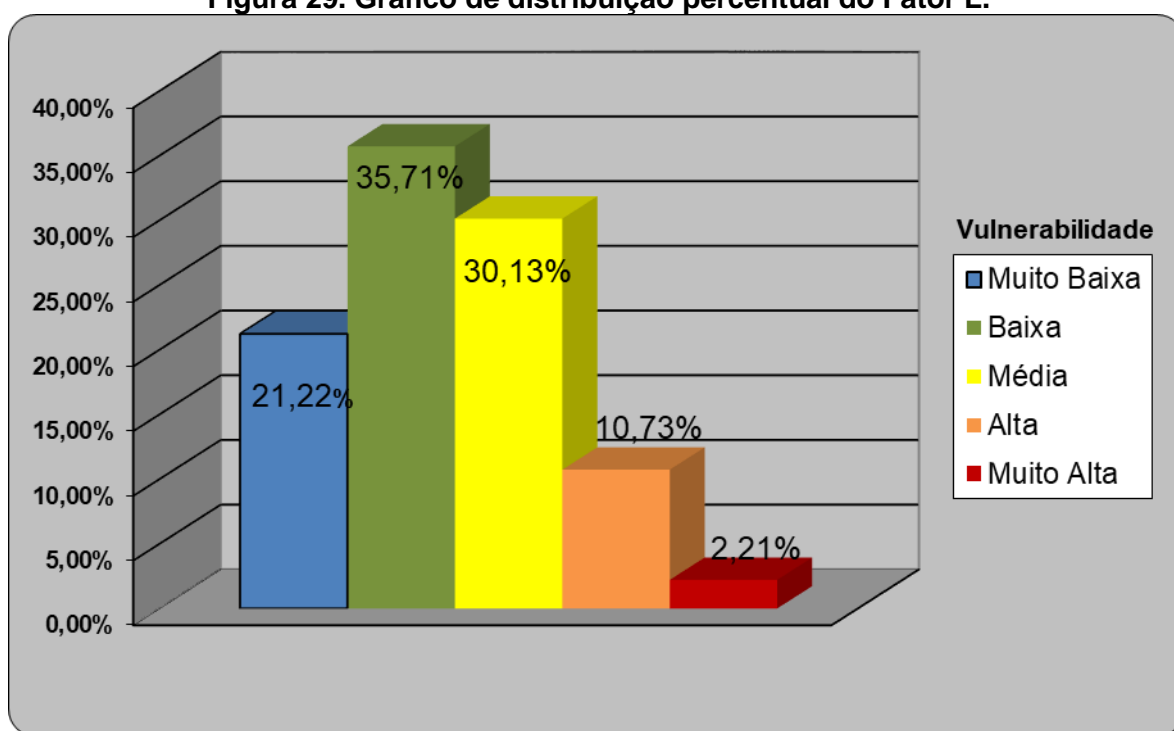
O Fator L (EUPS) é determinado pela declividade, ou seja, é um fator relacionado ao relevo, quanto maior a declividade, menor será a capacidade de infiltração e maior o escoamento superficial. De acordo com os valores encontrados para a bacia, demonstra que a maior área da bacia se enquadra nas classes vulnerabilidade muito baixa, baixa e média (Tabela 13 e Figuras 29 e 30).

Tabela 13. Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator L da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Fator L	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 1,5	Muito Baixa	8,34
1,5 a 2,5	Baixa	14,03
2,5 a 3,5	Média	11,83
3,5 a 4,5	Alta	4,21
4,5 a 5,5	Muito Alta	0,87

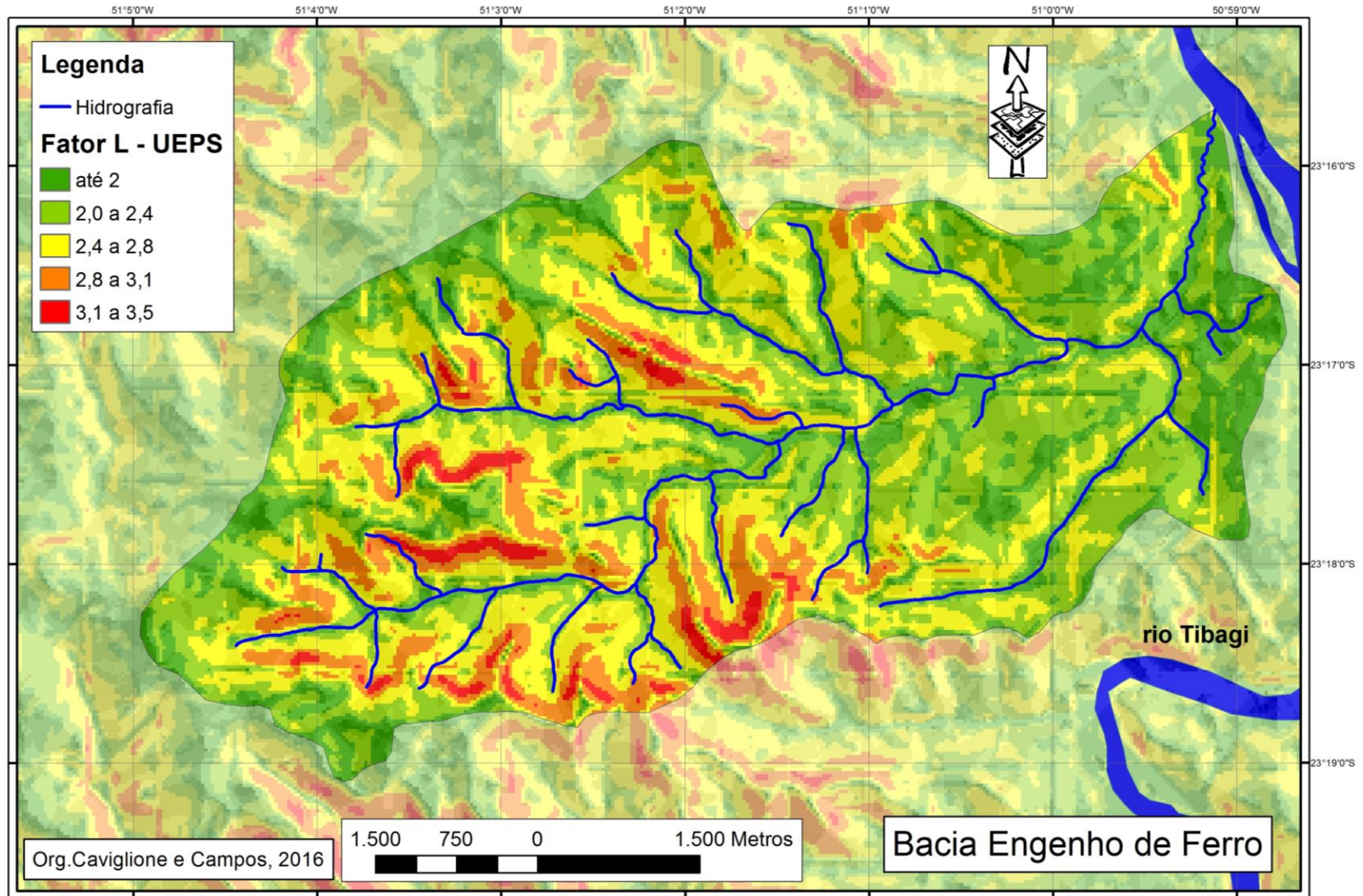
Org.: Campos, 2017.

Figura 29. Gráfico de distribuição percentual do Fator L.



Org.: Campos, 2017.

Figura 30. Carta de Estimativa do Fator L da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



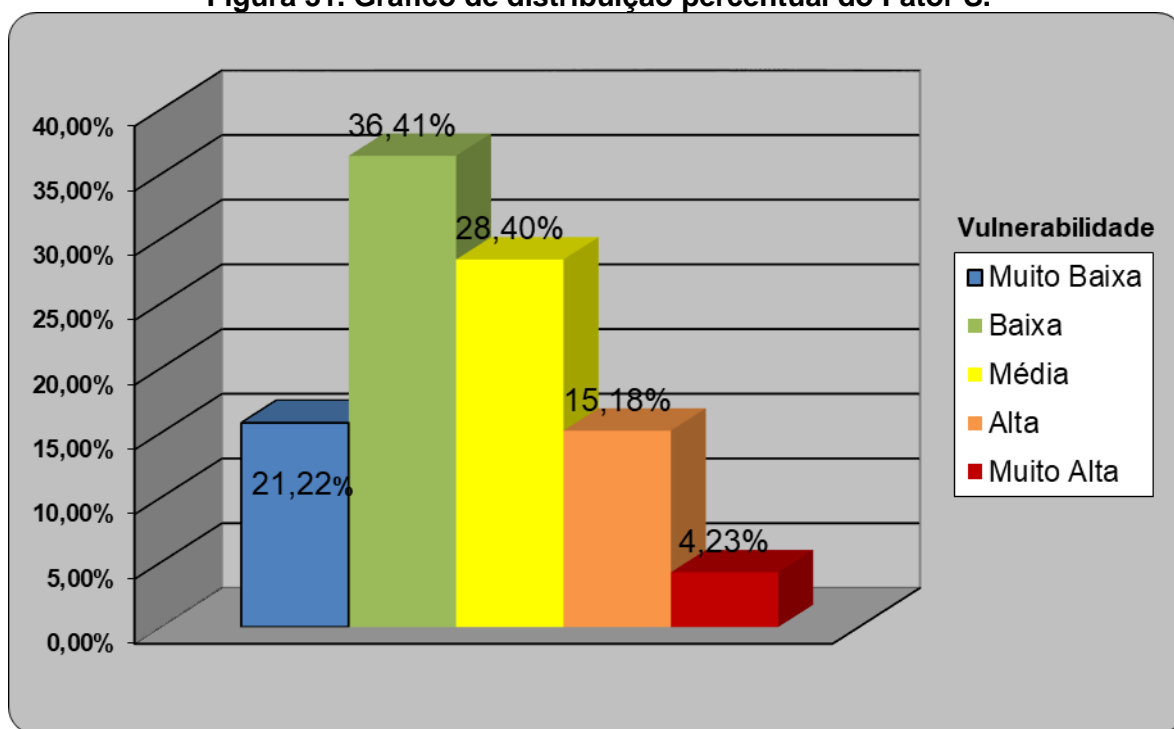
O Fator S (EUPS) é um parâmetro, assim como o Fator L, determinado pelos aspectos do relevo, nesse caso, pelo comprimento de rampa, pelo qual o escoamento percorrerá até se dissipar, concentrar ou encontrar no canal de drenagem, a bacia também apresenta um resultado onde grande parte das classes de vulnerabilidade muito baixa, baixa e média (Tabela 14 e Figuras 31 e 32).

Tabela 14. Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator S da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Fator L	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 1,5	Muito Baixa	6,20
1,5 a 2,5	Baixa	14,30
2,5 a 3,5	Média	11,16
3,5 a 4,5	Alta	5,96
4,5 a 5,5	Muito Alta	1,66

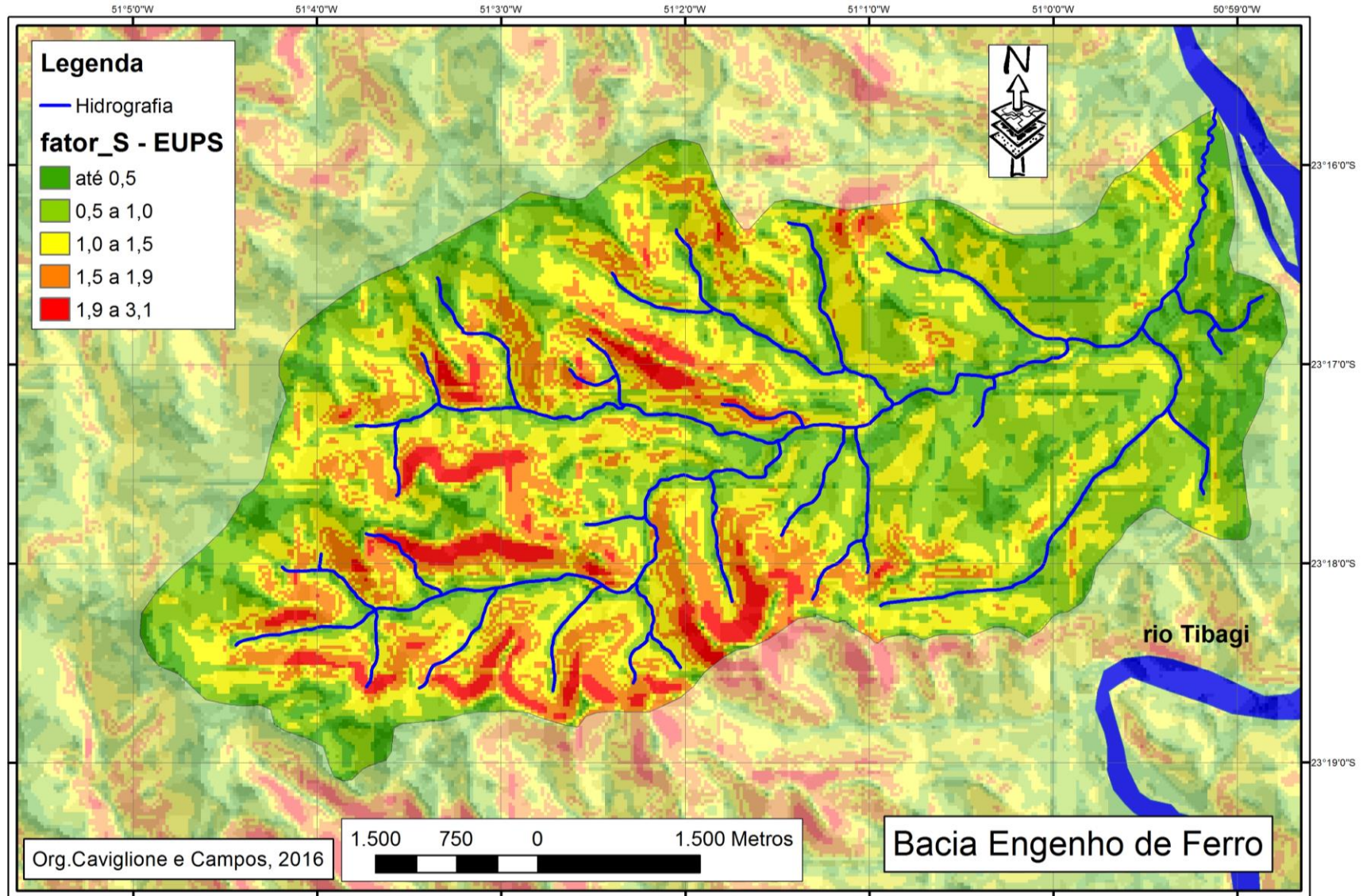
Org.: Campos, 2017.

Figura 31. Gráfico de distribuição percentual do Fator S.



Org.: Campos, 2017.

Figura 32. Carta de Estimativa do Fator S da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



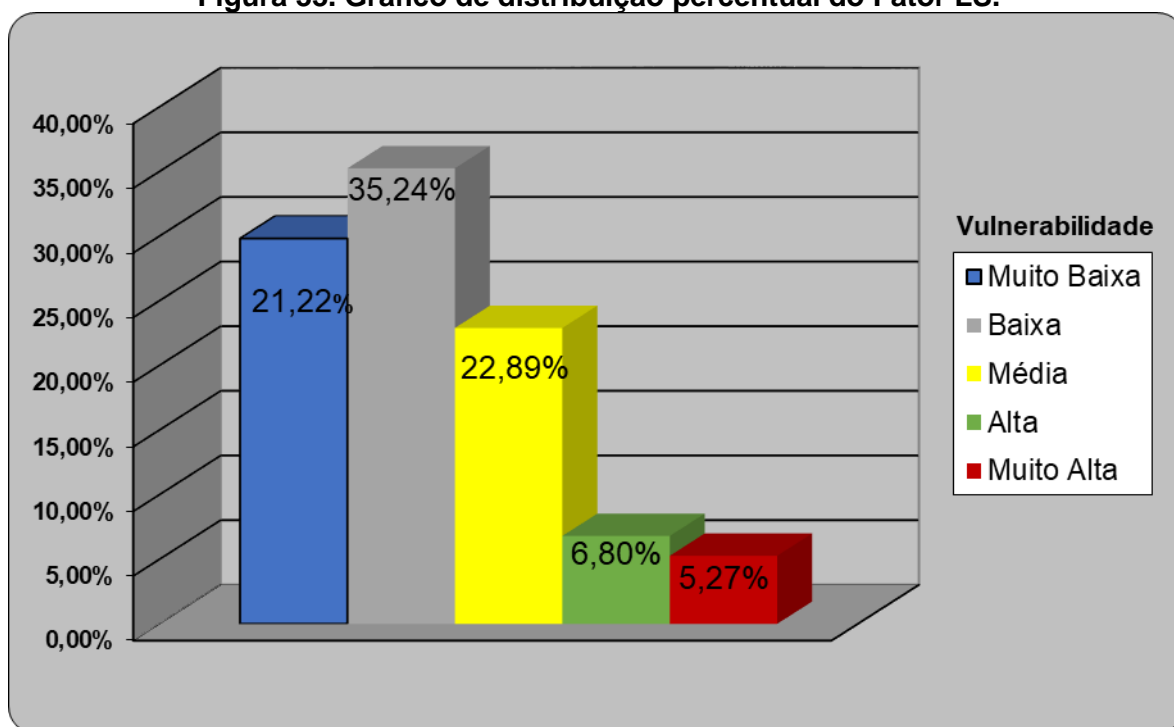
O Fator LS (EUPS) é o resultado obtido do cruzamento de dados dos Fatores L e S, construindo nova classificação para as áreas de vulnerabilidade ambiental, levando em conta a interação dos dois componentes de relevo, declividade e comprimento de rampa, ainda assim, a área apresenta índices muito baixos, baixos e médios de vulnerabilidade em decorrência do fator topográfico (Tabela 15 e Figuras 33 e 34).

Tabela 15. Divisão das Classes de Vulnerabilidade referente ao Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Fator L	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 1,5	Muito Baixa	11,71
1,5 a 2,5	Baixa	13,84
2,5 a 3,5	Média	8,99
3,5 a 4,5	Alta	2,67
4,5 a 5,5	Muito Alta	2,07

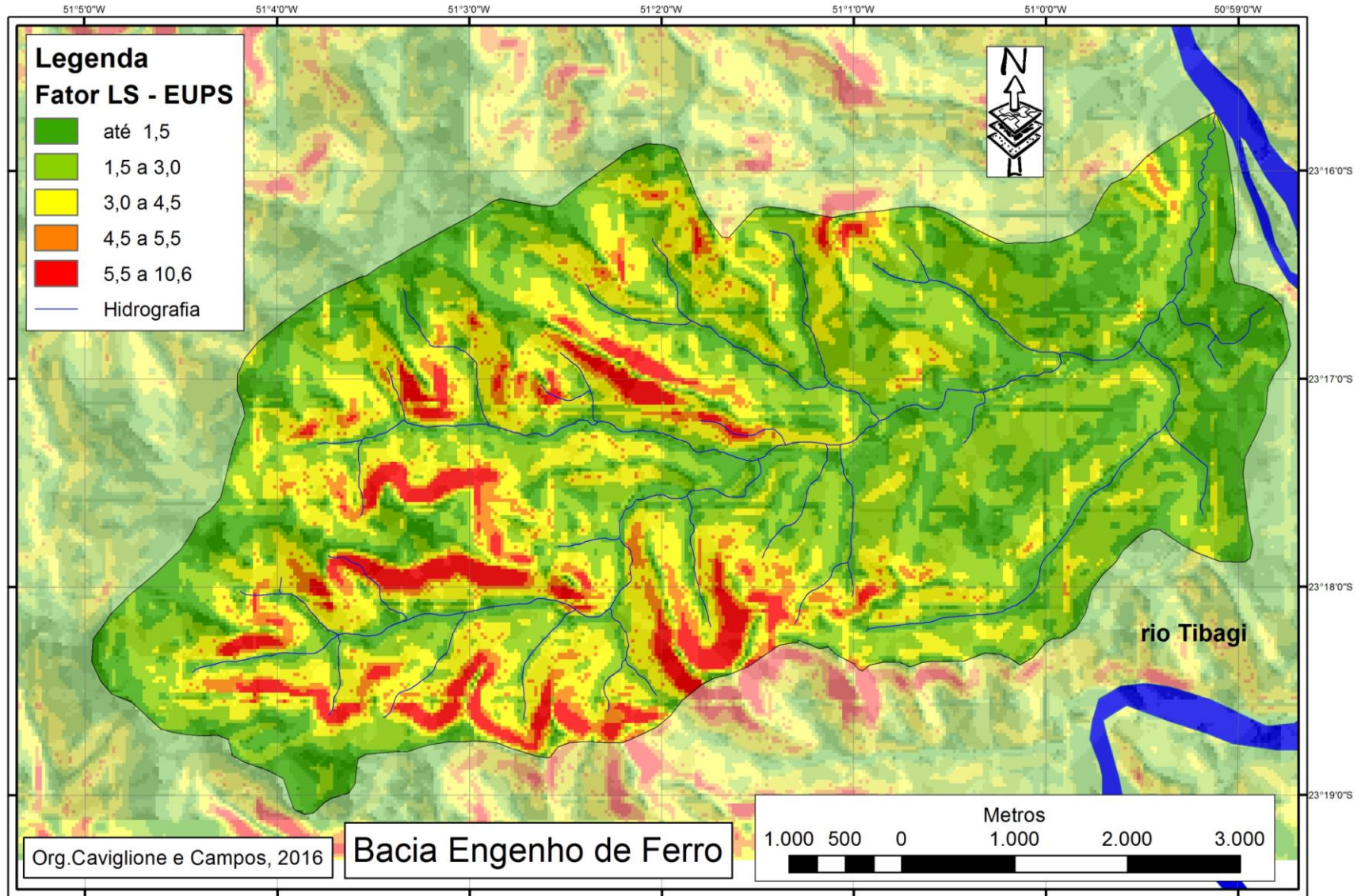
Org.: Campos, 2017.

Figura 33. Gráfico de distribuição percentual do Fator LS.



Org.: Campos, 2017.

Figura 34. Carta Síntese de Estimativa do Fator LS da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



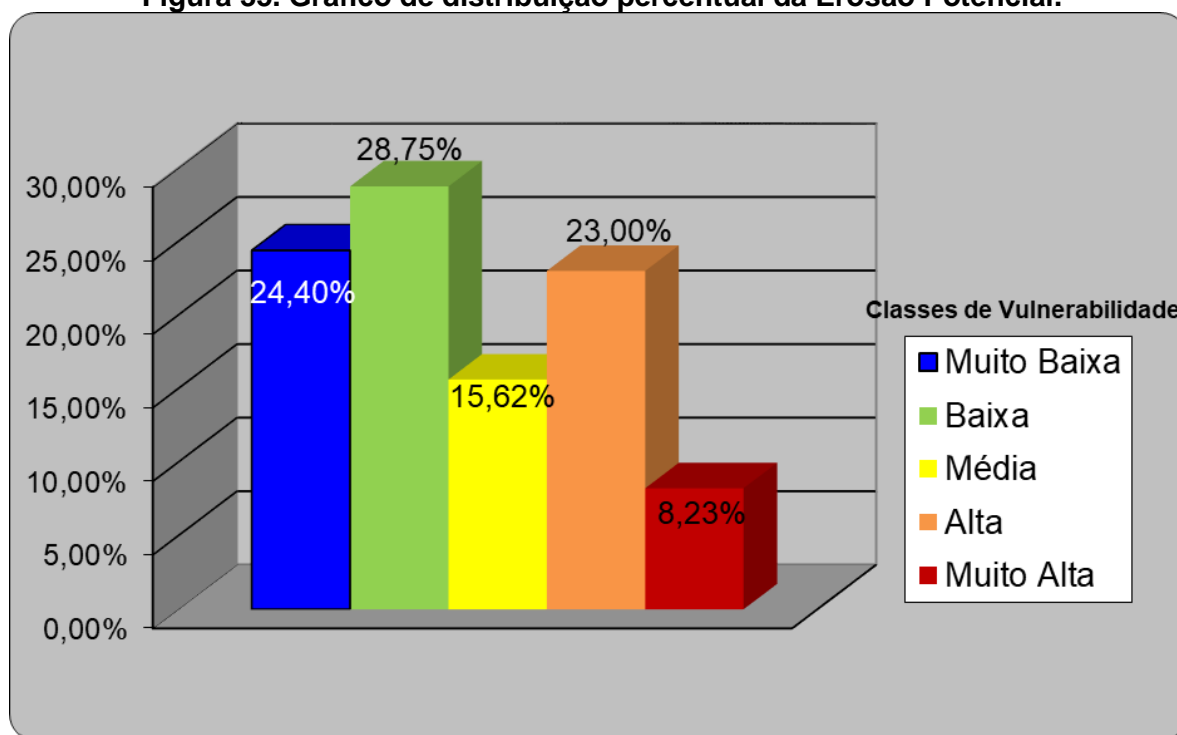
A sobreposição dos dados físicos da EUPS - **A=R.K.LS** - permitiu a produção de dados referentes ao Potencial de Erosão da bacia (Tabela 16 e Figuras 35 e 36), que não consideram na mensuração, os índices relativos ao uso e cobertura do solo e práticas conservacionistas. Dessa forma extrapola os dados quantitativos de perda de solo, porém, evidencia qualitativamente as áreas no mapa, de maior vulnerabilidade ambiental em decorrência da erosão, possibilitando inferir que a porção média da bacia, área com maior ocupação urbana, encontra-se justamente nas áreas que potencialmente tem elevado índice de escoamento superficial e produção de energia cinética, consequentemente, maior capacidade de transporte de sedimentos.

Tabela 16. Classes de Vulnerabilidade referentes à Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

ton/ha/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
Até 300	Muito Baixa	9,58
300 a 750	Baixa	11,29
750 a 1500	Média	6,14
1500 a 3000	Alta	9,04
> 3000	Muito Alta	3,23

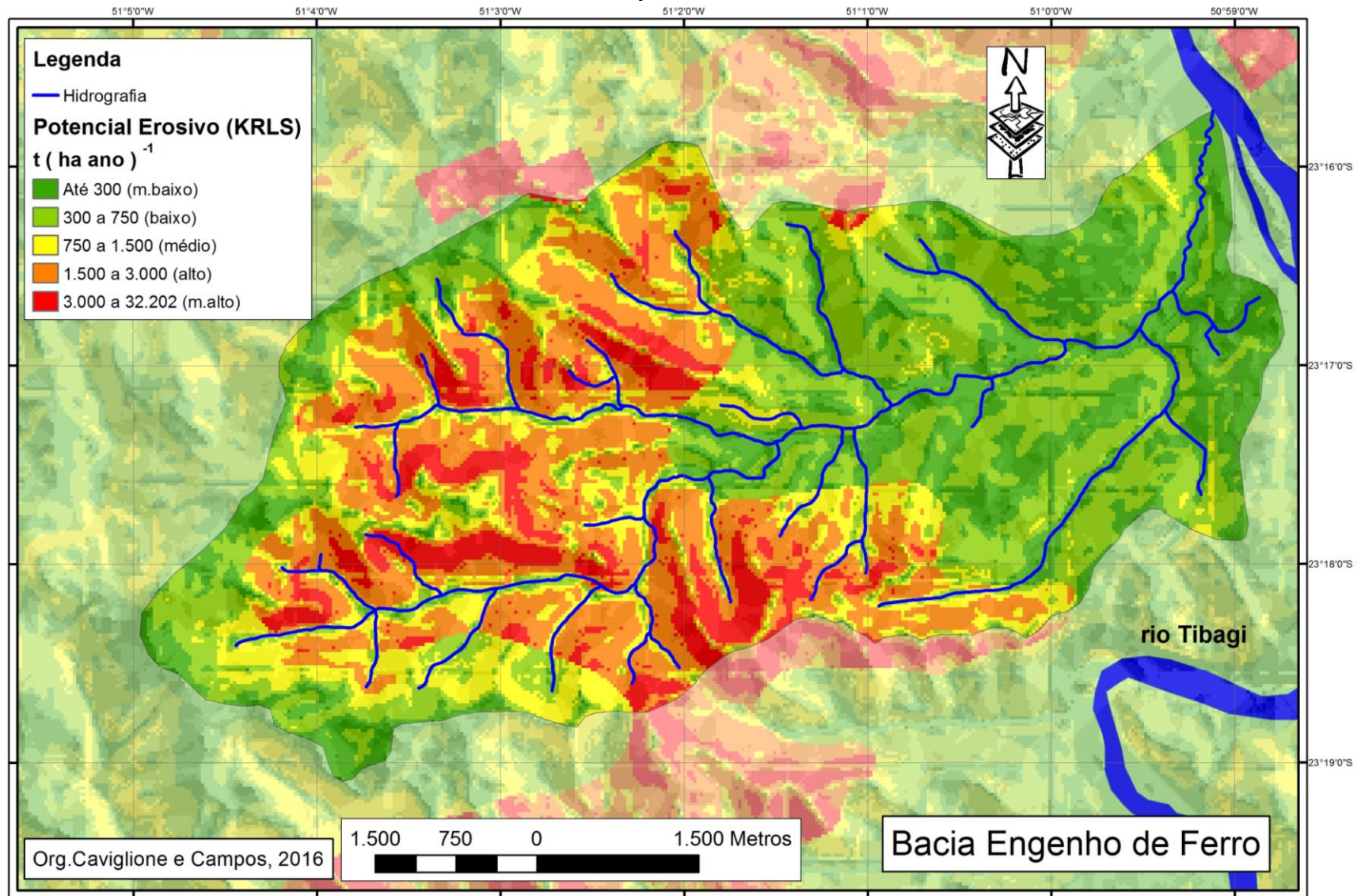
Org.: Campos, 2017.

Figura 35. Gráfico de distribuição percentual da Erosão Potencial.



Org.: Campos, 2017.

Figura 36. Carta Síntese do Potencial Erosivo de acordo com os parâmetros físicos da EUPS – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



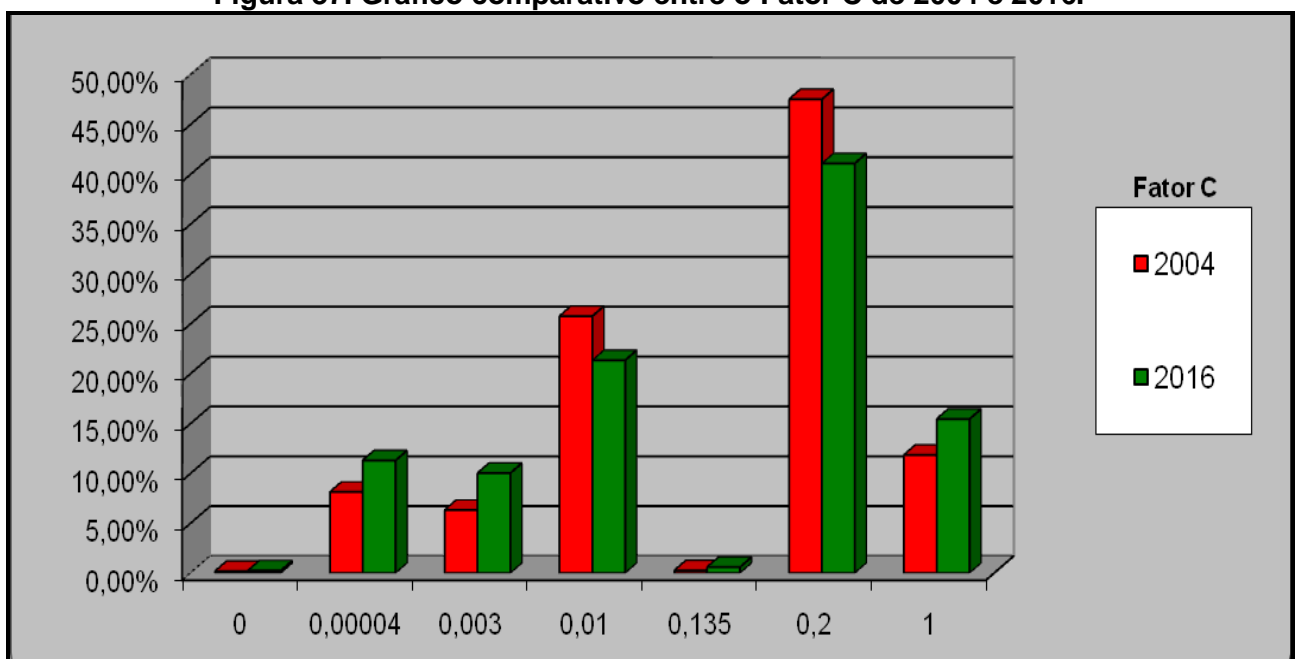
As Cartas de Fator C de 2004 e 2016 (Figura 38 e 39) foram geradas através dos dados obtidos no levantamento de Uso e Ocupação do Solo de 2004 e 2016. O Fator C é uma variável espacial imprescindível na avaliação da vulnerabilidade ambiental, pelo fato de ser o parâmetro antrópico, principal agente de modificação da dinâmica natural da bacia. Seguindo a lógica espacial já demonstrada pelas cartas de uso e ocupação do solo de 2004 e 2016, esse fator apresenta mudanças nas mensurações de 2016 em relação a 2004, apontando um aumento de áreas de menor vulnerabilidade à perda de solo (Tabela 17 e Figura 37).

Tabela 17. Distribuição do Fator C (EUPS) em 2004 e 2016 em Km² da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Classes de Uso do Solo	Valor Fator C	Área em Km ² 2004	Área em Km ² 2016
Água	0	0,07	0,09
Floresta	0,00004	3,19	4,43
Vegetação Secundária	0,003	2,48	3,93
Pastagens	0,01	10,12	8,38
Agricultura Perene	0,135	0,10	0,23
Agricultura Temporária	0,2	18,67	16,13
Urbano	1	4,65	6,06

Org.: Campos, 2017.

Figura 37. Gráfico comparativo entre o Fator C de 2004 e 2016.



Org.: Campos, 2017.

Figura 38. Carta de Estimativa do Fator C da EUPS (2004) – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.

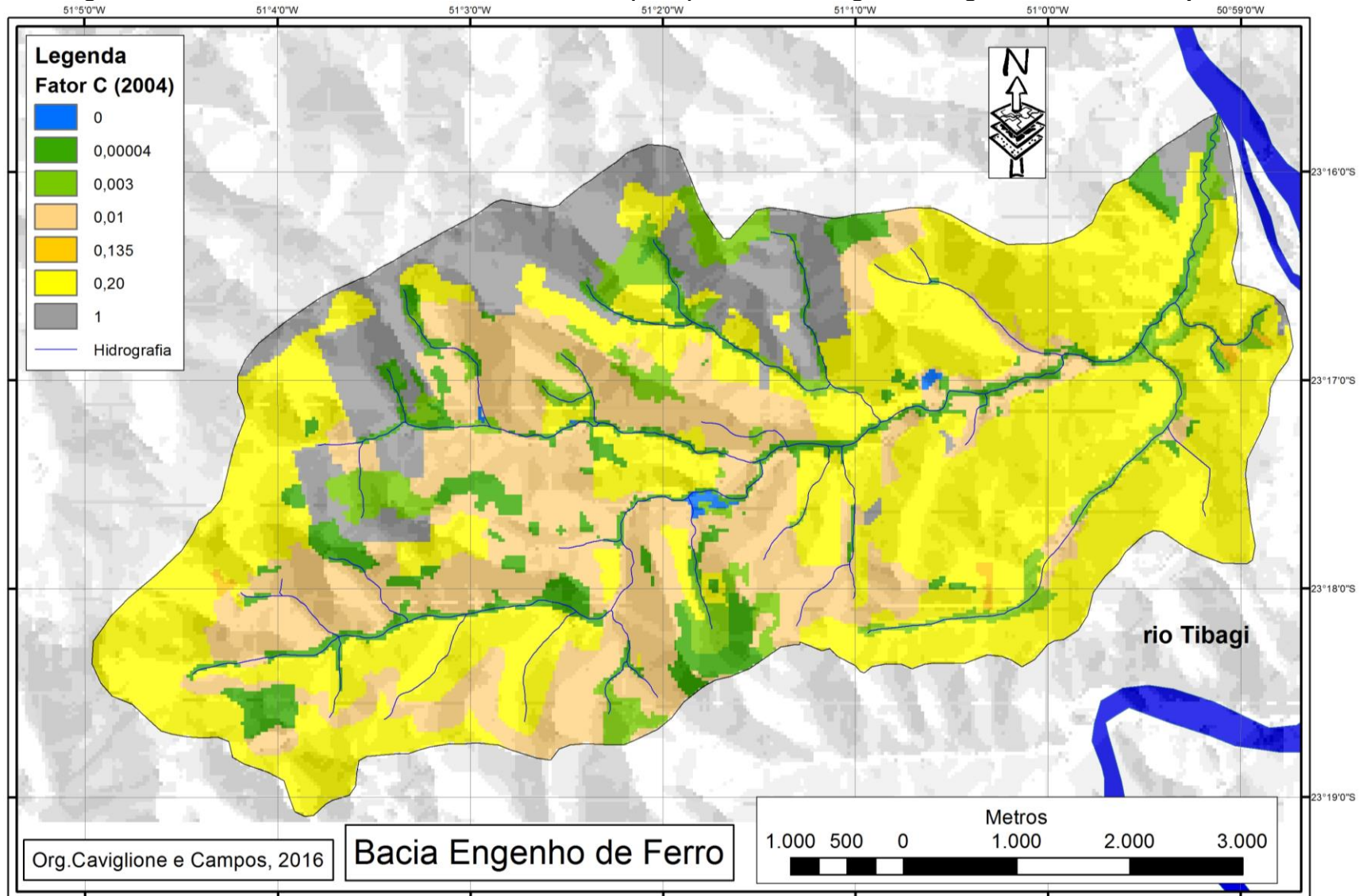
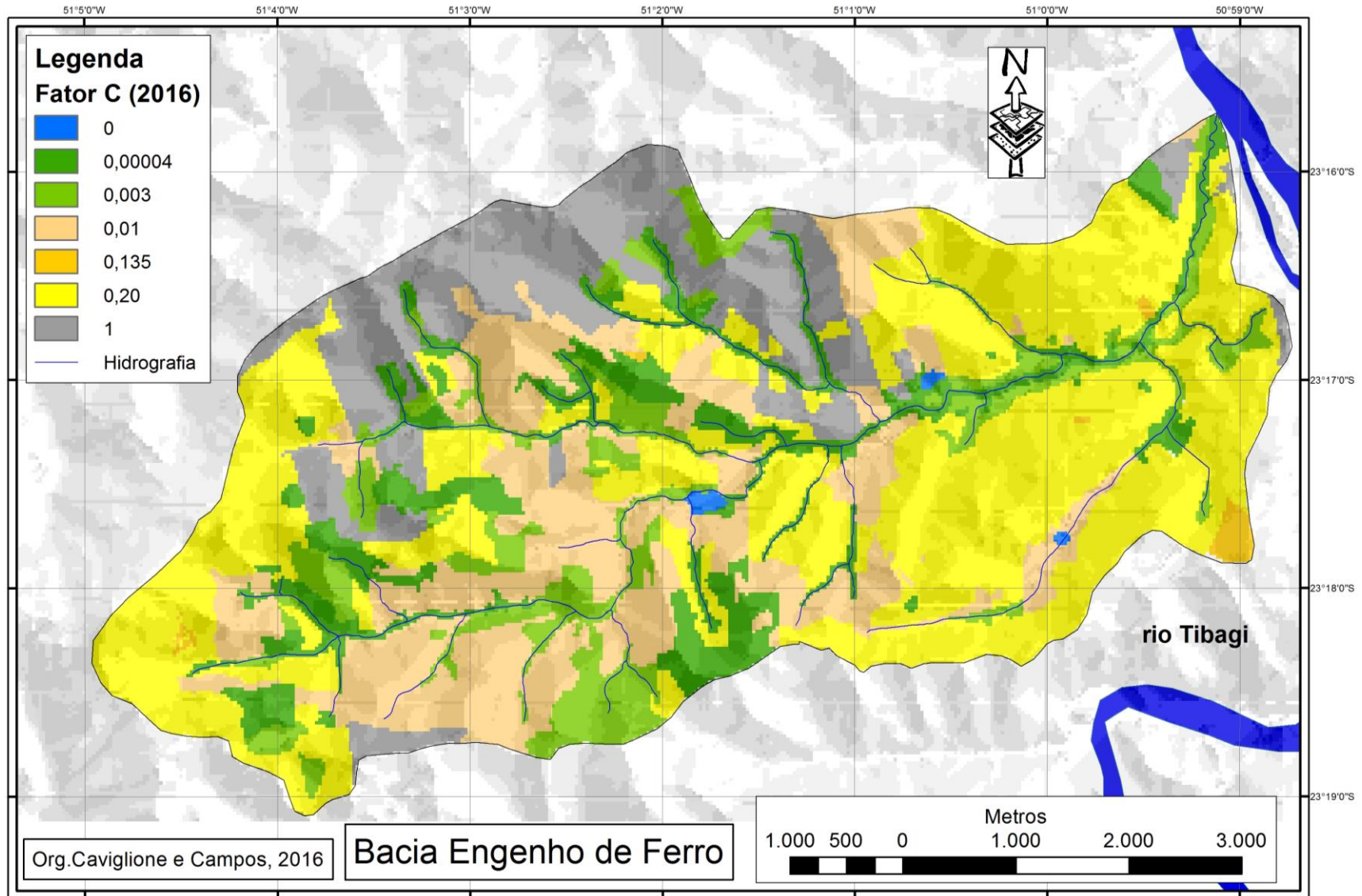


Figura 39. Carta de Estimativa do Fator C da EUPS (2016) – Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



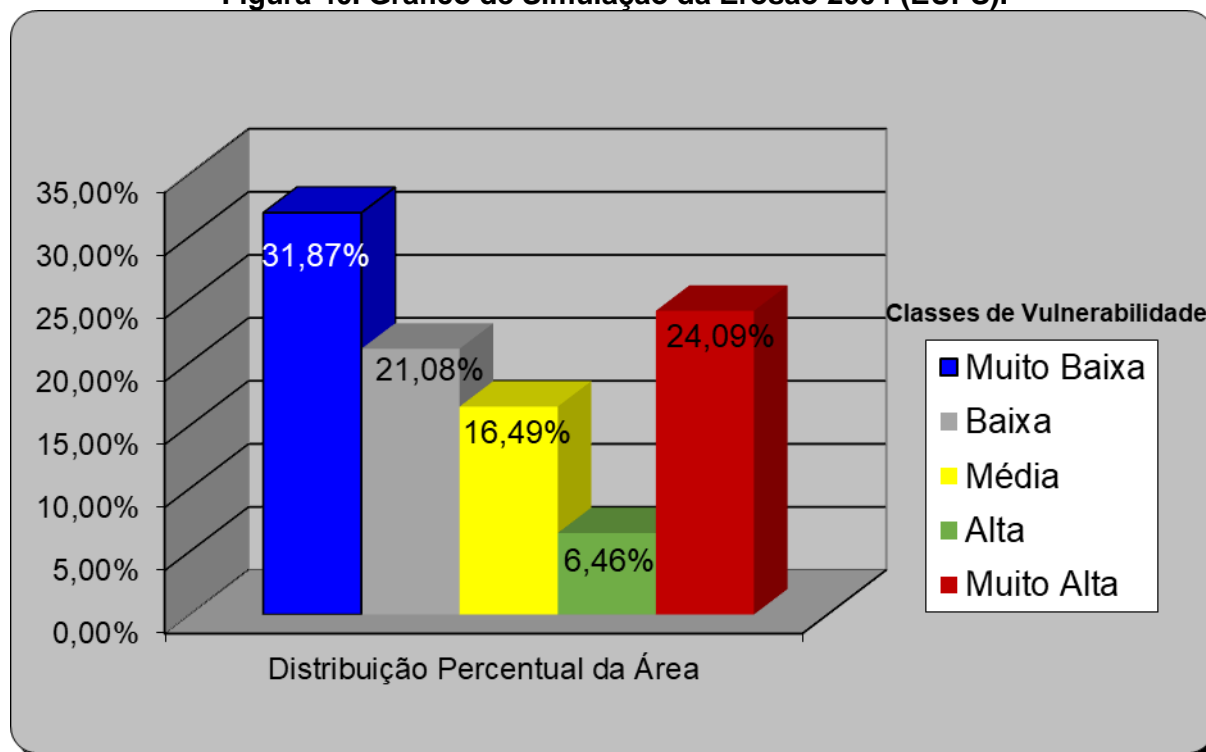
O cruzamento dos parâmetros físicos com Fator C (2004), derivado do Uso e Ocupação do Solo de 2004, possibilitou a confecção da Carta de Simulação de Erosão do Uso 2004 (EUPS - $A=R.K.LS.C$) (Figura 41), evidenciando as áreas de vulnerabilidade, que se comparadas com a Carta de Potencial Erosivo, apresentam pouca sobreposição, evidenciando assim a importância das modificações desencadeadas no sistema pelo Uso e Ocupação do Solo. Essa dinâmica também fica evidente na Tabela 18 e na Figura 40.

Tabela 18. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso 2004 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

ton/ha/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 20	Muito Baixa	12,52
20 a 50	Baixa	8,28
50 a 100	Média	6,48
100 a 150	Alta	2,54
> 150	Muito Alta	9,46

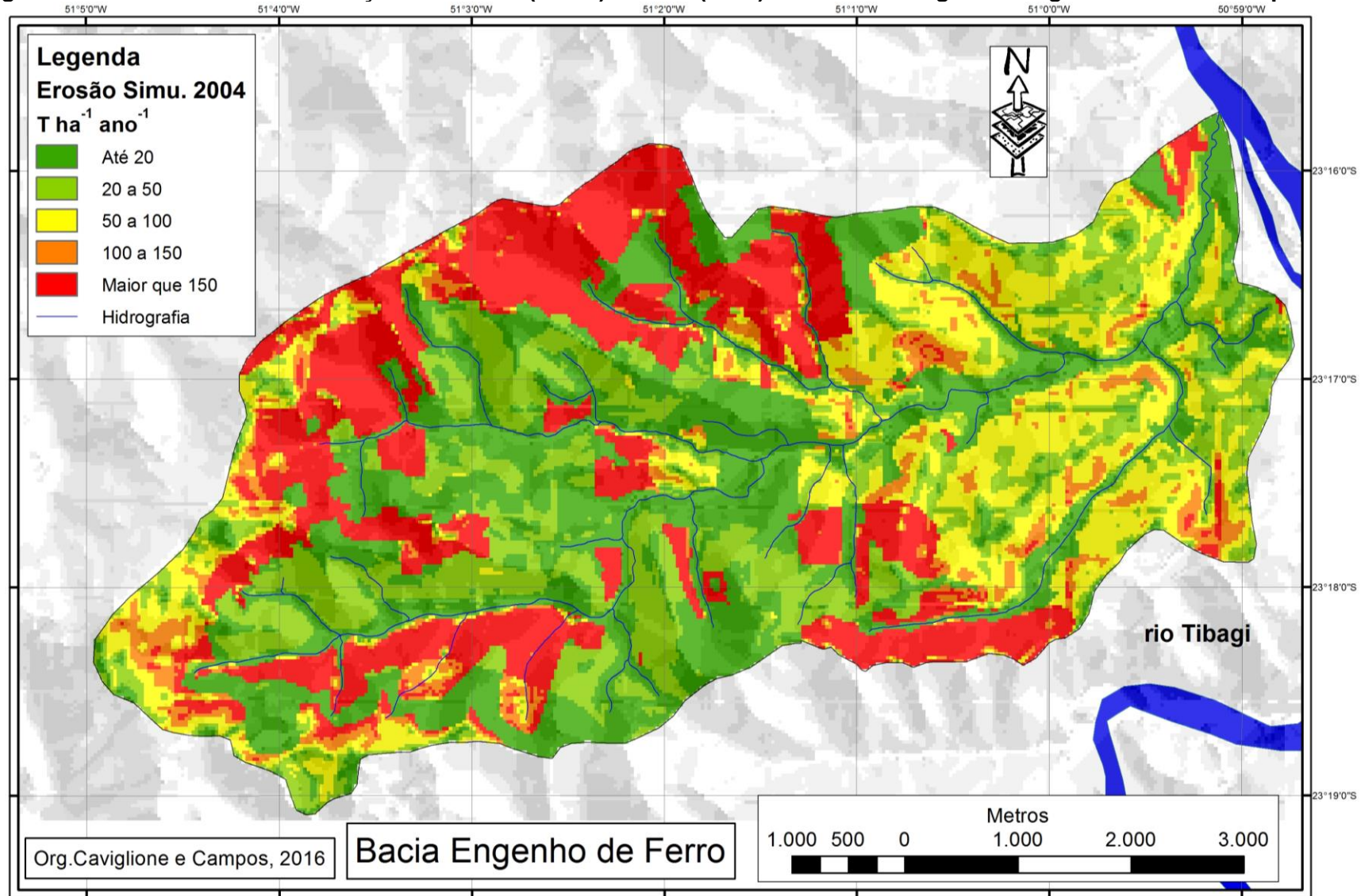
Org.: Campos, 2017.

Figura 40. Gráfico de Simulação da Erosão 2004 (EUPS).



Org.: Campos, 2017.

Figura 41. Carta Síntese de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso (2004) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



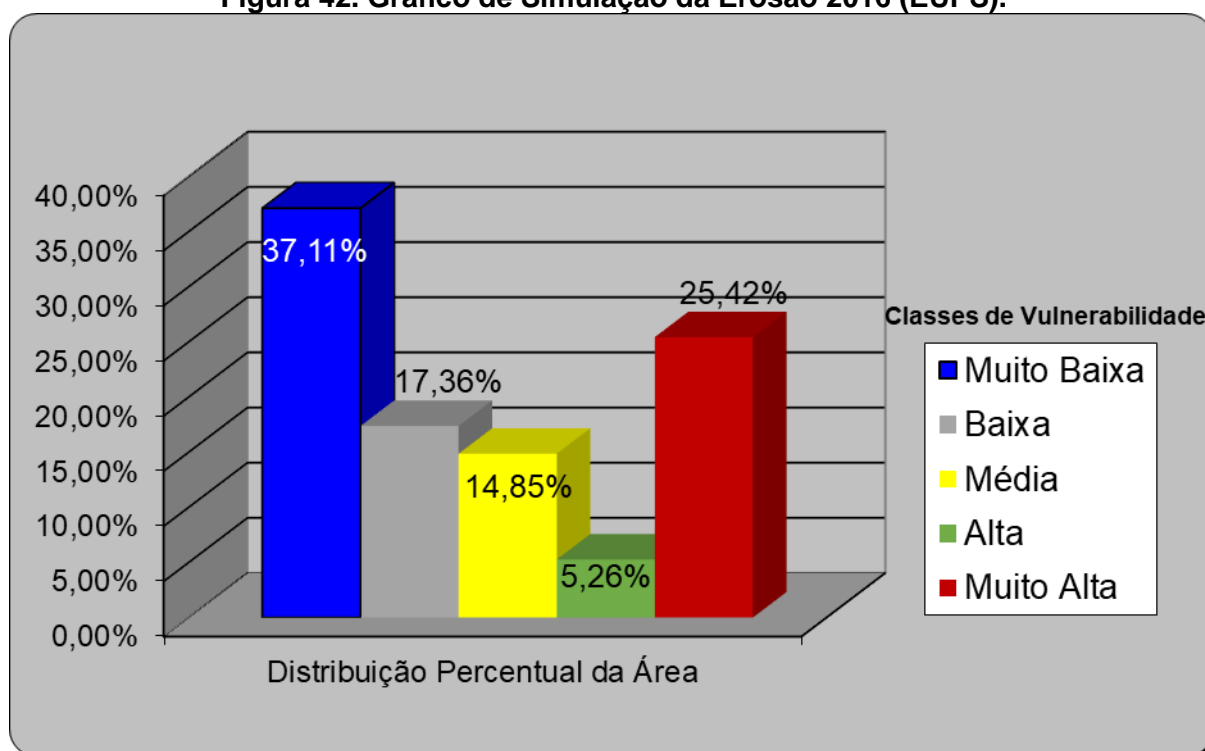
A Carta de Simulação de Uso Atual (2016) (Figura 43) da bacia demonstra um pequeno aumento na área dentro da classe de muito alta vulnerabilidade, já esperado, em decorrência da expansão urbana verificada entre 2004 e 2016. Todavia houve uma melhora nas condições ambientais, sendo assim, um aumento de áreas dentro da classe de muito baixa vulnerabilidade (Tabela 19 e Figura 42), relacionada com o aumento, nesse período, das áreas de preservação. Contudo, a expansão urbana presenciada em campo pode a médio e longo prazo, colocar mais áreas em situação de alta a muito alta vulnerabilidade ambiental, seguindo a lógica desses parâmetros.

Tabela 19. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso 2016 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

ton/ha/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 20	Muito Baixa	14,57
20 a 50	Baixa	6,82
50 a 100	Média	5,83
100 a 150	Alta	2,06
> 150	Muito Alta	9,98

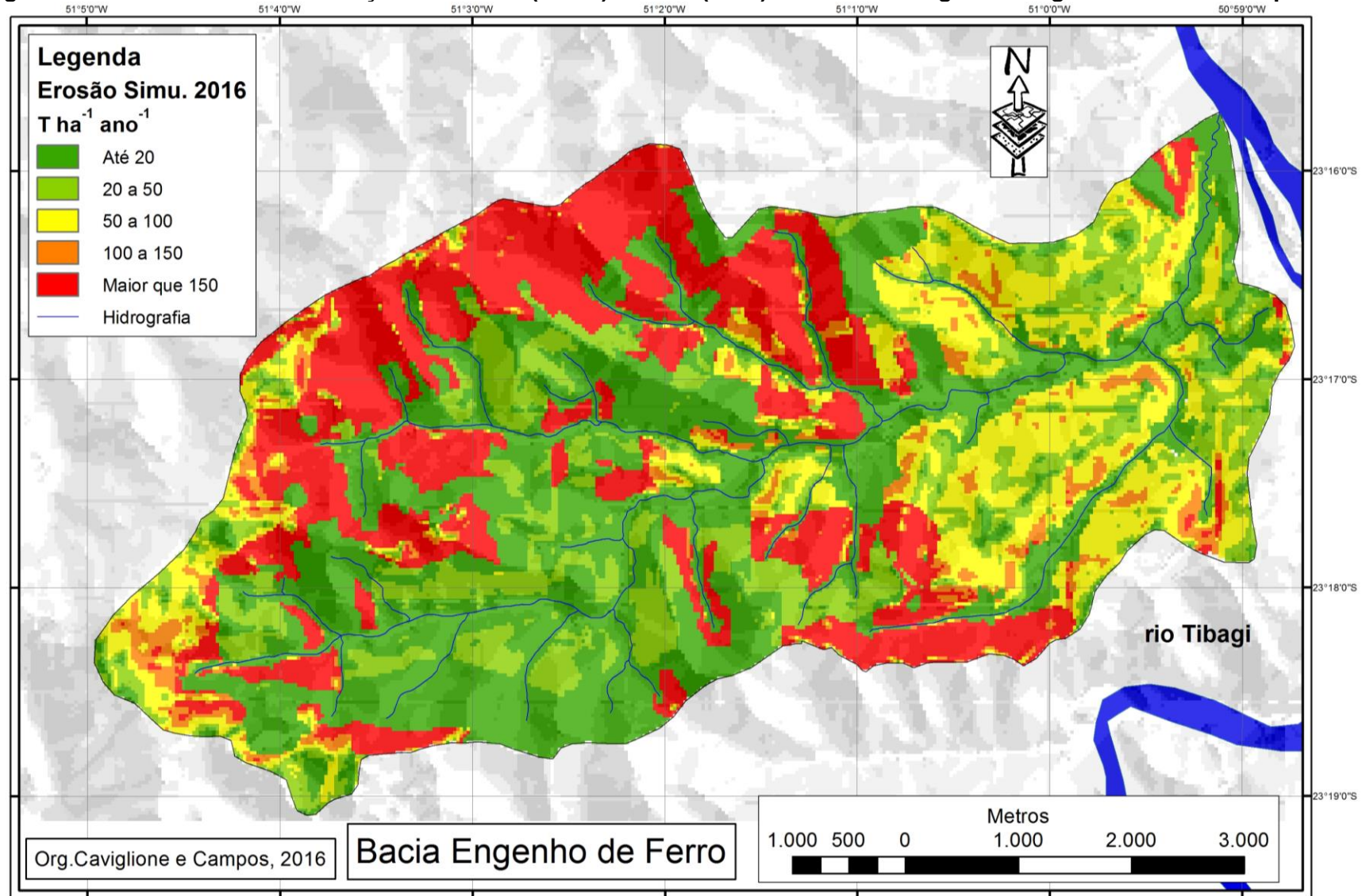
Org.: Campos, 2017.

Figura 42. Gráfico de Simulação da Erosão 2016 (EUPS).



Org.: Campos, 2017.

Figura 43. Carta Síntese de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso (2016) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



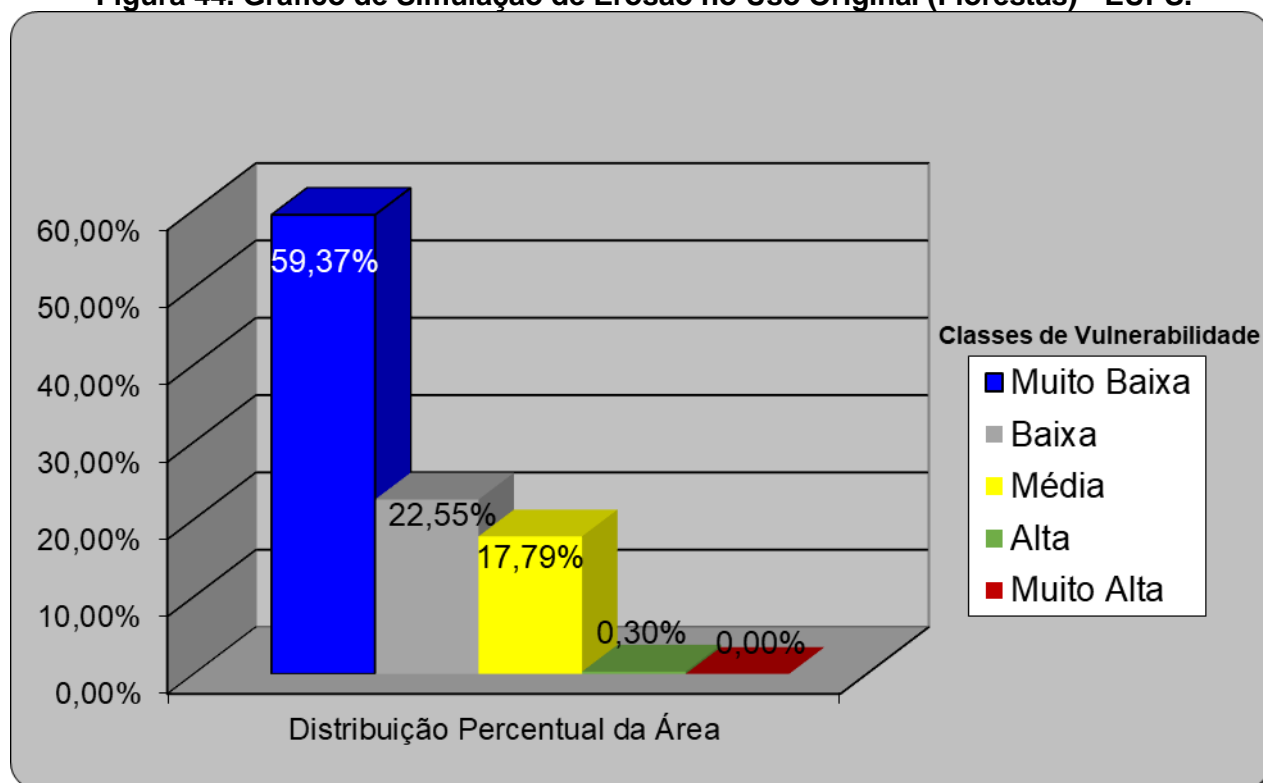
Com o objetivo de ter um parâmetro de comparação, e até mesmo evidência do impacto gerado pela intervenção antrópica nesse sistema, procedeu-se a simulação da Carta de Uso Original (Figura 45), onde se cruzou os dados obtidos pela aplicação da EUPS com o índice do Fator C referente a Florestas (**A=R.K.LS.0,00004**), que corrobora nas reflexões já externadas anteriormente, no tocante a grande responsabilidade da intervenção antrópica nesse sistema. Inclusive houve a necessidade de readequar as classes de fragilidade a novo escore, pois o valor máximo encontrado de perda de solo foi de $0,5 \text{ ton/ha/ano}^{-1}$ (Tabela 20 e Figura 44).

Tabela 20. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

ton/ha/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 0,04	Muito Baixa	23,32
0,04 a 0,1	Baixa	8,86
0,1 a 0,2	Média	6,99
0,2 a 0,5	Alta	0,12
> 0,5	Muito Alta	0,00

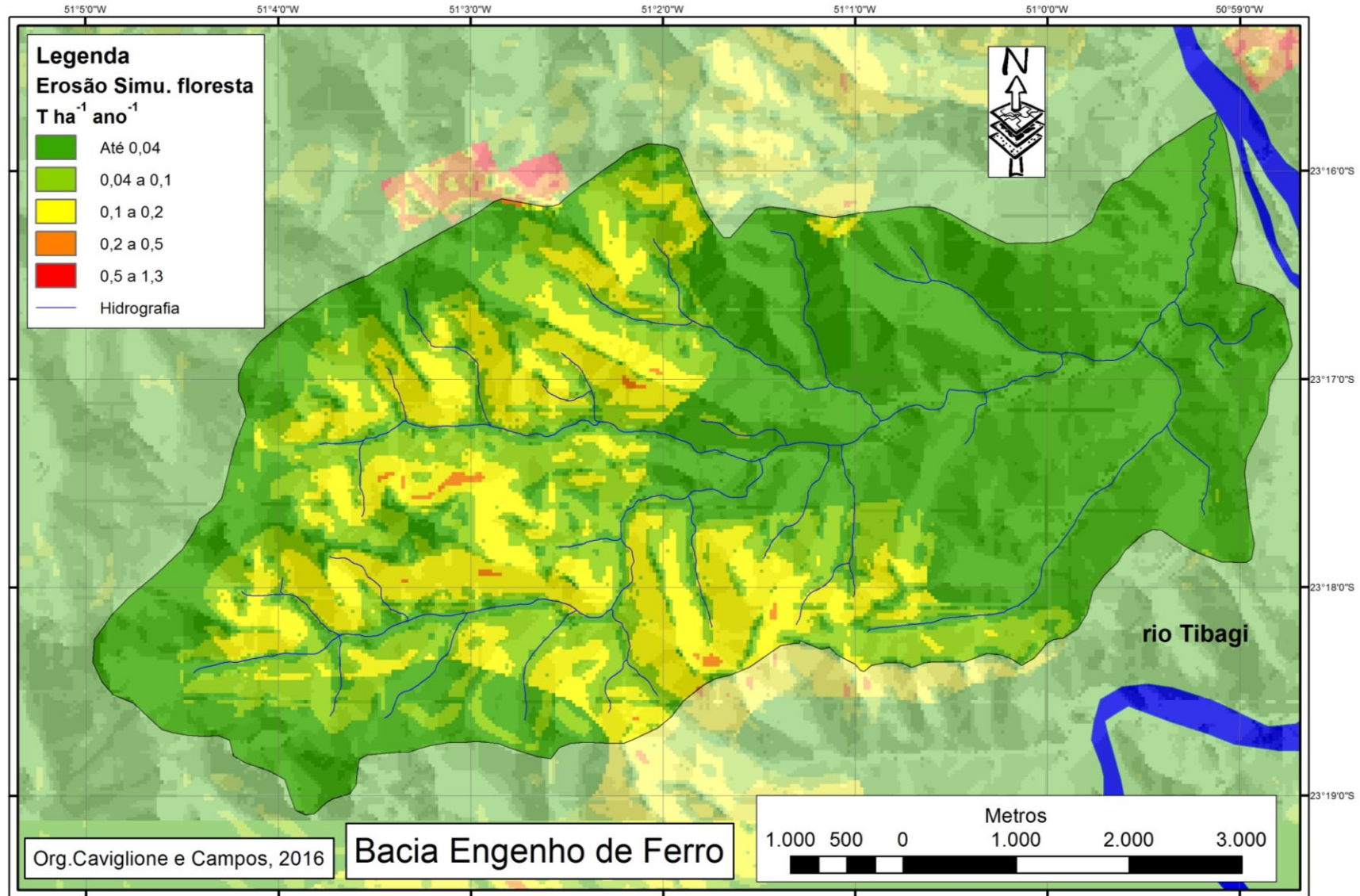
Org.: Campos, 2017.

Figura 44. Gráfico de Simulação de Erosão no Uso Original (Florestas) - EUPS.



Org.: Campos, 2017.

Figura 45. Carta de Simulação de Erosão (EUPS) do Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



4.4 DISSECAÇÃO VERTICAL NAS VERTENTES

Os processos de denudação e dissecação do relevo são um vasto campo de estudo e de interesse dentro da Ciência Geográfica, comumente desenvolvido e discutido dentro do bojo do conhecimento teórico e metodológico da Geomorfologia, por expoentes teóricos com extensa produção nesse assunto (HORTON, 1945; DERRUAU, 1965; TRICART, 1965; CHRISTOFOLETTI, 1980; ROSS, 1992; CONTI, 1997 entre outros).

A superfície terrestre é o palco de praticamente toda a produção e reprodução do espaço geográfico, seguindo esta lógica, o relevo é a infraestrutura básica onde ocorrem as ações antrópicas, sendo um dos primeiros sistemas a ser modificado, e, conseqüentemente, gerando reações adversas aos processos originais. O desequilíbrio nessa infraestrutura básica e imprescindível ao desenvolvimento humano leva instabilidade aos processos e sistemas conseqüentes. Essa instabilidade, a médio e longo prazo, tem o potencial de tornar insustentável a manutenção do modelo de uso e ocupação do solo atualmente reproduzido por grande parte da sociedade, colocando em risco o acesso a recursos ambientais (solo, água, potencial hídrico/hidráulico, etc.) necessários à sociedade.

A EUPS é uma importante ferramenta de análise ambiental, pois é relativamente fácil de ser aplicada, principalmente nas áreas de bacia hidrográfica, que em conjunto com as análises morfométricas, pode auxiliar no planejamento ambiental, necessários à otimização do Uso e Ocupação do Solo.

Nesta pesquisa gerou-se uma proposta de produzir dados e cartas que consigam expressar a evolução presente dos processos de dissecação vertical das vertentes, no intuito de mensurar a retirada vertical de solo em mm/ano^{-1} , apresentando assim, mais um parâmetro de quantificação de perda de solo, bem como, de novas classes de vulnerabilidade relacionadas à dissecação vertical contemporânea do relevo nas vertentes.

Através da sobreposição dos resultados encontrados com a aplicação da EUPS na área de estudo e o índice de Densidade de Solos, obtido nos trabalhos de Fidalgo *et al.* (2015, p. 19), elaborou-se cartas de Simulação de Dissecação Vertical, sendo mais uma ferramenta de informação valiosa para evidenciação de áreas de

vulnerabilidade ambiental, conseqüentemente, necessária ao planejamento e gestão ambiental mais eficazes.

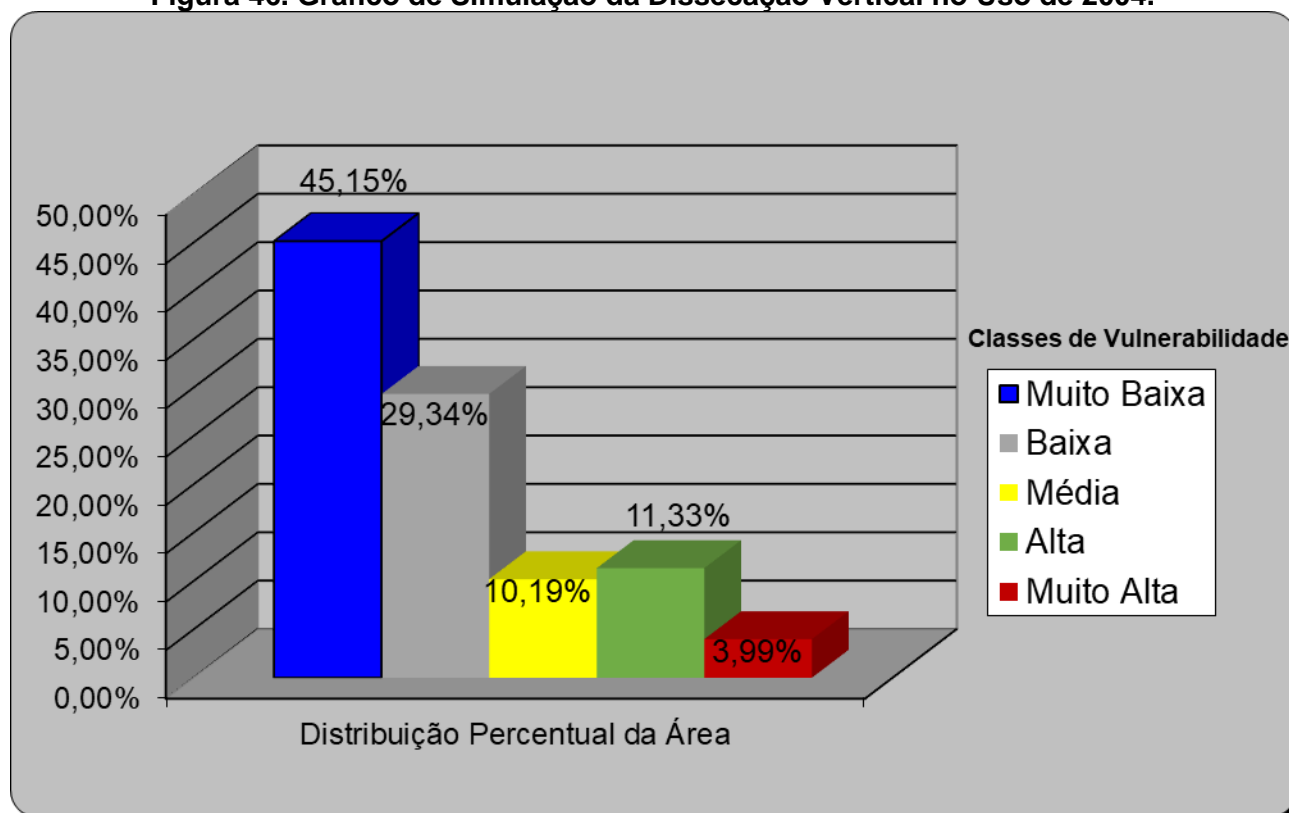
A primeira simulação apresentada refere-se ao Uso de 2004 (Tabela 21 e Figuras 46 e 47).

Tabela 21. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso 2004 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

mm/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 2,5	Muito Baixa	17,73
2,5 a 10	Baixa	11,53
10 a 25	Média	4,00
25 a 100	Alta	4,45
> 100	Muito Alta	1,57

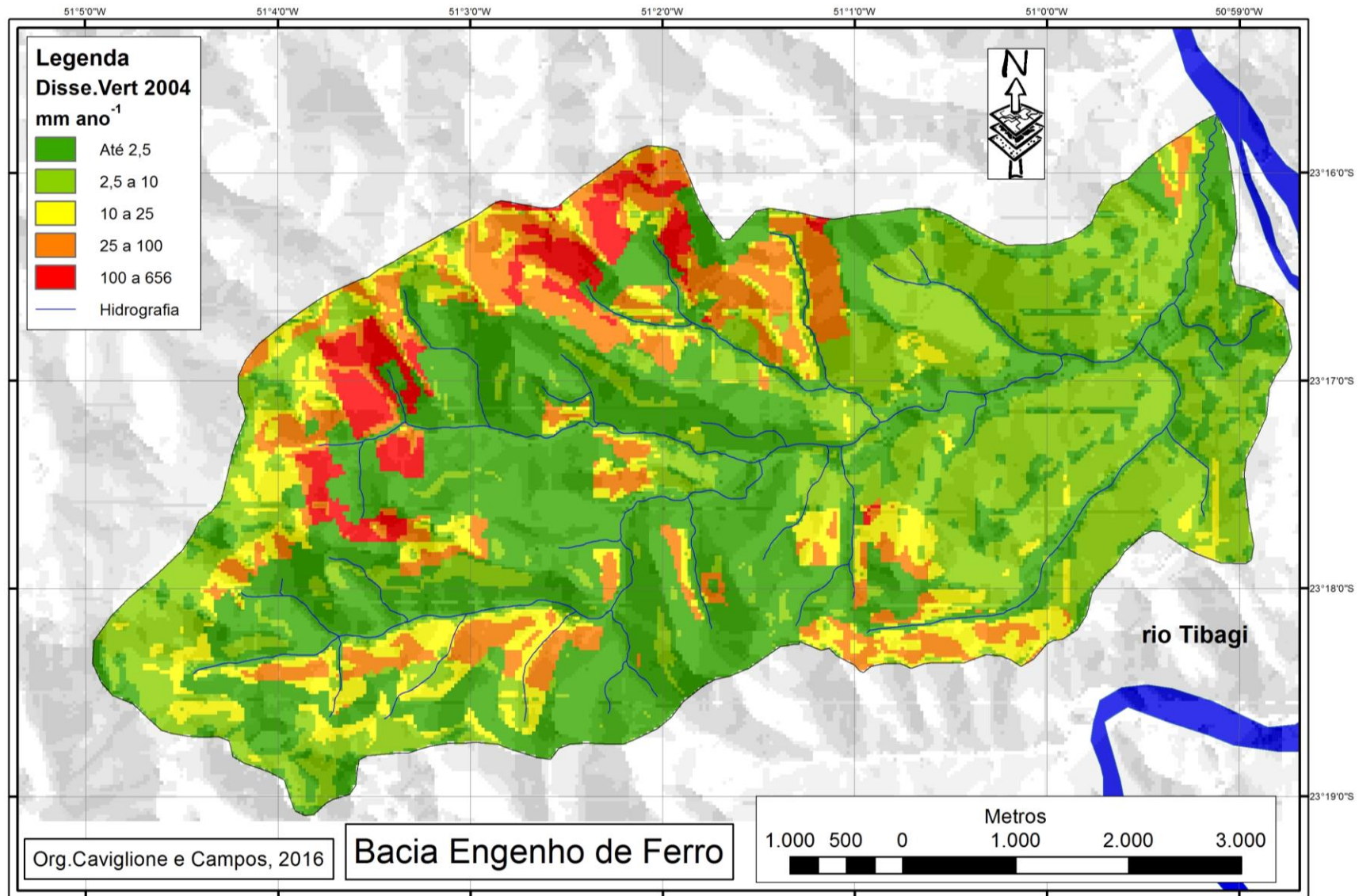
Org.: Campos, 2017.

Figura 46. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso de 2004.



Org.: Campos, 2017.

Figura 47. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso (2004) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



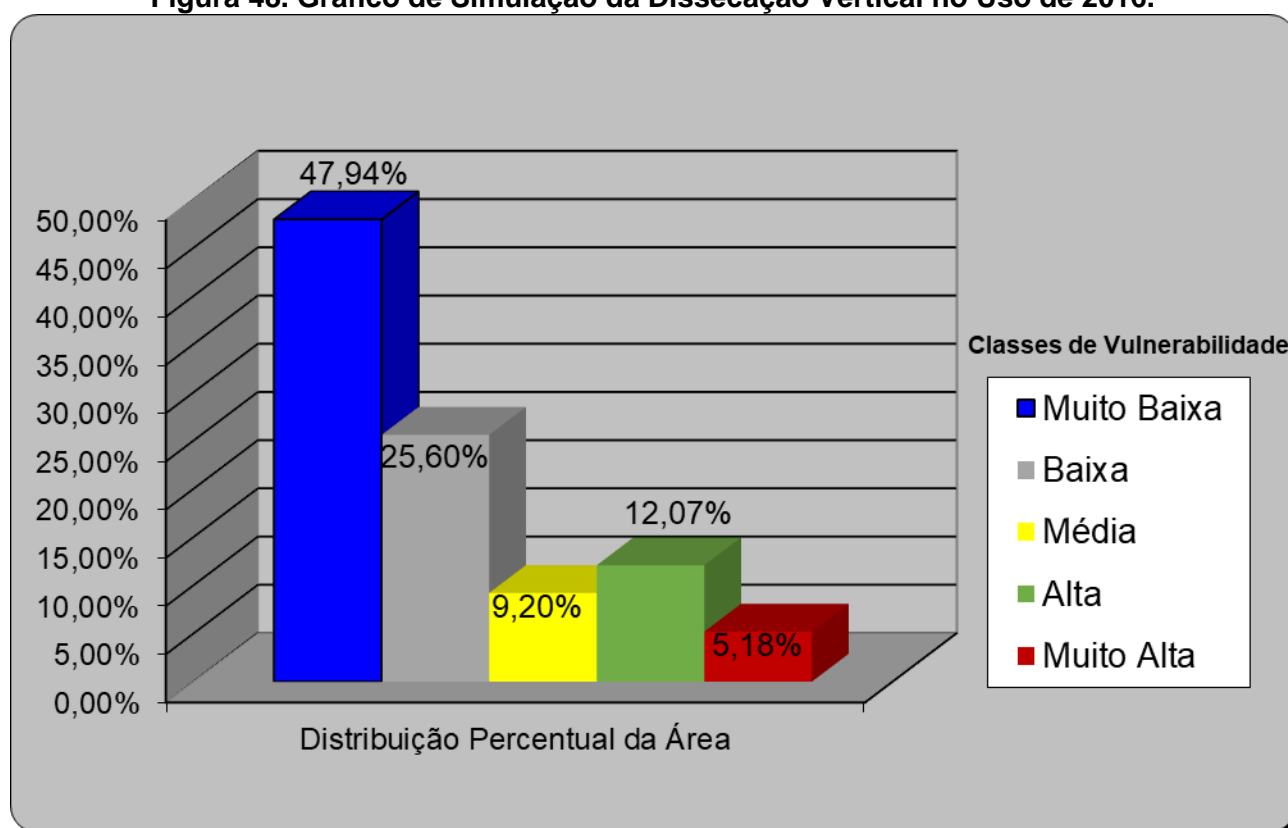
Os resultados relativos ao Uso do Solo de 2016 (Tabela 22 e Figuras 48 e 49) apresentam expressivas áreas com índices representados dentro das classes de muito baixa a baixa vulnerabilidade ambiental.

Tabela 22. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso 2016 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

mm/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 2,5	Muito Baixa	18,83
2,5 a 10	Baixa	10,05
10 a 25	Média	3,61
25 a 100	Alta	4,74
> 100	Muito Alta	2,04

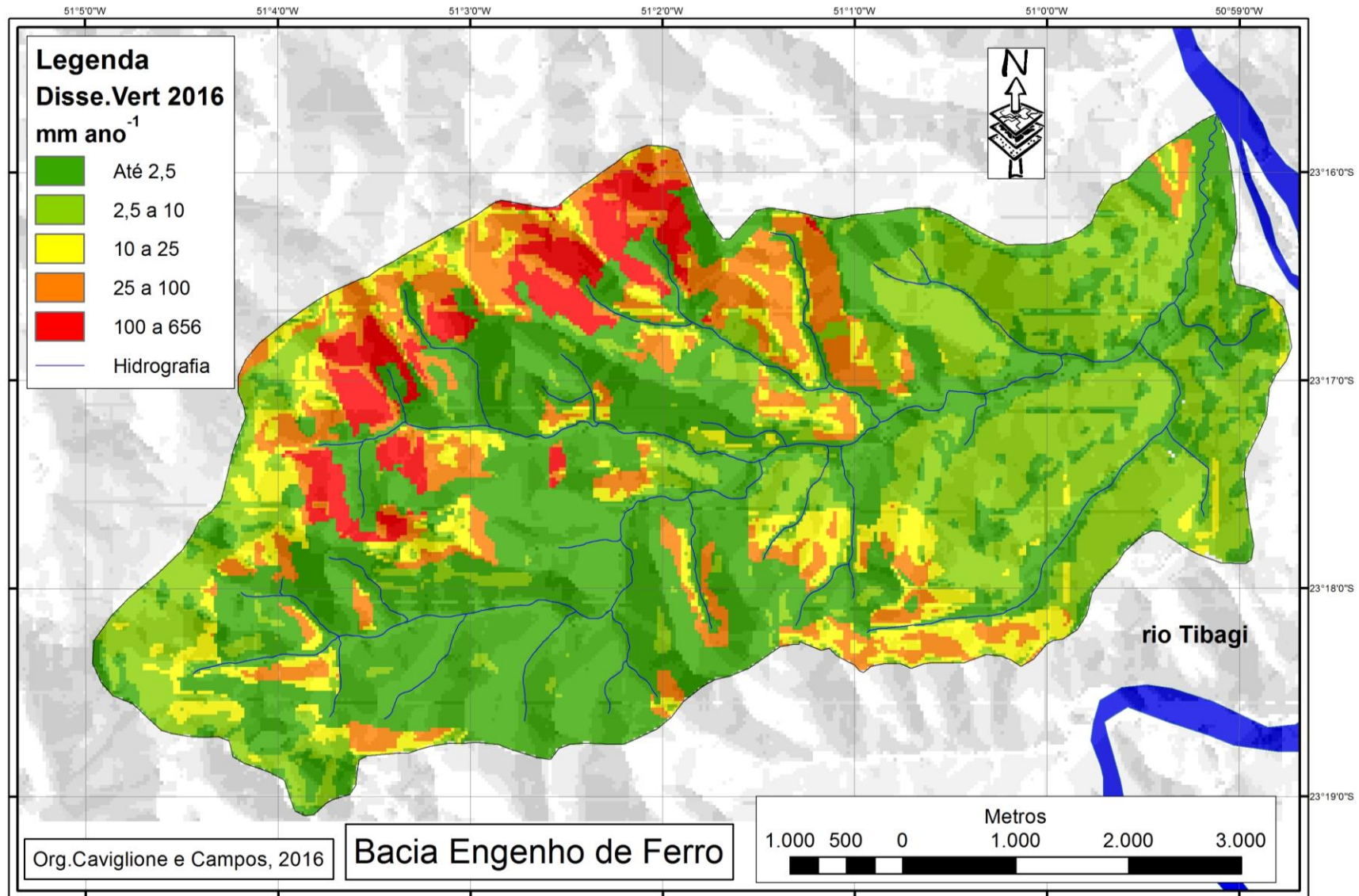
Org.: Campos, 2017.

Figura 48. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso de 2016.



Org.: Campos, 2017.

Figura 49. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso (2016) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



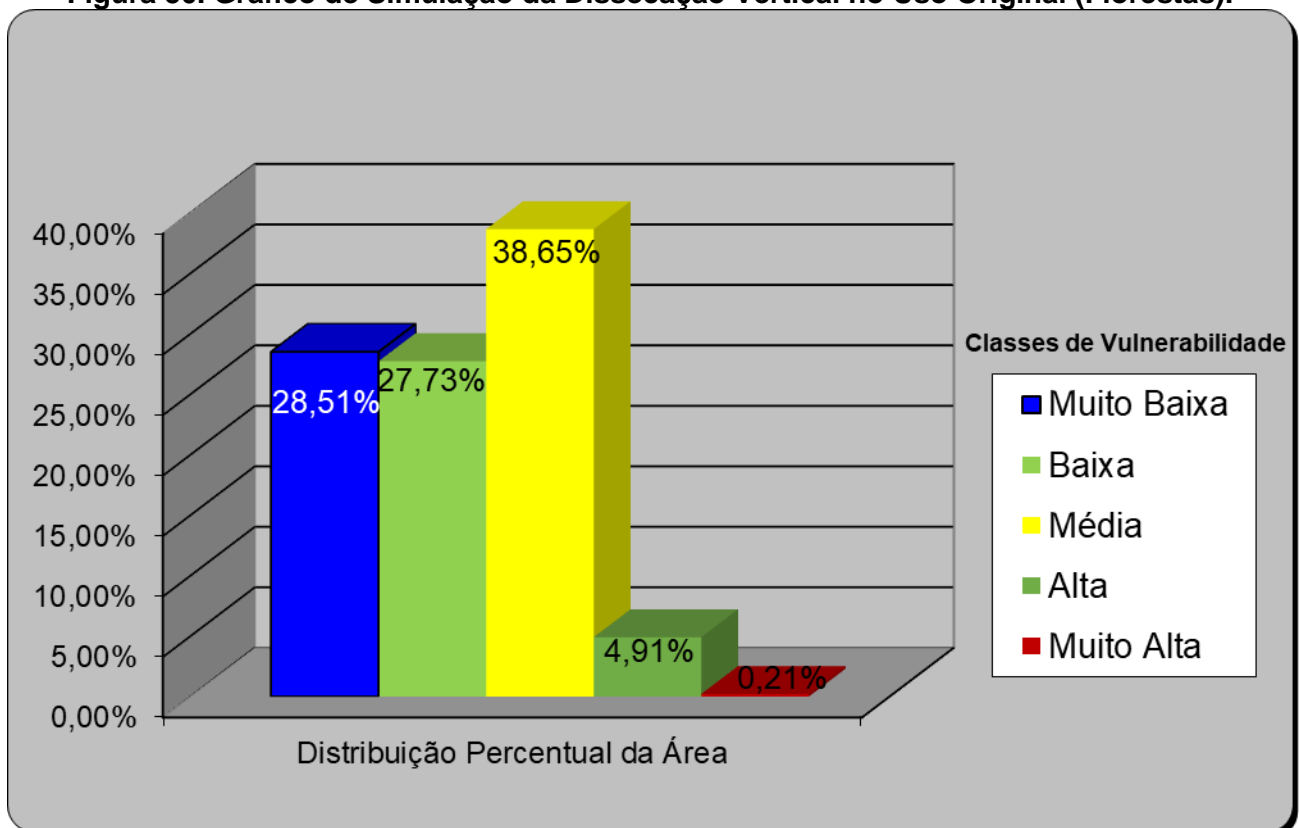
Foi realizada uma simulação levando em consideração os parâmetros de uso original, ou seja, cobertura vegetal florestal, com o objetivo de evidenciar a localização dos espaços que naturalmente sofreriam maior pressão do ponto de vista de vulnerabilidade nesse sistema hidrográfico em relação à perda de solos, cujos resultados se apresentam na Tabela 23 e Figuras 50 e 51.

Tabela 23. Classes de Vulnerabilidade referente à Simulação de Dissecação Vertical no Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

mm/ano ⁻¹	Classes de Vulnerabilidade	Área em Km ²
< 0,001	Muito Baixa	11,20
0,001 a 0,0025	Baixa	10,89
0,0025 a 0,01	Média	15,18
0,01 a 0,015	Alta	1,93
> 0,015	Muito Alta	0,08

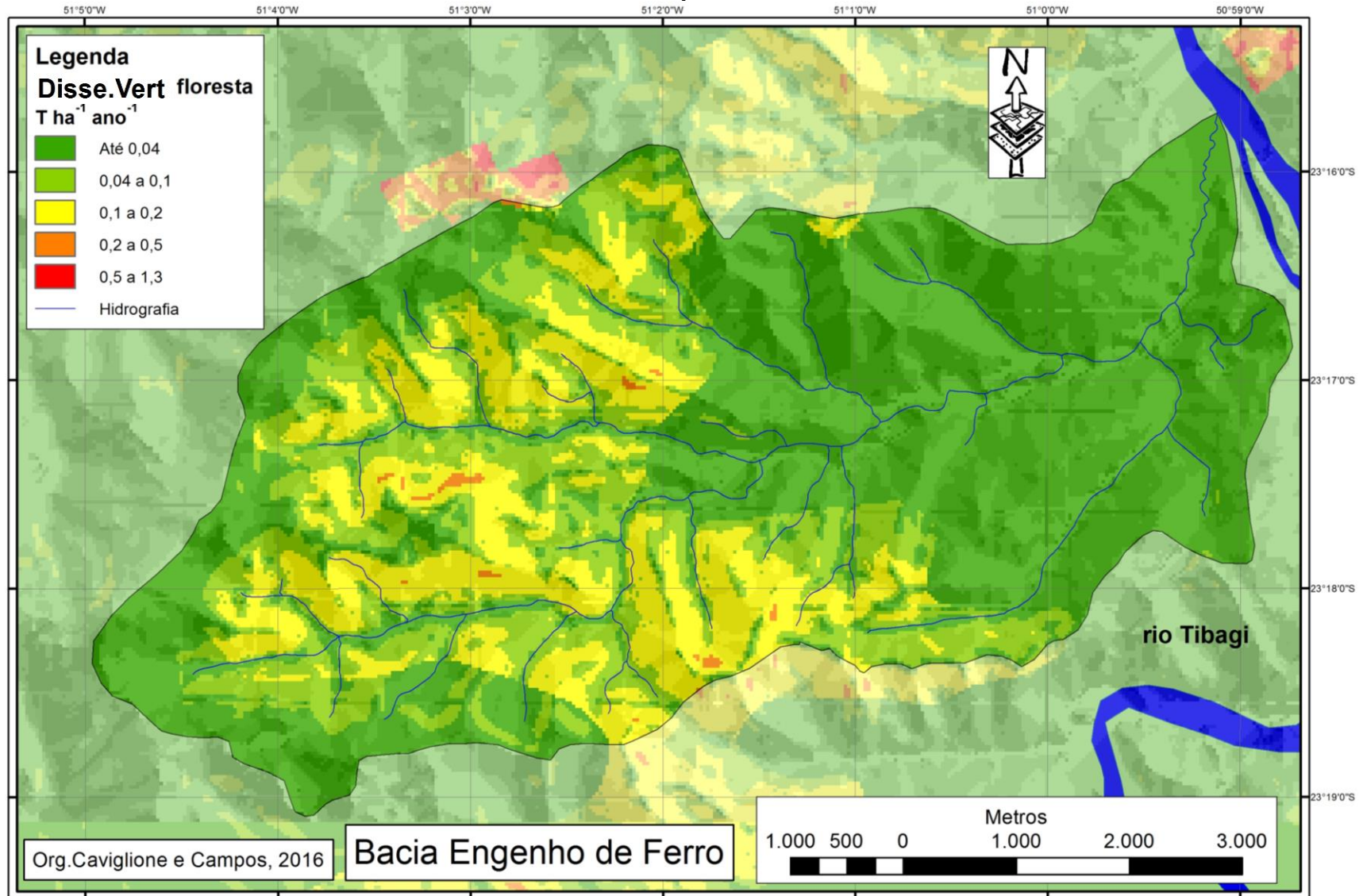
Org.: Campos, 2017.

Figura 50. Gráfico de Simulação da Dissecação Vertical no Uso Original (Florestas).



Org.: Campos, 2017.

Figura 51. Carta de Simulação de Dissecação Vertical das Vertentes no Uso Original (Florestas) da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



Comparando a diferença de dissecação vertical entre os períodos de 2004 e 2016 (Tabela 24 e Figura 52) pode-se observar o reflexo das mudanças de uso e ocupação do solo nessa bacia, evidenciando aumentos significativos em áreas de expansão urbana e diminuição em áreas de recuperação florestal, tanto em vertentes quanto nas Áreas de Proteção Permanente (APP).

Tabela 24. Evolução da Dissecação Vertical no período de 2004 a 2016 na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Diferença em mm/ano ⁻¹	Variação na Dissecação	Área em Km ²	% Área
> -50	Forte Diminuição	0,21	0,52%
-50 a -2	Diminuição	3,50	8,91%
-2 a 2	Equilibrado	32,04	81,59%
2 a 50	Aumento	2,71	6,90%
> 50	Forte Aumento	0,81	2,07%

Org.: Campos, 2017.

Para compreender e evidenciar claramente a pressão que o meio antrópico exerce sobre o sistema, foi confeccionada uma carta de comparação entre o Uso Original (Florestas) e o Uso Atual (2016), onde demonstra um forte aumento no processo de perdas de solo nas vertentes em toda a área da bacia (Tabela 25 e Figura 53).

Tabela 25. Diferença entre a Dissecação Vertical no Uso Original a Uso Atual (2016) na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Diferença em mm/ano ⁻¹	Variação na Dissecação	Área em Km ²	% Área
> 2	Baixo	16,79	42,76%
2 a 5	Médio	7,07	18,01%
5 a 10	Forte	5,02	12,78%
10 a 50	Muito Forte	7,16	18,23%
> 50	Extremamente Forte	3,23	8,22%

Org.: Campos, 2017.

Figura 52. Carta de Comparação da Dissecação Vertical das Vertentes entre 2004 e 2016 na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.

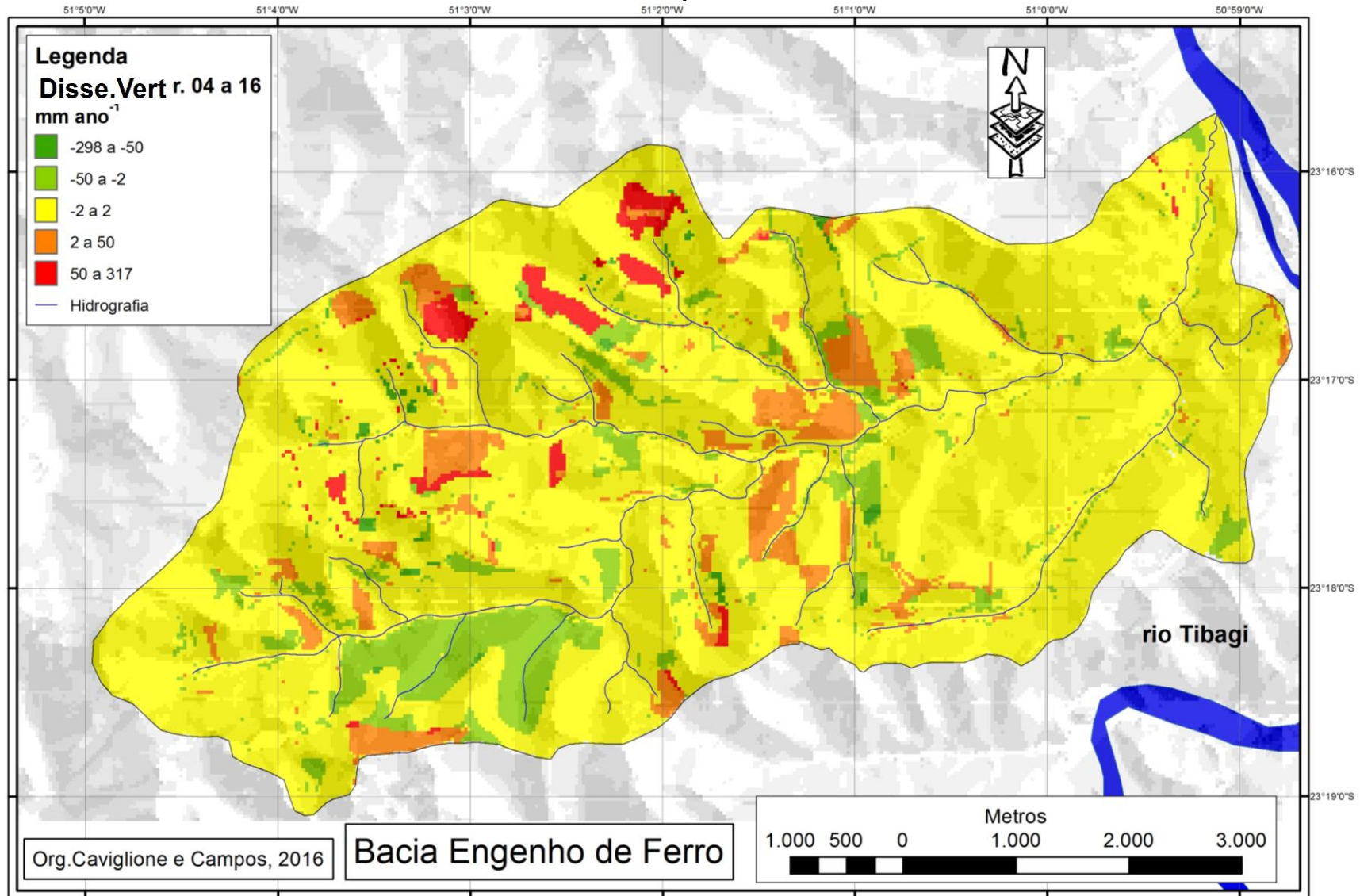
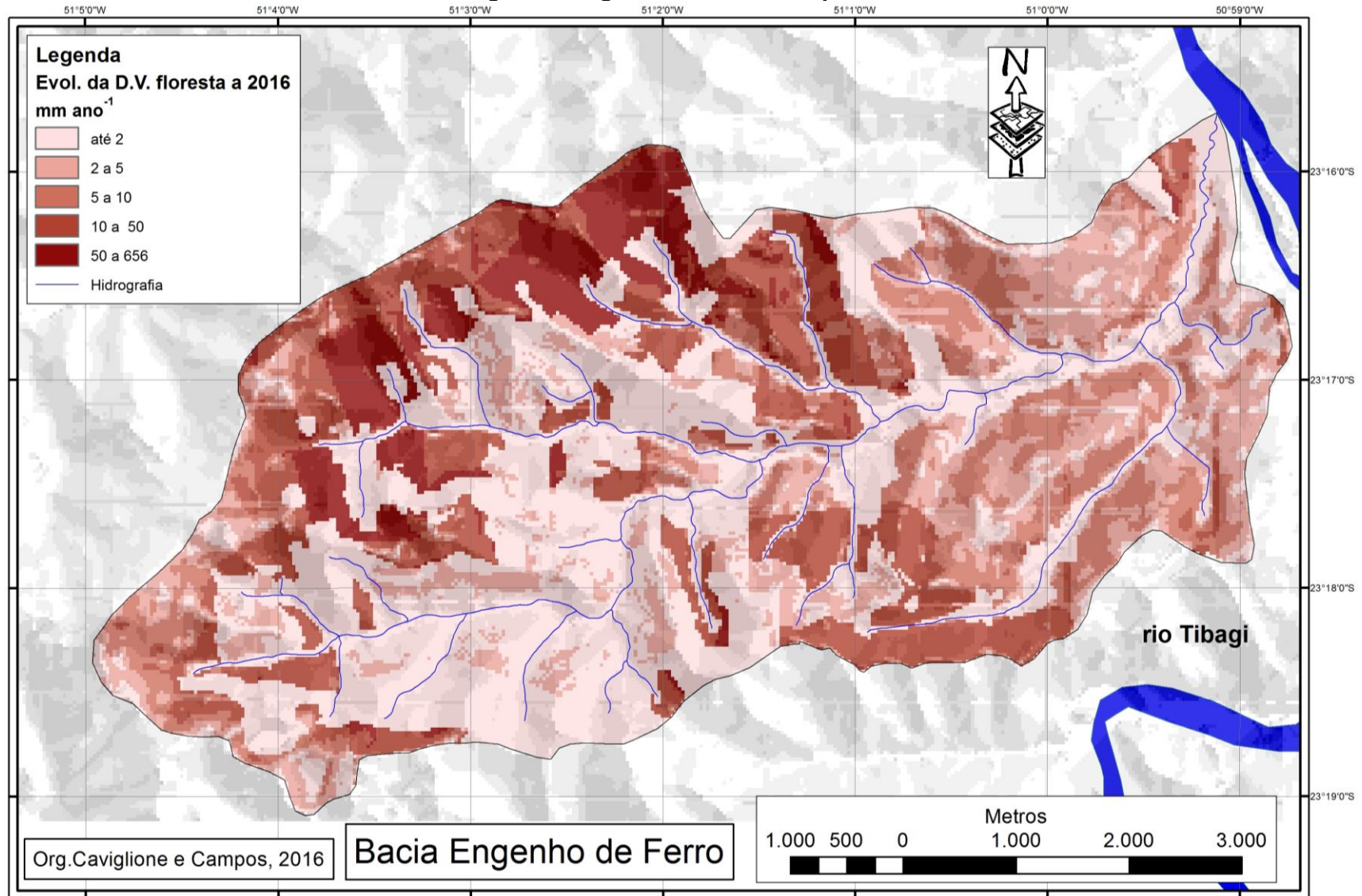


Figura 53. Carta de Comparação da Dissecação Vertical das Vertentes entre Uso Original (Florestas) e Uso 2016 na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



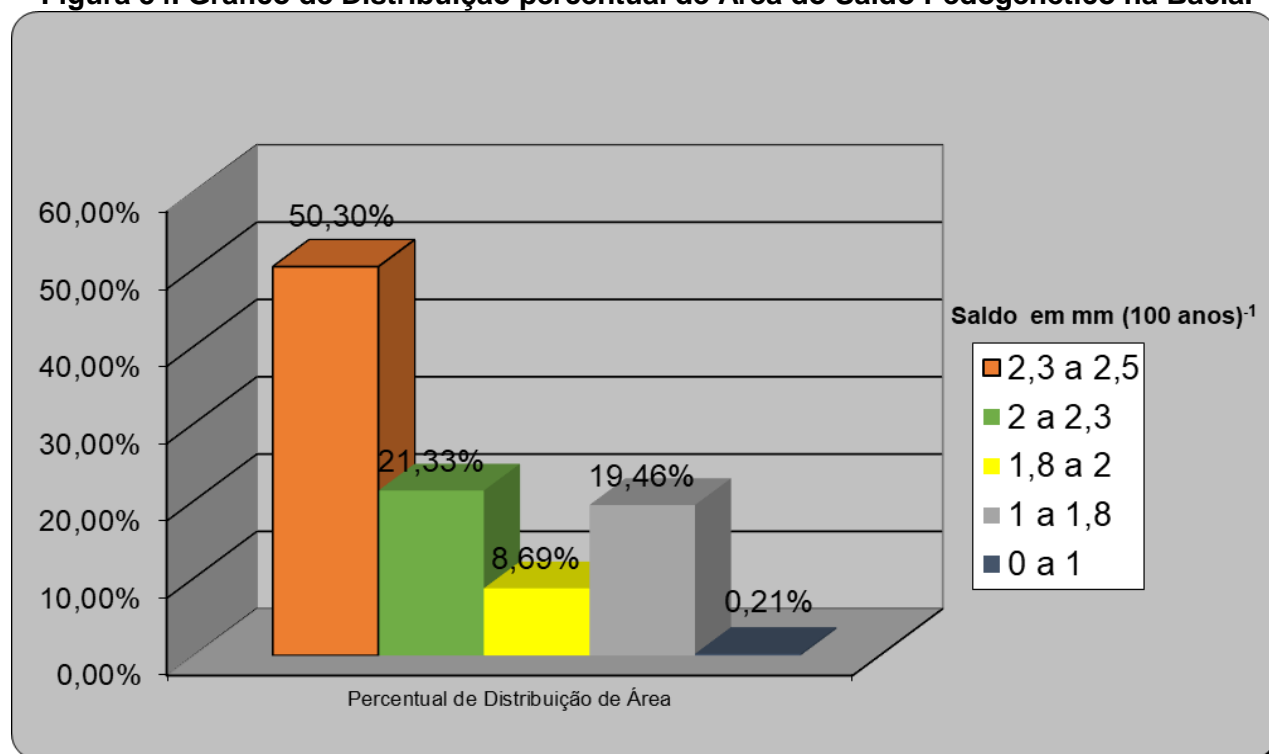
Com o conhecimento das condições presentes de perda de solo pela dissecação vertical, elaborou-se uma Carta de Simulação de Saldo Pedogenético em 100 anos (Figura 55), que foi designada de Evolução Geomorfológica das Vertentes da Bacia, onde se cruzou os dados referentes à dissecação vertical no Uso Original com um índice de formação de solos de 2,5 mm a cada século, ou seja, de 1 cm a cada 400 anos em média, como aponta Ferreira (2015). Uma carta interessante no tocante a servir de base para se ter parâmetros de comparação entre o estado natural e as alterações decorrentes do Uso e Ocupação Antrópicos desse sistema geomorfológico. Os valores encontrados demonstraram saldo positivo, e principalmente nas áreas de classe de saldo muito alto.

Tabela 26. Diferença entre a Dissecação Vertical no Uso Original a Uso Atual (2016) na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro.

Diferença em mm/100 anos ⁻¹	Saldo DV	Área em Km ²	% Área
2,3 a 2,5	Muito Alto	19,76	50,30%
2,0 a 2,3	Alto	8,38	21,33%
1,8 a 2,0	Médio	3,41	8,69%
1,0 a 1,8	Baixo	7,64	19,46%
0 a 1,0	Muito Baixo	0,08	0,21%

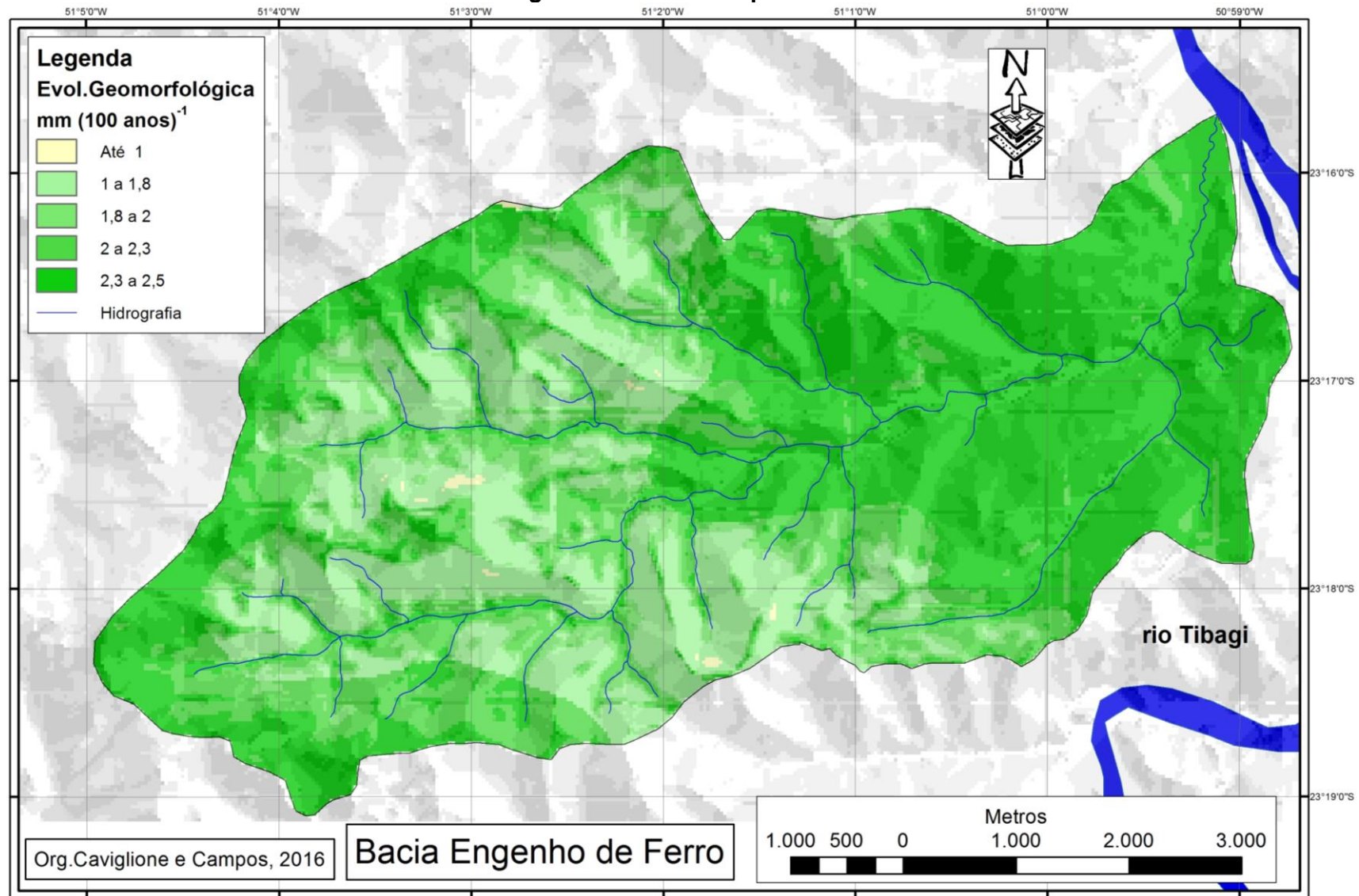
Org.: Campos, 2017.

Figura 54. Gráfico de Distribuição percentual de Área do Saldo Pedogenético na Bacia.



Org.: Campos, 2017.

Figura 55. Carta de Simulação do Saldo Pedogenético (Evolução Geomorfológica) para 100 anos na área da Bacia Hidrográfica Engenho de Ferro – Ibiporã – PR.



O processo de transporte e deposição de sedimentos que ocorre nas vertentes tende a proporcionar alterações em boa parte do ambiente da bacia hidrográfica estudada. Entre elas pode-se enumerar algumas tais como: desestabilização das vertentes, a perda da fertilidade dos solos, a mudança na composição físico-química da água dos rios das bacias e sub-bacias, impactos ambientais nos ecossistemas fluviais. Essas mudanças atingem também a população da região, pois vão alterar a qualidade da água de consumo e o próprio potencial da produção agrícola.

Todo o entendimento dos processos aqui estudados e analisados, por meio das metodologias utilizadas nesta pesquisa, pode fornecer subsídios para a identificação das áreas sujeitas à maior ou menor perda de solos aos órgãos responsáveis pelo gerenciamento das políticas públicas da região de Ibiporã e ainda corroborar como modelo de levantamentos de dados para outras bacias do Norte do Paraná.

Num contexto geral sobre os procedimentos metodológicos aqui utilizados e os resultados obtidos, entendeu-se que foram satisfatórios para a área de estudo. Alguns deles são recentes e possuem raros estudos de caso. Assim, sua aplicação realizada neste trabalho pode contribuir para uma reflexão e um aprimoramento, uma vez que detém um certo ineditismo, acabando por permitir a obtenção de resultados que podem ser tomados como decisões de diretrizes de uso e ocupação dos solos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espacial realizada com as metodologias adotadas indicou a possibilidade do cruzamento e a integração das variáveis, partindo da seleção, organização e manipulação dos dados. Isso tudo permeou a análise da situação atual da bacia, somando-se o conhecimento obtido ao longo da pesquisa que permitiu avaliar e construir simulações que puderam mostrar a sua realidade ambiental.

Com relação às características de relevo pode-se concluir que a bacia é de média densidade de drenagem, sugerindo que por ocasião de grandes precipitações, predomina um médio escoamento superficial e uma média dissecação do relevo, mas o suficiente para manter perene o seu curso.

A utilização da Equação Universal de Perdas de Solo forneceu dados que proporcionaram um bom entendimento dos fatores (R, K, LS e C) e dos processos deles decorrentes. Esse modelo permitiu simular cenários e indicar a capacidade de uso, compreendendo os diferentes ambientes presentes na área da bacia hidrográfica.

A própria formulação da EUPS, por ser um paradigma estatístico para a quantificação, acaba por estabelecer uma melhor precisão das áreas mais vulneráveis, permitindo também comparação entre dados de diferentes regiões. O seu emprego permitiu a elaboração de um conjunto de mapeamentos que proporcionaram um melhor reconhecimento das características físicas e consequências das alterações antrópicas dessa bacia, apresentados em resultados tais como mapas de declividade, hipsometria, Fator K, Fator L, Fator S, Fator LS, Uso e Ocupação do Solo, Fator C, Áreas de Preservação Permanente, entre tantos outros. No entanto, é preciso ressaltar que o uso destas metodologias nesse estudo não substituiu a pesquisa de campo, pois foram feitas várias incursões que permitiram inúmeras convalidações e reconhecimento das vulnerabilidades apontadas na pesquisa.

Em termos de conservação a bacia do Ribeirão Engenho de Ferro apresenta-se melhor conservada que outras bacias da região norte do Paraná,

apesar de apresentar uma considerável área de expansão urbana, demonstrou ter uma expressiva recuperação de áreas com cobertura vegetal, inclusive nas Áreas de Preservação Permanente.

Os dados espaciais referentes ao uso e ocupação do solo podem ser acompanhados anualmente pelas informações fornecidas pelas imagens de satélite e assim verificar se o tipo de ocupação vem atendendo as políticas de manejo e conservação do solo propostas pelo Plano Diretor do Município de Ibiporã, PR.

Este trabalho mostrou a distribuição espacial das áreas propensas aos processos erosivos na bacia, onde práticas conservacionistas podem colaborar na prevenção da perda de solo por erosão laminar. Os dados referentes ao estado original devem ser considerados como base de melhor qualidade ambiental a se aproximar, para diminuição das vulnerabilidades ambientais.

A criação da variável de Dissecação Vertical apresentou grandes desafios, porém, se mostrou um parâmetro importante no tocante ao entendimento dos processos de perda de solo, por se tratar de um modelo que tem a premissa de espacializar essa perda na bacia, através de uma mensuração linear, evidenciando assim, os espaços de maior vulnerabilidade a perda das camadas superiores e mais férteis.

Decorrente desses resultados, é evidente que as alterações antrópicas exercem grande pressão sobre os sistemas ambientais, neste caso, geomorfológicos, acelerando exorbitantemente os processos de perda de profundidade de solo, diminuindo conseqüentemente a capacidade de fertilidade.

Acredita-se ainda que esta pesquisa pode contribuir também para o aperfeiçoamento do conjunto de metodologias de estudos integrados de uma bacia hidrográfica, para se identificar suas áreas de maior tendência à perda de solos e possibilitar um futuro zoneamento ecológico-econômico de uma região (ZEE).

“Todas as coisas se definem sempre pelas suas funções e potencialidades; por conseguinte, quando elas não têm mais suas características próprias, não se deve dizer mais que se trata das mesmas coisas, mas apenas que elas têm o mesmo nome. [...]”

Aristóteles

REFERÊNCIAS

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS**. Tese. 2010. (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

BARBOSA, E. H. B.; BACANI, V. M. **Avaliação Paramétrica de Terreno e o Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Córrego João Dias, Aquiduana-MS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XV.2011. Anais. Curitiba: INPE, 2011, p. 1208-1215. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1260.pdf>>. Acessado em 13/05/2016.

BARBOSA, Y. B.; CARVALHO, S. M. Análise Morfométrica da Bacia do Arroio do Padre, Ponta Grossa - PR. **Caminhos da Natureza**, v. 10, n. 30, p. 160-173, mar. 2009.

BATISTA, A. N. C.; ALMEIDA, N. V.; MELO, J. A. B. de. Utilização de Imagens Cbers no Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo na Microbacia do Riacho Maracajá, Olivedos, PB. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v. 10, n. 32, p. 235-244, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15949/8999>>. Acessado em 13/05/2016.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**. Florianópolis: UFSC, 1994

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geografia Física do Brasil**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 153-188.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Avaliação de impactos ambientais. In: _____. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRAGA, L. M. **Análise geomorfológica e geotécnica em encostas suscetíveis a processos erosivos - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Contagem - DF**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade de Brasília, DF.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília-DF: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1988.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília-DF: Diário Oficial da União, 25 maio 2012.

- CAMPOS, R. A. **Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina – Pr.** 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Estadual de Londrina.
- CAMPOS, R. A.; MASCARENHAS, C. F. D.; CAMARGO, K. C.; STIPP, N. A. F. Diagnóstico das fragilidades ambientais no espaço geográfico da bacia hidrográfica do ribeirão Engenho de Ferro - Ibiporã – PR. In: **X ENANPEGE – Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia - "Geografias, Políticas Públicas e Dinâmicas Territoriais"**. Campinas: UNICAMP, 2013, v.1, p. 1-12.
- CAMPOS, R. A.; MASCARENHAS, C. F. D.; STIPP, N. A. F.; GOMES, L. N. Análise Ambiental na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Engenho de Ferro no município de Ibiporã, Paraná, Brasil In: XV ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA “Por una América Latina unida y sostenible”, 2015, Havana - Cuba. **Memorias do XV ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA “Por una América Latina unida y sostenible”**. Havana - Cuba: XV EGAL, 2015. v. 1. p. 1-15.
- CAMPOS, R. A.; STIPP, N. A. F. Estudos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas - Londrina - PR. In: PINESE, José P. P.; ASARI, Alice Y.; BARROS, M. V.; YAMAKI, H. (Org.). **Geografia e Meio Ambiente: Estudos Teóricos e Metodológicos**. Londrina: Edições Humanidades, 2006, v. 1, p. 3-30.
- CANALI, N. E; FIORI, C. O. **Análise morfométrica da rede de drenagem da área do Parque Marumbi, Serra do Mar – Pr.** In: III SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1.,1987,Curitiba, PR. Anais. p. 21-40
- CAPELLARI, B. **Aplicação de Geoindicadores na Bacia do Sistema Hidrográfico Arantes - São Domingos, MG.** 2011. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- CARAM, R. de O. **Mudanças no uso e ocupação do solo e resposta hidrológica da bacia do Rio Piracicaba.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- CHAVES, T. A. **Análise do custo econômico da erosão em uma Bacia Hidrográfica ocupada por agricultura - Um Estudo de Caso na Bacia do Rio Jardim - DF.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de Brasília. Brasília, DF.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

- CONTI, J. B. **A Geografia Física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical**. São Paulo: Humanitas – FFLCH/USP, 1997.
- CONWAY, T. M.; LATHROP, R. G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. **Landscape and Urban Planning**, n. 71, p. 1-15, 2005.
- COSTA, F. H. S. *et al.* Determinação da Vulnerabilidade ambiental na bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, v. 58, n. 2, p. 119-127, 2006.
- CUNHA E SILVA, D. C. da. **Proposta metodológica para elaboração de um índice espacial de sustentabilidade ambiental aplicado a bacias hidrográficas**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Sorocaba, SP.
- DERRUAU, M. **Précis de Géomorphologie**. 4. ed. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965.
- DORST, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1986.
- FERREIRA, J. **O Solo Agrícola, um recurso natural escasso**. 2015. Disponível em: <<http://www.esmeraldazul.com/pt/blog/o-solo-agricola-um-recurso-natural-escasso/>>. Acesso em 01 de março de 2017.
- FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. de M.; WADT, P. G. S.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. de A. Estoque de carbono com base no levantamento de solos do Brasil: Uma contribuição para o inventário nacional. *In*: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; URQUIAGA, S. (Orgs.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. 3 ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, Issue. 5734, vol. 309, p. 570-574, 22 jul 2005.
- FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. *In*: HAAN, C. T. (ed.). **Hydrologic modeling of small watersheds**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p. 297-380.
- FOSTER, G. R.; LANE, L. J. **User requirements: USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP)**. NSERL Report N. 1. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, W. Lafayette, IN., 1987. 43 p.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **J. Soil Water Conserv.**, v. 36, p. 355-359, 1981.

GARBOSA, R. A. **O controle litoestrutural na organização espacial da bacia do Rio Tagaçaba (Paraná):** Uma análise morfométrica da rede de drenagem. 2003. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e Conservação dos solos:** Conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

GURGEL, R. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A. de; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CÂMARA, J. F. A.; SOBRINHO, D. A.; MARTINS, É. de S.; BRAGA, A. R. dos S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 15, n. 3, p. 93-112, set./dez. 2011.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Histórico: Ibiporã-PR.** Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/parana/ibipora.pdf>>. Acesso em 25/06/2016.

KNISEL, W. G. (ed.). **CREAMS: a field-scale model for chemicals, runoff and erosion for agricultural management systems.** Washington: United States Department of Agriculture, 1980. 640p. (Conservation Research Report, 26).

KOELLNER, T.; SCHOLZ, R. W. Assessment of land use impacts on the natural environment. Part 2: Generic characterization factors for local species diversity in Central Europe. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, n. 13, v. 1, p. 32-48, 2008.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, n. 28, p. 205-241, Jan. 2003.

LEFEBVRE, H. **Espaço e política.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

LIMBERGER, L. **Variabilidade de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com a temperatura de superfície do mar (TSM) de 1976 a 2010.** 2015. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 3ª ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MACHADO, C. J. S. (Org.). **Gestão de águas Doces.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

- MANTELLI, L. R. **Sensoriamento Remoto como ferramenta para gestão de recursos hídricos; Modelagem espaço-temporal dos riscos ecológicos em Bacias Hidrográficas**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP
- MARQUES NETO, R. A Abordagem Sistêmica e os Estudos Geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 67-87, jul./dez. 2008.
- MASCARENHAS, C. F. D. **Conflito de uso do solo e hemerobia da microbacia do Ribeirão Engenho de Ferro – Município de Ibiporã, PR no período de 1980 a 2014, em conformidade com a legislação vigente**. 100 pgs. Dissertação (Mestrado em Geografia: Dinâmica Espaço Ambiental). Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2014.
- MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVIERA, I. M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. *In.*: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (eds.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M.E. Medri, 2002.
- MENDONÇA, F. O Clima Urbano de Cidade de Porte Médio e Pequeno: Aspectos Teórico- Metodológicos e Estudos de Caso. SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVANTINI, J. A. (orgs). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000.
- MESQUITA, I. C. M. **Evolução do uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego Olhos d'Água – Asa Norte - Brasília/DF (1954–2013)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade de Brasília, DF.
- MIKLÓS, A. A. de W. (Coord.). **Agricultura Biodinâmica: a dissociação entre homem e natureza – Reflexos no desenvolvimento humano**. São Paulo: Antopofósica; Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, 2001
- MORAES, I. C. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica MEUPS e WEPP: Contribuição em Bacias Hidrográficas**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, SP.
- OLIVATO, D. **Análise da participação social no contexto da gestão de riscos ambientais na bacia hidrográfica do Rio Indaiá, Ubatuba - SP - Brasil**. 2013. Tese. (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo, SP.
- PAULEIT, S.; ENNOS, R.; GOLDING, Y. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. **Landscape and Urban Planning**, n. 71, p. 295-310, 2005.
- PENTEADO, A. de F. **Mapeamento e análise geomorfológicos como subsidio para identificação e caracterização de terras inundáveis. Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - RS**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

- PEREIRA, R. C. de C. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem na Alta Bacia do Pricumã/MA**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Presidente Prudente, SP.
- PINESE, J. P. P. Síntese geológica da bacia do rio Tibagi. *In.*: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (eds.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M.E. Medri, 2002.
- PINHEIRO, L. de S. **A dinâmica erosiva na Bacia do Córrego Ibitinga - Rio Claro (SP): Uma abordagem Empírico-Dedutiva**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, SP.
- PIRES, J. R.; SANTOS, J. E. dos; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In.*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Coords.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.
- PRADO, J. P. B. de; NÓBREGA, M. T. de. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 33-42, jan./jun. 2005.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE IBIPORÃ. **História**. Disponível em: <<http://www.ibipora.pr.gov.br/conteudo/mostrar/id/228/titulo/Hist%C3%B3ria>>. Acesso em 26/06/2016.
- RAMOS, E. C. Educação ambiental: origem e perspectivas. **Educar**. Curitiba: Ed. UFPR, n. 18, p. 201-218, 2001.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; McCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: U.S. Dept. of Agriculture. Agric. Handbook n. 703, 1997.
- RIBEIRO, D. E. **Os índios e a civilização: a integração das populações indígenas no Brasil moderno**. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 1991.
- RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. **Terræ**, v. 10, 2013.
- RODRIGUES, S. C. Análise das fragilidade do relevo. Abordagem empírico-experimental. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 12, n. 23, p. 167-189, jan./jun. 2000.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Rev. do Departamento de Geografia – USP**, n. 8, p. 63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para o Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 17-30, 1992.

- RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Rev. Bras. de Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 439-444, set./dez. 1993.
- SALES, V. de C. Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 16, p. 125-141, 2004.
- SANTANA, W. S. C. **Análise-multitemporal da paisagem, potencialidades e fragilidades sob a ótica do uso e ocupação: destaque para as terras da Alta Bacia do Rio Taboco-MS**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, SP.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. 4 ed. e 4 reimpr. São Paulo: EDUSP, 2008.
- Schumm, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597-646, 1956.
- SILVA, J. de P. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da Geodiversidade na Amazônia - Aplicação e Discussão na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- SINGER, P. O uso do solo urbano na economia capitalista, 1978. In: **A produção capitalista da casa e (da cidade) no Brasil industrial**. Organizadora: Ermínia Maricato. 2. ed. São Paulo: Alfa ômega, 1982.
- SMITH, D. D. Interpretation of soil conservation data for field use. **Agr. Eng.**, v. 22 n. 5, p. 173-175, 1941.
- SOJA, E. W. **Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.
- SOUZA, I. C. de. **Aspectos da Morfometria de Drenagem e Produção de Sedimentos em Relação a Variante Chuva x Vazão de Diferentes Trechos da Bacia do Ribeirão do Gama – Distrito Federal nos anos de 2014 a 2015**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade de Brasília, DF.
- SPATTI JUNIOR, E. P. **Avaliação e comparação das taxas de erosão química e mecânica entre arenitos e argilitos: implicações na evolução geomorfológica da bacia do Rio Corumbataí (SP)**. 2015. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, SP.
- SPOSITO, M. E. B. A Urbanização da Sociedade: Reflexões para um debate sobre as novas formas espaciais. In.: DAMIANI, A. L.; CARLOS, A. F. A.; SEABRA, O. C. de L. (orgs.). **O espaço no fim do século: a nova raridade**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 2001.
- STIPP, N. A. F.; MENDONÇA, F. de A.; CAMPOS, R. A. O potencial de erosão de uma bacia hidrográfica: utilização da equação universal de perda de solos (EUPS)

como ferramenta de gestão ambiental. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, p. 29-51, 2011.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – uma Contribuição para o Estudo das Ciências Ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina v. 3 n. 1, 2010.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p.1117-1142, 1952.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia Física e Geomorfologia: Tema para Debate. **Revista da ANPEGE**, v. 5, 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 11-24, 2001.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. da. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 1-21, jan./jun. 2005.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Inf., 1993.

TORRES, F. T. P.; MARQUES NETO, R.; MENEZES, S. de O. **Introdução à Geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TORRES, E. C. **As Transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem nas microbacias dos ribeirões Santo Antônio-SP, São Francisco-PR e Três Barras-MS**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.

TRICART, J. **Principles e Methodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965.

USGS – United States Geological Survey. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Site oficial: <http://srtm.usgs.gov>. Acessado em: 15/01/2015.

VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, G. A.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M. Determinação de sequências culturais em microbacia hidrográfica para caracterização do Fator C da EUPS, utilizando fotografia aérea. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, p. 63-67, 1996. (Cd-Room).

VERVLOET, R. J. H. M. **O papel da estrutura litológicas e tectônicas na evolução da rede hidrográfica da Região Serrana do Espírito Santo: o caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

VITTE, A. C. Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem. **Bol. Par. de Geociências**, Curitiba, n. 45, p. 59-65, 1997.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of Practices for Soil and Water Conservation.** U. S. Dept. of Agriculture: Agric. Handbook n. 282, 1965.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning.** Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1978.

ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. **Agric. Eng.**, v. 21, n. 2, p.59-64, 1940.