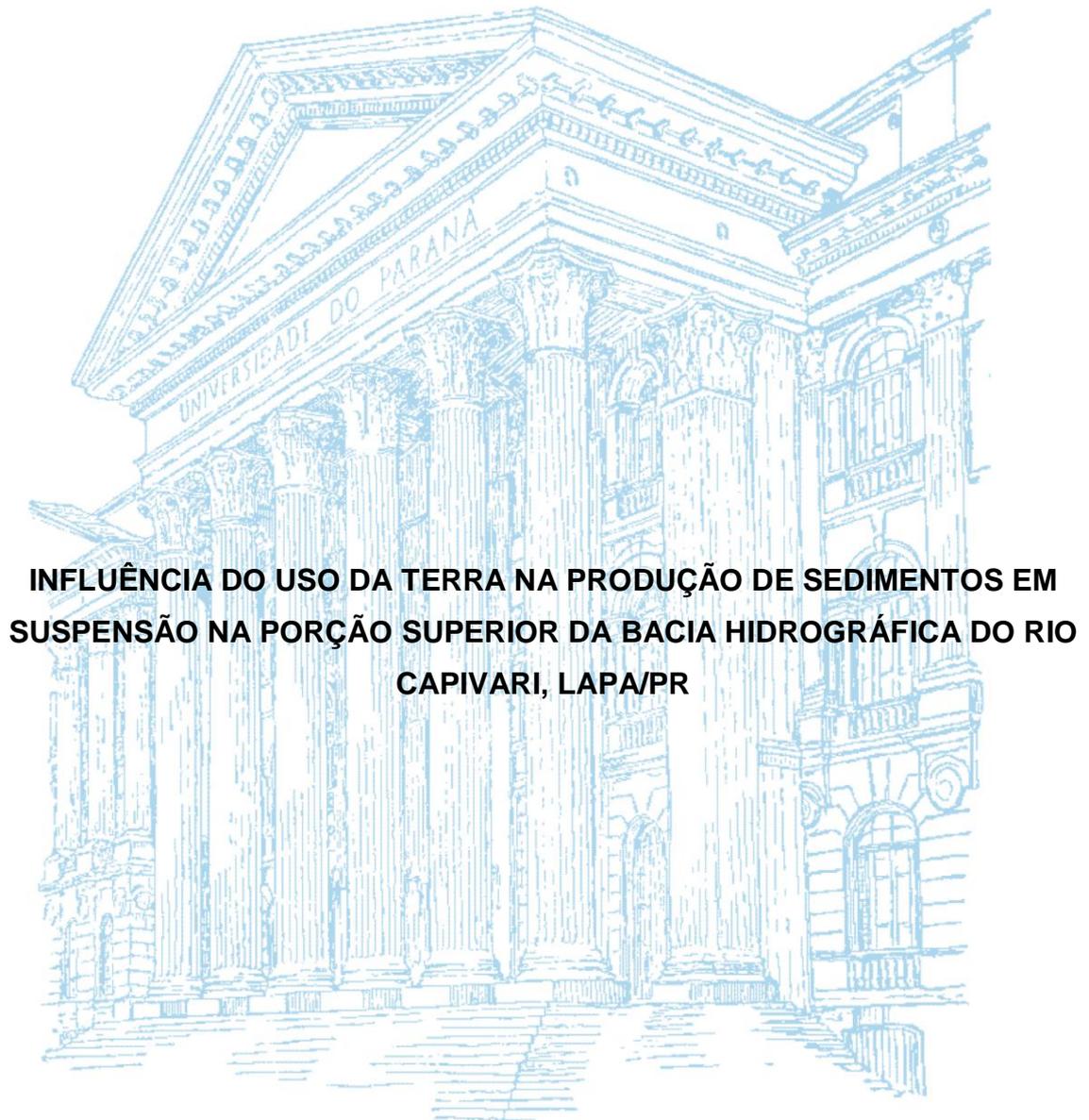


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TEREZA CRISTINA POLATO HOFFMANN



**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM
SUSPENSÃO NA PORÇÃO SUPERIOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CAPIVARI, LAPA/PR**

CURITIBA

2017

TEREZA CRISTINA POLATO HOFFMANN

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM
SUSPENSÃO NA PORÇÃO SUPERIOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CAPIVARI, LAPA/PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geografia, no Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Antonio de Oliveira

CURITIBA

2017

H711i

Hoffmann, Tereza Cristina Polato

Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, Lapa/PR / Tereza Cristina Polato Hoffmann. – Curitiba, 2017.
149 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

Orientador: Fabiano Antonio de Oliveira.

1. Uso da terra. 2. Fatores ambientais. 3. Sedimentos. I. Universidade Federal do Paraná.
II. Oliveira, Fabiano Antonio de. III. Título.

CDD: 551.483



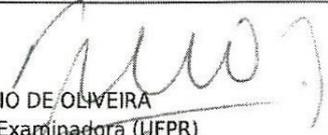
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS DA TERRA
Programa de Pós Graduação em GEOGRAFIA
Código CAPES: 40001016035P1

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM GEOGRAFIA

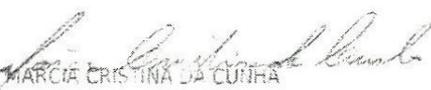
No dia vinte e quatro de Abril de dois mil e dezessete às 14:00 horas, na sala 109, Edifício João José Bigarella, Centro Politécnico - Jardim das Américas, do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instalados os trabalhos de arguição da mestranda **TEREZA CRISTINA POLATO HOFFMANN** para a Defesa Pública de sua Dissertação intitulada: "**DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA PORÇÃO SUPERIOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI, LAPA-PR.**". A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA (UFPR), EDUARDO VEDOR DE PAULA (UFPR), MARCIA CRISTINA DA CUNHA (UNICENTRO). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra a discente, para que a mesma expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. A aluna respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais e, depois, solicitou que os presentes e a mestranda deixassem a sala. A Banca Examinadora, então, reuniu-se sigilosamente e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela APROVAÇÃO da aluna. A mestranda foi convidada a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Observações: Título da dissertação deve ser alterado para:
"Influência do uso da terra na produção de sedimentos em
suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio
Capivari, Lapa PR"

Curitiba, 24 de Abril de 2017.


FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


EDUARDO VEDOR DE PAULA
Avaliador Interno (UFPR)


MARCIA CRISTINA DA CUNHA
Avaliador Externo (UNICENTRO)

Aos meus pais, José Elias e Glaci, por
todo o amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Geografia, ciência que me formou como profissional, pessoa e cidadã.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal do Paraná pelo apoio técnico e financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade.

Aos servidores do PPGEO Alexandra Gama, Luiz Zem e Adriana Cristina Oliveira, sempre dispostos a auxiliar.

Aos professores do PPGEO e do curso de Geografia por todos os ensinamentos e pela formação humana e acadêmica.

À Luciane Lemos, servidora técnica do Laboratório de Engenharia Ambiental (LABEAM), pela disponibilidade e auxílio na etapa de análise laboratorial.

Ao meu orientador Fabiano Antonio de Oliveira, pela compreensão, confiança e incentivo, por me mostrar o rumo a seguir nesta pesquisa e por me dar a autonomia necessária ao aprendizado.

A todos os amigos e amigas do PPGEO e do curso de Geografia, pelas experiências compartilhadas, principalmente à Letícia Haak pelos incentivos e contribuições a esta pesquisa.

Ao amigo Gustavo Coura e às amigas Eliege Buffon, Nathalie Aparecida, Cláudia Ribeiro, Izabella Brito, Andréa Sanches, Andréia Boing, Camila Xavier e Suzan dos Anjos, pelo carinho e amizade.

Ao Bruno Oliveira, pelo companheirismo e incentivo.

À família, principalmente às avós Nilce Polato e Zenaide Monteiro Hoffmann, por me ensinarem a levar a vida com força, fé, otimismo e delicadeza e aos avôs Juvenal Polato e Elias Hoffmann, por me ensinarem a luta e a persistência no trabalho.

À minha irmã Maria Helena Polato Hoffmann pelo amor, cumplicidade e cuidado. Ao meu irmão Amadeu Polato Hoffmann pela importância do perdão e por trazer o Pietro ao mundo, nossa luz.

A meus queridos pais Glaci Polato Hoffmann e José Elias Monteiro Hoffmann, por me ensinarem o sentido de amor, sabedoria, fé, simplicidade e respeito.

Sobretudo a Deus, que torna tudo possível.

*O saber a gente aprende com os mestres
e os livros. A sabedoria, se aprende é
com a vida e com os humildes.*

Cora Coralina

RESUMO

A presente dissertação tem como foco a dinâmica da produção de sedimentos na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, município da Lapa/PR. A bacia possui uso misto, com parte localizada em área urbana e parte em área rural, onde ocorre a prática da agropecuária. O objetivo geral da pesquisa foi analisar a dinâmica da produção e transporte de sedimentos em suspensão na área de estudo, durante o período de julho de 2015 a agosto de 2016. Dentre os objetivos específicos estão a compreensão dos fatores ambientais e o uso da terra que influenciam as fragilidades ao processo de produção de sedimentos e a correlação destes com os resultados de carga sedimentar e turbidez obtidos. Foram realizadas quinze coletas de amostra de sedimentos em suspensão no período em onze pontos distribuídos ao longo da rede hidrográfica. O processo de quantificação da concentração de sedimentos em suspensão foi realizado em laboratório e consiste na filtragem da água em uma membrana de éster de celulose de porosidade de 0,2µm, sendo que a diferença entre o peso final e o inicial desta é a quantidade de sedimentos em suspensão presente num determinado volume d'água. Simultaneamente, foram realizadas as medições dos níveis de turbidez das amostras de água. Os resultados apontaram a influência dos fatores ambientais (clima, geologia, pedologia e hidrografia) para a susceptibilidade à produção de sedimentos na área de estudo. Em relação ao uso da terra, foi identificada a importância da atividade agropecuária na bacia, bem como a importância das edificações e vias na porção urbana e das áreas de vegetação natural localizadas principalmente na porção rural e ao longo da rede hidrográfica. Os resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez obtidos evidenciaram a influência da pluviosidade no aumento das concentrações de sedimentos em suspensão. Além disso, as estradas rurais foram identificadas como importantes vias de conexão entre as vertentes e os canais fluviais, intensificando o processo de transporte de sedimentos. Os pontos de coleta localizados na porção urbana tiveram importante influência de matéria orgânica na composição da carga sedimentar identificada, em razão do lançamento de efluente doméstico na rede hidrográfica. A área de contribuição do arroio Boqueirão, afluente do rio Capivari, de uso predominantemente rural e agrícola, apresentou maior resultado de carga sedimentar em suspensão e turbidez em relação à área de contribuição direta do rio Capivari, com influência urbana e rural, porém com mais áreas de vegetação natural e ripária do que a primeira, o que evidencia a importância do uso da terra e das intervenções antrópicas nos resultados de carga sedimentar e turbidez, bem como a importância da vegetação natural para proteção aos processos erosivos. Portanto, apesar da porção urbana da área de estudo apresentar potencial de produção de sedimentos, a porção rural desta apresentou os maiores resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez, o que denota a importância de ações de planejamento de bacias hidrográficas tanto em ambientes urbanos como rurais, considerando os fatores ambientais e as características de uso da terra nestes locais.

Palavras-chave: Carga sedimentar em suspensão e turbidez. Fatores ambientais e produção de sedimentos. Produção e transporte de sedimentos em áreas rurais e urbanas.

ABSTRACT

The focus of this dissertation is the production dynamics of sediments in the upper portion of the drainage basin of the Capivari River, located in the city of Lapa, Paraná, Brazil. The use of the basin is mixed, with a portion located in an urban area and a portion located in a rural area where crop and livestock farming takes place. The overall objective of the study was to analyze the production and transport dynamics of suspended sediments in the area from July 2015 to August 2016. The specific objectives are to obtain an understanding of the environmental factors and land uses that influence weakness in the sediment production process and to correlate these factors with sediment load and turbidity results obtained. Fifteen suspended sediment samplings were performed during the study period at eleven points distributed throughout the watershed network. The suspended sediment concentration was quantified in the laboratory and consisted of water filtration through a 0.2 μm porous cellulose acetate membrane. The differences between initial weight and final weight is the amount of suspended sediment present in a given volume of water. The turbidity levels of the water samples were also measured. The results reflect the influence of environmental factors (climate, geology, pedology, and hydrography) on the susceptibility of sediment production in the study area. In terms of land use, this study identified the importance of crop and livestock farming activities in the basin, of constructions and roadways in the portion affected by the urban area, and of areas of natural vegetation located primarily in the rural portion of the watershed network. The suspended sediment load and turbidity results obtained herein reflect the influence of rainfall on increases in suspended sediment concentrations. Furthermore, the rural highways and unpaved roads were identified as important pathways between river channels and slopes and were found to intensify the process of sediment transport. The sampling points located in the urban portion of the drainage basin had an important influence on the amount of organic matter in the sediment load identified due to the release of domestic wastewater into the watershed network. The area of contribution of the Boqueirão river, a tributary of the Capivari river used for rural and agricultural activities was found to have a higher sediment load and higher turbidity than the area of direct contribution of the Capivari River, with urban and rural influence. However, the area of contribution of the Capivari River has more areas of natural and riparian vegetation than that of the Boqueirão River. These results provide important evidence of the effects of land use and human activity on sediment load and turbidity, as well as the importance of natural vegetation for providing protection from erosive processes. Therefore, though the portion of the drainage basin affected by the urban area considered in this study exhibited the potential for sediment production, the portion affected by the rural area exhibited higher suspended sediment load and turbidity. These findings reflect the importance of drainage basin planning in both urban and rural environments due to the environmental factors and types of land use in these areas.

Key-words: Turbidity and suspended sediment load. Environmental factors and sediment production. Sediment production and transport in rural and urban areas.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
FIGURA 2 –	BACIA HIDROGRÁFICA, FLUXOS E TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA, ÁGUA E SEDIMENTOS	28
FIGURA 3 –	SISTEMA FLUVIAL SUBDIVIDIDO EM TRÊS ZONAS CONFORME O PROCESSO DOMINANTE ATUANTE EM CADA ZONA.....	30
FIGURA 4 –	COMPONENTES DO CICLO HIDROLÓGICO	32
FIGURA 5 –	MUDANÇAS NO COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM DIFERENTES TIPOS DE USO DA TERRA	37
FIGURA 6 –	TAXA DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM COBERTURA FLORESTAL E ÁREA URBANIZADA.....	37
FIGURA 7 –	FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DA PESQUISA	40
FIGURA 8 –	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	44
FIGURA 9 –	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA ÁREA DE ESTUDO	48
FIGURA 10 –	ADAPTAÇÃO DO COLETOR DE AMOSTRA DE ÁGUA.....	49
FIGURA 11 –	MEMBRANAS NA ESTUFA	50
FIGURA 12 –	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FILTRAGEM DA ÁGUA PARA QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO	50
FIGURA 13 –	MEMBRANAS JÁ FILTRADAS E PRONTAS PARA SEREM INTRODUZIDAS NA ESTUFA	51
FIGURA 14 –	MEMBRANAS NO DESSECADOR DE SÍLICAR APÓS SAÍREM DA ESTUFA E SENDO PESADAS DA BALANÇA DE PRECISÃO	51
FIGURA 15 –	TURBIDÍMETRO PORTÁTIL MODELO 2100Q.	52
FIGURA 16 –	MÉDIAS HISTÓRICAS DE TEMPERATURA (1989 A 2015), LAPA/PR	55
FIGURA 17 –	MÉDIAS HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (1989 A 2015), LAPA/PR	55
FIGURA 18 –	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO DE JULHO/2015 A AGOSTO/2016	56

FIGURA 19 – GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	59
FIGURA 20 – ARENITO LAPA NO PARQUE ESTADUAL DO MONGE	60
FIGURA 21 – RELEVO DE DECLIVIDADE SUAVE ONDULADA DO PLANALTO DE PONTA GROSSA	61
FIGURA 22 – VISÃO DO AFLORAMENTO DO ARENITO LAPA PARA A PORÇÃO URBANA DA LAPA	62
FIGURA 23 – HIPSOMETRIA E PLANIALTIMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO	63
FIGURA 24 – CLASSES DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO	64
FIGURA 25 – RELEVO DE DECLIVIDADE PLANA E SUAVE ONDULADA NA ÁREA DE ESTUDO	65
FIGURA 26 – PEDOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	67
FIGURA 27 – PROCESSO EROSIVO NA MARGEM DIREITA DO RIO CAPIVARI, PRÓXIMO AOS PONTOS DE COLETA 2 E 5	69
FIGURA 28 – HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	70
FIGURA 29 – BACIA DE AMORTIZAÇÃO DE CHEIAS ASSOREADA.....	71
FIGURA 30 – USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO.....	80
FIGURA 31 – PORÇÃO URBANA DA ÁREA DE ESTUDO	81
FIGURA 32 – VIAS DE ACESSO PAVIMENTADAS E NÃO PAVIMENTADAS NA PORÇÃO URBANA DA ÁREA DE ESTUDO	81
FIGURA 33 – MATERIAL DE PREENCHIMENTO DAS VIAS QUE SERÁ TRANSPORTADO AOS CONDUTOS PARA ESCOAMENTO PLUVIAL E EM SEGUIDA AOS CANAIS FLUVIAIS	82
FIGURA 34 – SOLO EXPOSTO EM ATERRAMENTO DE TERRENO NA PORÇÃO URBANA.....	83
FIGURA 35 – ÁREAS PERMEÁVEIS ANTROPIZADAS NA PORÇÃO URBANA..	84
FIGURA 36 – CULTIVOS AGRÍCOLAS TEMPORÁRIOS NA ÁREA DE ESTUDO	84
FIGURA 37 – PASTAGEM PERMANENTE NA ÁREA DE ESTUDO.....	85
FIGURA 38 – ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL FLORESTAL E CAMPESTRE NA ÁREA DE ESTUDO	85
FIGURA 39 – ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS VIAS NÃO PAVIMENTADAS NA PORÇÃO RURAL	86
FIGURA 40 – RAIZ PIVOTANTE E RAIZ CABELEIRA	92
FIGURA 41 – PROPORÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA NAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	94

FIGURA 42 – CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NAS AMOSTRAS COLETADAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	97
FIGURA 43 – VALORES MÉDIOS DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ POR COLETA	102
FIGURA 44 – CONDUTO DE DRENAGEM DA RODOVIA ACELERANDO O TRANSPORTE DE SEDIMENTOS À REDE DE DRENAGEM E AO PONTO 8	109
FIGURA 45 – ESCOAMENTO SUPERFICIAL E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM ESTRADAS RURAIS AO ARROIO BOQUEIRÃO, A MONTANTE DO PONTO 11	109
FIGURA 46 – CORRELAÇÃO ENTRE A CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DAS COLETAS COM PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E TIPOS DE TEMPO	119
FIGURA 47 – MÉDIA DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ POR PONTO DE COLETA	121
FIGURA 48 – VEGETAÇÃO NATURAL FLORESTAL E LOCALIZAÇÃO DA NASCENTE DO CANAL FLUVIAL DO PONTO 9 – ARROIO SAMPAIO.....	123
FIGURA 49 – PLANTIO DE CULTURA TEMPORÁRIA EM DESNÍVEL DE VERTENTE LOCALIZADA ENTRE OS PONTOS 8 E 10	127

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	RELAÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS ESPACIAIS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO	42
QUADRO 2 –	RELAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS SECUNDÁRIOS	43
QUADRO 3 –	CLASSES DE USO DA TERRA IDENTIFICADAS.....	45
QUADRO 4 –	SAÍDAS A CAMPO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA	46
QUADRO 5 –	CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO ATRAVÉS DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA.	72
QUADRO 6 –	CALENDÁRIO AGRÍCOLA DA ÁREA DE ESTUDO.....	88
QUADRO 7 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 1	103
QUADRO 8 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 2.....	104
QUADRO 9 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 3.....	105
QUADRO 10 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 4.....	106
QUADRO 11 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 5.....	107
QUADRO 12 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 6.....	108
QUADRO 13 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 7	110
QUADRO 14 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 8.....	111
QUADRO 15 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 9.....	112
QUADRO 16 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 10.....	113
QUADRO 17 –	ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 11	114

QUADRO 18 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 12.....	115
QUADRO 19 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 13.....	116
QUADRO 20 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 14.....	117
QUADRO 21 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 15.....	118

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	60
TABELA 2 –	PROPORÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE NA ÁREA DE ESTUDO	62
TABELA 3 –	CLASSES DE SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	66
TABELA 4 –	CLASSES DE USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO	81
TABELA 5 –	VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ.....	100
TABELA 6 –	CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NOS PONTOS DE COLETA 7 E 11 CONFORME A SAZONALIDADE DO CALENDÁRIO AGRÍCOLA	128

LISTA DE SIGLAS

AguasParaná	– Instituto das Águas do Paraná
APA	– Área de Proteção Ambiental
CONAB	– Companhia Nacional de Abastecimento
DHS	– Departamento de Hidráulica e Saneamento
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	– Estação de tratamento de esgoto
FPA	– Frente Polar Atlântica
IAP	– Instituto Ambiental do Paraná
IAPAR	– Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IT	– Instabilidade Tropical
ITCG	– Instituto de Terras, Cartografias e Geociências
IPHAN	– Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LABEAM	– Laboratório de Engenharia Ambiental
MMA	– Ministério do Meio Ambiente
MINEROPAR	– Serviço Geológico do Paraná
MEC	– Massa Equatorial Continental
MPA	– Massa Polar Atlântica
MTA	– Massa Tropical Atlântica
MTC	– Massa Tropical Continental
NTU	– Nefelometric Turbidity Unit
PARANACIDADE	– Serviço Social Autônomo
SIMEPAR	– Sistema Meteorológico do Paraná
SNSA	– Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
USDA	– Natural Resources Conservation Service
UTM	– Universal Transverso de Mercator
VCAN	– Vórtices Ciclônicos em altos níveis
ZCAS	– Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	PROBLEMÁTICA DA PESQUISA	21
1.2	HIPÓTESE.....	23
1.3	JUSTIFICATIVA.....	23
1.4	OBJETIVOS.....	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	26
2.1	ABORDAGEM SISTÊMICA E GEOMORFOLOGIA.....	26
2.2	BACIAS HIDROGRÁFICAS E SISTEMAS FLUVIAIS	27
2.3	CICLO HIDROLÓGICO E CICLO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO	31
2.3.1	Ciclo hidrológico	31
2.3.2	Ciclo hidrossedimentológico	33
2.4	USO DA TERRA E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	36
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS	40
3.1	METODOLOGIA	40
3.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	41
3.2.1	Caracterização dos fatores ambientais da área de estudo	41
3.2.2	Caracterização do uso da terra e práticas agrícolas na área de estudo.....	44
3.2.3	Quantificação da concentração de sedimentos em suspensão e turbidez ...	46
4	FATORES AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO	53
4.1	CLIMA.....	53
4.2	GEOLOGIA.....	57
4.3	GEOMORFOLOGIA	61
4.4	PEDOLOGIA.....	65
4.5	HIDROGRAFIA.....	69
5	USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO	79
5.1	USO DA TERRA.....	79
5.2	CALENDÁRIO AGRÍCOLA	87
5.3	USO DA TERRA E SAZONALIDADE DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	93
6	PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA PORÇÃO SUPERIOR DA BACIA DO RIO CAPIVARI	97

6.1	CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DAS AMOSTRAS	97
6.2	ANÁLISES DAS COLETAS DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO	102
6.3	CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO, FATORES AMBIENTAIS E USO DA TERRA.....	119
6.3.1	Relação da carga sedimentar em suspensão com a pluviosidade e sistemas atmosféricos atuantes.....	119
6.3.2	Relação da carga sedimentar em suspensão com o uso da terra e fatores ambientais	121
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
	REFERÊNCIAS.....	137
	APÊNDICE 1 - CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NAS AMOSTRAS COLETADAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	146

1 INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do território brasileiro e de desenvolvimento socioeconômico, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais e agrícolas, gerou impactos de diferentes ordens (social, cultural, econômico e ambiental), principalmente no meio natural. Dessa maneira, a ocupação desordenada do território levou à degradação ambiental e sendo as bacias hidrográficas o palco onde ocorrem as relações humanas, estas são frequentemente impactadas.

As bacias hidrográficas se caracterizam por serem sistemas abertos, onde há constante troca de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1999). Esta troca se dá em função dos processos que ocorrem na bacia de drenagem e que estão interligados entre si. Alguns destes processos são a produção, o transporte e a deposição de sedimentos, os quais se configuram como processos naturais de toda bacia de drenagem e podem sofrer interferências e serem acelerados em razão da ação antrópica (OLIVEIRA, 2007).

A erosão das encostas na bacia hidrográfica é um processo natural decorrente da entrada de energia e matéria principalmente através da água da chuva. Para Guerra (2011), o processo erosivo envolve duas etapas, a remoção de material e o transporte deste na superfície. Segundo o mesmo autor, dependendo do uso da terra na bacia este processo pode ocorrer de forma acelerada, em especial devido à retirada da cobertura vegetal.

Desta maneira, os processos erosivos de remoção e transporte de carga detrítica que ocorrem nas vertentes têm relação direta com o canal fluvial. Para Christofolletti (1980), os rios se configuram como os agentes mais importantes no transporte de materiais removidos das partes mais elevadas para as partes mais baixas do relevo. Portanto, segundo o autor, todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios.

Em áreas urbanas o processo de produção e transporte de sedimentos pode ser acelerado devido à ausência de cobertura vegetal e, segundo Tucci e Collischonn (2000), às construções, limpeza e terraplanagem de terrenos para loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, dentre outras causas. Além disso, a ocupação desordenada das margens dos rios em grande parte das cidades brasileiras contribui para a degradação dessas áreas, o que aumenta a carga sólida sedimentar nos cursos hídricos.

Em áreas rurais este processo também pode ocorrer de forma acelerada devido à substituição de vegetação nativa por áreas cultivadas, bem como às práticas de manejo agrícola utilizadas. Para Tucci e Collischonn (2000), algumas práticas de cultivo dos solos deixam estes periodicamente expostos, aumentando assim a produção de sedimentos, além disso, as camadas superficiais destes têm sua estrutura constantemente alterada, tornando-a menos resistente aos processos erosivos.

Portanto, o estudo da dinâmica da produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica fornece informações sobre o estado de equilíbrio das formas e processos ocorridos nesta bacia, bem como respalda a adoção de medidas de planejamento e ordenamento territorial. A análise dos sedimentos em suspensão se constitui como essencial, uma vez que este tipo de sedimento representa uma parcela significativa da denudação continental (CHRISTOFOLETTI, 1980), se caracterizando assim como um importante parâmetro para a análise de bacias hidrográficas, em diferentes níveis de análise.

Este trabalho tem como foco a análise da influência do uso da terra na produção e transporte de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, localizada no município da Lapa, estado do Paraná (FIGURA 1). O rio Capivari se configura como um dos rios mais importantes do município da Lapa. Possui a extensão de 22,18 km e é afluente direto do rio Iguaçu, sua bacia de drenagem possui a área de 15.151 ha. A área de estudo, ou seja, a porção superior da bacia do rio Capivari, possui uma área de 3.774,91 ha, com comprimento do canal principal de 7,49 km.

O uso desta porção da bacia é misto, uma vez que 36,5% está localizada em área urbana e 63,5% em área rural. Suas principais nascentes estão situadas na área urbana do município, a qual por sua vez está localizada na cabeceira da bacia do rio Capivari, o que confere ao rio um estado de degradação devido à ausência de cobertura vegetal e ao lançamento direto de efluentes domésticos. Na área rural, o uso é predominantemente agrícola e se observa em muitos locais a ausência da vegetação ripária, a qual tem a função de proteção do curso hídrico.

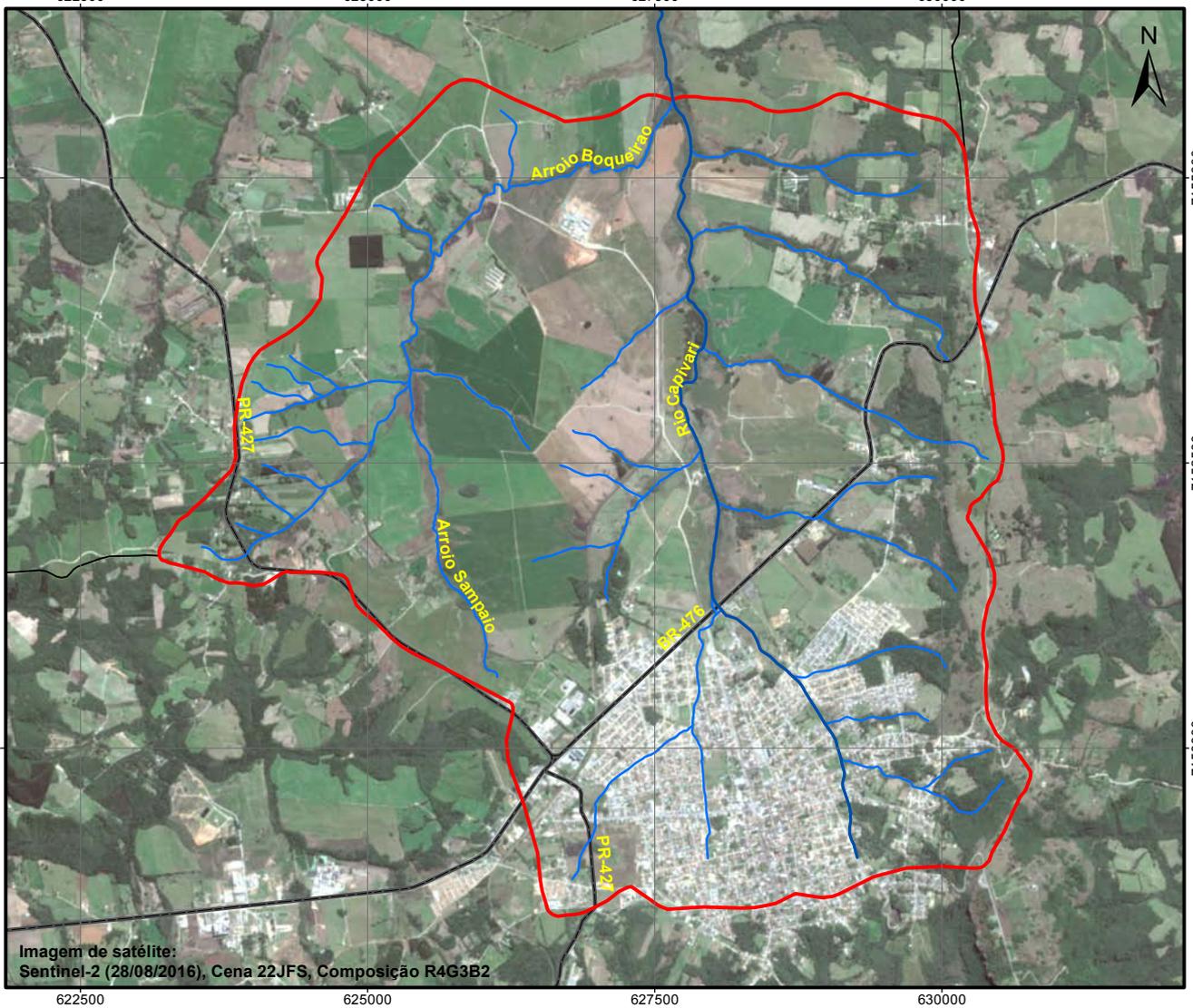
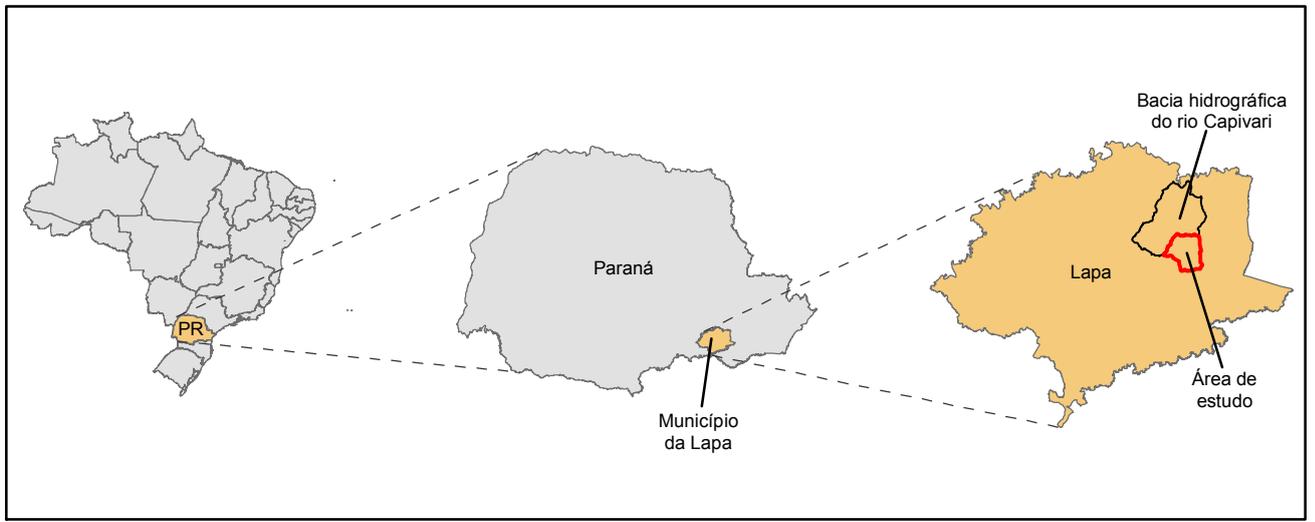


Figura 1:

Localização da área de estudo



Legenda:

- Rio Capivari
- Afluentes do rio Capivari
- Rodovias
- Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari
- Bacia hidrográfica do rio Capivari

Escala:



Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data:
Abril/2017

Fonte:
A autora (2017)

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
AGUASPARANÁ (2011), ITCG (2015) e IBGE (2007)

1.1 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

Diversos são os estudos que comprovam o uso da terra como um fator acelerador de processos erosivos e conseqüentemente do aumento na produção de sedimentos em bacias hidrográficas (ANTONELLI, 2011; CATEN, MINELLA e MADRUGA, 2012; MACHADO, 2002; OLIVEIRA, 2007; PRADO, 2005; ROFFE, 2012). Dessa maneira, analisar a dinâmica da produção, transporte e deposição de sedimentos em bacias hidrográficas requer a análise também dos fatores ambientais que condicionam estes processos.

Para Drew (2002), os fatores ambientais, como clima, relevo, solos e água são alterados de acordo com fatores humanos como demografia, economia e cultura, através do emprego da tecnologia. Segundo o mesmo autor, tal interação demanda decisões sobre o uso da terra, e conseqüentemente causa modificações neste uso, o que por sua vez, acarreta alterações nos fatores ambientais, ou seja, no sistema natural do planeta.

O fluxo e o transporte de sedimentos num canal fluvial são resultados do estado de equilíbrio do sistema fluvial como um todo (CHRISTOFOLETTI, 1977), portanto da bacia hidrográfica. Dessa forma, o uso da terra tem influência direta na dinâmica da produção e transporte de sedimentos numa bacia hidrográfica, de maneira que a produção de sedimentos pode ser acelerada tanto no uso urbano como na área rural.

Para Christofolletti (1977), os processos ligados à sedimentação fluvial estão relacionados à remoção de detritos das vertentes, muitas vezes acelerados devido a práticas agrícolas de uso da terra no meio rural, construções e edificações no meio urbano, de transporte e da utilização dos cursos d'água. Dessa forma, para o mesmo autor, problemas ligados à sedimentação exigem ações na rede de canais de escoamento e no fluxo das águas sobre as vertentes.

Para Tucci (2008), no meio urbano, alguns fatores aceleram a remoção de material detrítico, como a retirada da proteção vegetal natural da bacia hidrográfica, deixando assim o solo desprotegido e aumentando os processos erosivos na ocorrência de chuvas. Para o mesmo autor, outros fatores são a implantação de novos loteamentos e construções, onde ocorre significativa movimentação de terra, e a existência de ruas sem pavimentação asfáltica.

Além disso, devido à alta impermeabilização do solo nas cidades, os ciclos hidrológico e hidrossedimentológico são alterados, uma vez que a infiltração da água é reduzida e o escoamento superficial ampliado, intensificando assim o transporte de material detrítico presentes na superfície. Estes materiais podem ser sedimentos provenientes da construção da infraestrutura urbana e das áreas não impermeabilizadas, bem como resíduos sólidos urbanos, os quais terão como destino os canais de drenagem, contribuindo para a deterioração destes, identificada na maioria dos cursos hídricos urbanos brasileiros.

No meio rural os ciclos hidrológico e hidrossedimentológico também podem ser alterados em razão das atividades antrópicas nestas áreas, resultando na aceleração dos processos erosivos e de produção de sedimentos. Assim, atividades que ocorrem neste meio, como agricultura, pecuária, mineração, dentre outras, têm importante contribuição na aceleração da produção de sedimentos. Além disso, as estradas rurais se configuram como importantes fontes de sedimentos (MINELLA et al., 2007; THOMAZ, ANTONELLI e DIAS, 2011), uma vez que a maior parte delas não são pavimentadas e são implantadas de maneira inadequada.

D'Haen, Verstraeten e Degryse (2012) colocam que mudanças no uso da terra devido à retirada de cobertura vegetal e desenvolvimento da agricultura torna o solo mais vulnerável à erosão, sendo que o material erodido consiste, principalmente, de material fino, portanto de material que é transportado em suspensão no canal de drenagem. Segundo Christofolletti (1977), o transporte de carga em suspensão de um canal fluvial é controlado pelo volume de sedimentos que é fornecido a este canal.

Assim, o principal questionamento que levou à realização desta pesquisa é a necessidade de análise de como se dá a dinâmica da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Capivari. Esta pergunta leva à necessidade da indagação se os fatores ambientais, como clima, geologia, geomorfologia e solos nesta bacia contribuem para a aceleração do processo de produção, retirada e transporte de sedimentos das vertentes para os canais fluviais. Uma vez que a bacia possui uso misto, tanto rural como urbano, há a necessidade também de se analisar em qual destes usos há maior produção de sedimentos.

1.2 HIPÓTESE

Partindo do que foi levantado como questionamento inicial da pesquisa e de acordo com os pressupostos prescritos na literatura sobre o tema, pode-se elaborar a hipótese de que intervenções antrópicas de caráter urbano e rural existentes na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, representadas pelo uso da terra, influenciam de modo distinto a quantidade e concentração de sedimentos em suspensão no canal fluvial, uma vez que os diferentes usos da terra podem acelerar os processos de remoção e transporte de partículas das vertentes.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para um completo entendimento do relevo e sua dinâmica deve-se compreender o funcionamento e a inter-relação entre este e os componentes naturais, como a água, solo, subsolo, clima e cobertura vegetal (ROSS, 1992). Para este autor, desta compreensão depende um efetivo planejamento físico-territorial, o qual deve levar em consideração as potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais.

Considerando que a bacia hidrográfica é o território onde se desenvolvem as atividades humanas, de maneira que tanto em áreas urbanas, agrícolas, industriais ou de preservação estão localizadas numa determinada bacia hidrográfica, pode-se dizer que a saída do fluxo de água pelo exutório representa todos os processos que fazem parte deste sistema (PORTO e PORTO, 2008). Dessa forma, para estes autores, o que ocorre no exutório é produto do uso e ocupação do território na bacia hidrográfica como um todo.

Ross (2012) coloca que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum tipo de impacto em diferentes graus de alteração que muitas vezes pode levar a processos até irreversíveis. Portanto, para um efetivo planejamento e ordenamento territorial faz-se necessário a compreensão dos fatores ambientais que influenciam os processos ocorridos nas bacias hidrográficas, a fim de minimizar os impactos decorrentes das intervenções antrópicas nas bacias.

Na bacia hidrográfica do rio Capivari, no município da Lapa, as intervenções antrópicas ocorrem de forma intensiva, uma vez que a maior parte da área urbana do município está localizada nesta bacia hidrográfica. Sendo assim, nesta área há

intensa degradação do sistema fluvial em razão da impermeabilização do solo, da retirada de cobertura vegetal e do despejo direto de efluentes domésticos sem o devido tratamento. Por outro lado, na área rural também há impactos em virtude das práticas de manejo agrícolas existentes e o conseqüente processo erosivo e remoção de detritos das vertentes.

Dessa maneira, em função da grande representatividade da atividade agropecuária na área de estudo, é importante analisar as especificidades deste tipo de uso da terra e a influência na produção de sedimentos na bacia, uma vez que ela não ocorre de forma homogênea ao longo do ano, mas de forma sazonal em razão das condições de temperatura e pluviosidade. Portanto, a análise do calendário agrícola, ou seja, da sazonalidade dos diferentes tipos de cultura praticados na área de estudo é fundamental para o entendimento desse meio e da relação com as fragilidades à produção de sedimentos.

Além disso, a revisão do Plano Diretor do município (LAPA, 2013) propõe um novo zoneamento para este, onde parte da porção superior bacia hidrográfica do rio Capivari se encontrará em Zona de Expansão Urbana e em Zona Industrial¹. Dessa forma, é impreterível um ordenamento deste território, com o objetivo de minimizar os impactos dessas intervenções na área de estudo, o que pode ser realizado somente através da compreensão dos fatores ambientais presentes na área.

Desse modo, considerando a escassez de pesquisas e disponibilidade de dados na bacia hidrográfica do rio Capivari, esta pesquisa poderá contribuir com dados e análises que podem auxiliar os gestores municipais no ordenamento do território e conseqüentemente a melhoria da qualidade ambiental e da qualidade de vida da população.

¹ O Plano Diretor do município da Lapa foi aprovado em 2003 e aplicado em 2004 (LAPA, 2003). Em 2009 houve uma alteração na delimitação do perímetro urbano do município (LAPA, 2009) e em 2013 houve a revisão do Plano Diretor com a proposta de uma nova delimitação do perímetro urbano e zoneamento do município (LAPA, 2013), porém o mesmo ainda não foi aprovado na Câmara Municipal.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a dinâmica da produção e do transporte de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari situada no município da Lapa/PR, durante o período de julho de 2015 a agosto de 2016.

Como objetivos específicos, esta pesquisa se propôs a:

- Compreender os aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos da área de estudo e relacionar estes atributos com a fragilidade à produção de sedimentos.
- Analisar o uso da terra na área de estudo no período de julho de 2015 a agosto de 2016 e relacionar com as práticas agrícolas da região através do calendário agrícola e as principais implicações destes atributos quanto à susceptibilidade à erosão na bacia hidrográfica.
- Relacionar a carga sedimentar em suspensão e o nível de turbidez do canal fluvial em pontos específicos da rede hidrográfica na área de estudo com os fatores ambientais e o uso da terra na bacia, identificando assim o potencial de produção de sedimentos da porção urbana e da porção rural desta.
- Contribuir com a formação de base de dados primários para utilização pelos gestores para o planejamento e ordenamento da bacia hidrográfica, uma vez que a área de estudo se encontra em área de possível expansão urbana, e conseqüentemente sofrerá os impactos desta expansão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

2.1 ABORDAGEM SISTÊMICA E GEOMORFOLOGIA

Esta pesquisa tem como pressuposto teórico-metodológico a abordagem sistêmica, a qual proporciona uma visão holística do meio, em detrimento à visão restrita e parcial deste. Dessa maneira, a problemática da dinâmica da produção de sedimentos na bacia hidrográfica foi considerada de maneira sistêmica, onde os fatores ambientais e as alterações no uso da terra ocasionados pelas intervenções antrópicas no meio estão articulados e influenciam nos processos hidrossedimentológicos ocorridos nestas áreas.

Segundo Marques Neto (2008), após a Revolução Industrial houve uma intensa exploração e degradação dos sistemas ambientais físicos, o que levou à intensificação dos impactos ambientais causados pela relação homem/natureza. O autor aponta que a diversidade de problemas ambientais levou ao questionamento das bases filosóficas até então utilizadas e fez com que houvesse a necessidade de incorporação de uma visão integrada dos fenômenos em detrimento de uma visão separativa e reducionista, o que resultou na incorporação da Teoria Geral dos Sistemas no referencial teórico-metodológico de diversos ramos do conhecimento.

A Teoria Geral dos Sistemas foi elaborada por Ludwig von Bertalanffy e apresentada em 1937 no âmbito da Biologia, com o objetivo de contrapor a maneira mecanicista de analisar o organismo vivo em partes e processos parciais que até então era empregado e passar a considerar o organismo um sistema integrado e organizado (BERTALANFFY, 2008). Para o autor, os sistemas são conjuntos de elementos em interação, e o modelo de sistemas pode ser usado nos mais diversos campos científicos.

Para Christofletti (1999), a palavra “sistema” representa um conjunto de elementos que se encontram organizados e possuem uma interação entre si. De acordo com Nunes et al. (2006, p. 126), a abordagem sistêmica trabalha com a “ideia de sistemas complexos, a partir das trocas de energia e matéria, abandona a visão fragmentada, centrada no ‘elemento’ e absorve a ideia de interatividade e conjunção”. Segundo Schumm (2003), um sistema é simplesmente um arranjo significativo de coisas.

Os sistemas podem ser abertos ou fechados, sendo que os sistemas fechados se caracterizam por estarem isolados do seu ambiente, e os sistemas abertos por estarem em constante interação com o ambiente através do contínuo fluxo de matéria e energia (BERTALANFFY, 2008). Para tal autor, o conceito de sistemas abertos tem aplicação, além de outros campos, nas ciências da terra, na geomorfologia e na meteorologia.

Para Chorley (1962) e Christofolletti (1999), nos sistemas fechados há troca de energia através de recebimento e perda, porém não há troca de matéria. Em contrapartida, para estes autores, nos sistemas abertos há constante troca de energia e matéria, através tanto de perda como de ganho. Um exemplo de sistema fechado é o ciclo hidrológico, onde há troca de energia através das mudanças de estado físico, mas não de matéria, uma vez que o volume d'água existente no planeta é constante (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo o mesmo autor, dentre os sistemas abertos, os exemplos são de bacias hidrográficas, vertente, organismo humano, cidade, dentre outros.

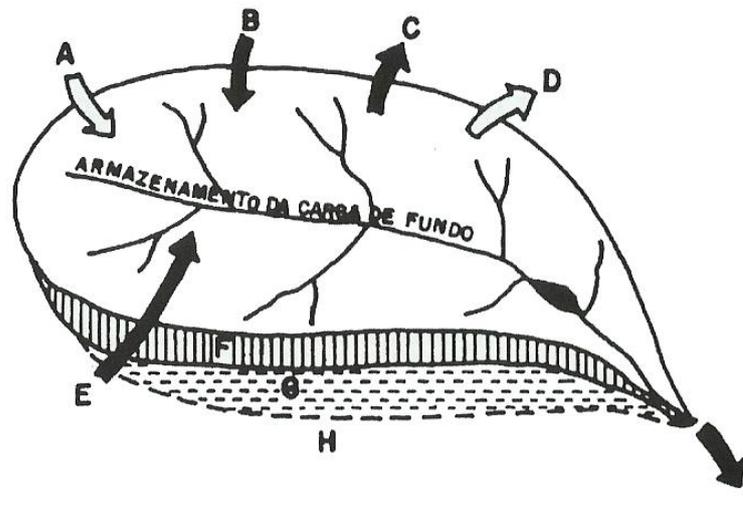
Para Gregory (1985), a abordagem sistêmica foi utilizada como fundamento para estudos de bacias hidrográficas e canais fluviais, além de outros ramos da Geomorfologia. Oliveira (2008) coloca que a produção, transporte e deposição de sedimentos analisada sob a ótica da Geomorfologia é pertinente e oportuna, uma vez que permite a consideração da interação e da dinâmica existentes entre os diversos componentes do ambiente físico que têm relação com a natureza hidrossedimentológica. Para este autor, a adoção da abordagem geomorfológica para o estudo da produção de sedimentos permite obter uma visão sistêmica, o que possibilita o estudo do meio físico com uma perspectiva dinâmica.

2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS E SISTEMAS FLUVIAIS

Segundo Coelho Netto (2013), bacias hidrográficas ou bacias de drenagem são porções da superfície terrestre que drenam água, sedimentos e materiais solúveis para uma saída em comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Para a mesma autora, a bacia de drenagem é delimitada pelo divisor de drenagem e pode se desenvolver em diversos tamanhos, que variam de áreas com poucos metros quadrados a bacias de quilômetros quadrados.

As bacias hidrográficas são definidas por Christofolletti (1981) como a área de drenagem de um determinado rio ou por um sistema fluvial. Para Charlton (2008), cada rio drena uma determinada área, a qual é denominada de bacia de drenagem, essa por sua vez supre o canal fluvial com água e sedimentos através das suas vertentes (FIGURA 2).

FIGURA 2 – BACIA HIDROGRÁFICA, FLUXOS E TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA, ÁGUA E SEDIMENTOS



FONTE: CUNHA e GUERRA (2012, p. 354).

LEGENDA: (A) energia radiante, (B) precipitação, (C) evapotranspiração, (D) energia latente, (E) material intemperizado, (F) armazenamento de umidade do solo, (G) armazenamento de água subterrânea, (H) material fonte, (I) descarga, transporte de sedimentos em suspensão, dissolvido e de fundo.

As bacias de drenagem se articulam por meio dos seus divisores topográficos e drenam em direção a um canal, constituindo-se num sistema de drenagem hierarquicamente organizado (COELHO NETTO, 2013). Chorley (1962) indicou que há uma analogia direta entre os sistemas abertos clássicos e as bacias de drenagem, uma vez que estas recebem energia e matéria através das condições climáticas atuantes sobre a área e das forças tectônicas subjacentes, e perdem energia e matéria por meio da água, sedimentos e materiais solúveis que escoam para o exterior pelo seu exutório.

Segundo Christofolletti (1999), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema aberto, no qual há constante troca de matéria e energia, ora recebendo ora perdendo. Para Silveira (2012) na bacia hidrográfica há a entrada de volume de água precipitado e saída por meio do escoamento ao exutório, além das perdas intermediárias através da evaporação, transpiração e infiltração profunda de água.

Um sistema aberto possui a propriedade de estado de equilíbrio, onde a importação e exportação de matéria e energia são equilibradas por meio de um ajuste na forma e geometria do próprio sistema (CHORLEY, 1962). Assim, para o mesmo autor, alterações no fornecimento de matéria e energia geram uma auto-regulação do sistema, a fim de acomodar estas alterações e voltar ao estado de equilíbrio inicial.

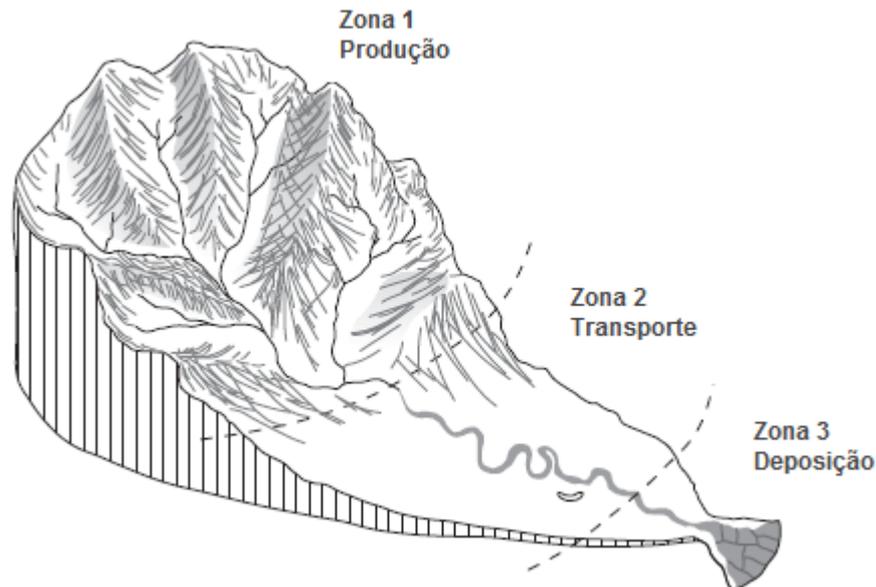
Nas bacias hidrográficas, alterações no suprimento de matéria e energia ao sistema resultam num auto-ajuste nas formas e processos existentes no seu interior, de modo a atingir o equilíbrio do sistema (COELHO NETTO, 2013). Para a mesma autora, alterações ocorridas em determinadas porções desta bacia hidrográfica poderão afetar outras áreas a jusante destas, o que requer atenção quanto ao planejamento de ações antrópicas na bacia.

Charlton (2008) também indica que a bacia hidrográfica é a unidade básica do sistema fluvial, e se caracteriza por ser um sistema aberto. As principais entradas no sistema fluvial são de água e sedimentos derivados do intemperismo das rochas subjacentes e de energia proveniente da atmosfera. Já as saídas do sistema fluvial consistem principalmente na água e sedimentos que são transportados para um sistema fluvial ou descarregados no oceano (CHARLTON, 2008).

O sistema fluvial, portanto, consiste não somente no canal fluvial, mas na relação entre este e a área de produção de sedimentos, a rede de transporte dos sedimentos e os locais de deposição (SCHUMM, 2003). Em outras palavras, os sedimentos são derivados de uma área de origem e são transportados para um local de deposição. Dessa forma, segundo o mesmo autor, para um completo entendimento da dinâmica de um canal fluvial, faz-se necessário a compreensão do sistema fluvial como um todo.

Schumm (2003) e Charlton (2008) colocam que, com a finalidade de idealização e compartimentação do sistema fluvial, foi realizada a setorização deste em três zonas, sendo a Zona 1, 2 e 3 (FIGURA 3). A zona mais a montante é a Zona 1, a qual se refere à área de origem da água e sedimentos da bacia hidrográfica, portanto é a área de produção de sedimentos. A Zona 2 se refere à área de transporte de sedimentos, onde num sistema estável, a entrada de sedimentos é igual à saída. Já a Zona 3 é a área de deposição de sedimentos.

FIGURA 3 – SISTEMA FLUVIAL SUBDIVIDIDO EM TRÊS ZONAS CONFORME O PROCESSO DOMINANTE ATUANTE EM CADA ZONA



FONTE: Adaptado de CHARLTON (2008, p. 12).

No entanto, os próprios autores colocam que esta subdivisão é simplificada, uma vez que sedimentos são erodidos, transportados e depositados em todas as zonas. Dessa forma, para Schumm (2003) e Charlton (2008) em cada zona um processo é usualmente dominante, sendo o processo de erosão dominante na Zona 1, o processo de transporte dominante na Zona 2 e o processo de deposição dominante na Zona 3.

Christofolletti (1977; 1981), aponta que os processos atuantes na bacia hidrográfica e o estado de equilíbrio do sistema fluvial influenciam no fluxo e transporte de sedimentos. Para o mesmo autor, os processos envolvidos na sedimentação fluvial incluem a remoção, o transporte e a deposição de partículas do material detrítico, os quais por sua vez envolvem toda a dinâmica da bacia hidrográfica, não somente o canal fluvial em si.

Para Almeida, Souza e Corrêa (2016), além do conhecimento dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos num sistema fluvial é importante considerar os fatores condicionantes/controladores de suprimento de água e sedimentos ao sistema. Para Schumm (2003), estes fatores são a geologia, o clima e o uso da terra no sistema fluvial.

Para Christofolletti (1981), na bacia hidrográfica ocorrem fatores hidrológicos que interferem no estado de equilíbrio do sistema fluvial. Segundo o mesmo autor, dentre os fatores hidrológicos mais importantes estão a quantidade e distribuição de

precipitação pluviométrica que entra na bacia, a estrutura geológica, as características topográficas e a cobertura vegetal existente, os quais em conjunto influenciam na formação do material intemperizado e no carregamento destes até os cursos hídricos.

2.3 CICLO HIDROLÓGICO E CICLO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

A água se configura como o principal agente modelador e modificador da paisagem, de maneira que sua entrada no sistema terrestre através da precipitação desencadeia uma série de processos e possíveis trajetórias, os quais dependem tanto das características das precipitações em si como dos fatores e condições dos locais por onde ela irá circular (BOTELHO, 2011).

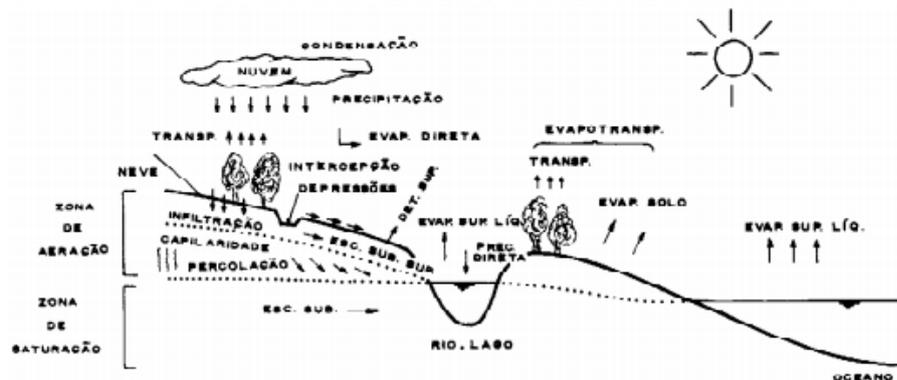
Estes fatores determinarão a maneira como a água irá circular na bacia hidrográfica, de modo que, segundo Bordas e Semmelmann (2012), os obstáculos que esta encontra controlam sua trajetória e a velocidade, podendo carregar consigo partículas sólidas removidas e transportadas pelas vertentes ou pelo sistema fluvial. Dessa maneira, o ciclo hidrológico e o ciclo hidrossedimentológico estão vinculados de forma que alterações ocorridas em um podem afetar o outro e vice-versa.

2.3.1 Ciclo hidrológico

Segundo Silveira (2012, p. 35), “o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”. Para Brutsaert (2005), o ciclo da água se refere ao caminho da água na natureza, como ela se movimenta em suas diferentes fases através da atmosfera, para baixo ao longo e através da terra, para o oceano e de volta para a atmosfera.

Para Silveira (2012), o ciclo hidrológico é um sistema fechado em nível global, porém no nível local, em áreas menores de drenagem, pode ser considerado um sistema aberto. Segundo Chow, Maidment e Mays (1988), o ciclo não possui começo nem fim, de maneira que os diversos processos ocorrem continuamente. Na FIGURA 4 está representado um esquema do ciclo hidrológico com todos os processos envolvidos no percurso da água numa paisagem.

FIGURA 4 – COMPONENTES DO CICLO HIDROLÓGICO



FONTE: SILVEIRA (2012, p. 38).

A precipitação em forma de chuva ocorre quando gotículas de água formadas por condensação atingem determinada dimensão (PINTO, 1976). Segundo o mesmo autor, se nesta queda a água atravessar zonas com temperatura abaixo de zero, pode haver formação de partículas de gelo, ocorrendo o granizo, porém se ocorrer temperaturas abaixo do ponto de congelamento, haverá formação de neve. Para Silveira (2012), no trajeto em direção à superfície terrestre parte da precipitação já pode sofrer evaporação.

Quando a precipitação atinge a superfície terrestre e há cobertura vegetal, parte do volume precipitado é interceptado pelas folhas e caules, podendo sofrer evaporação ou reprecipitação para o solo (SILVEIRA, 2012). A água que atinge o solo pode seguir vários caminhos, de maneira que os fatores ambientais influenciarão diretamente nestes processos. Para Pinto (1976), parte dessa água se infiltra, parte é escoada pela superfície e parte se evapora.

A infiltração é o processo de penetração de água no solo, de maneira que quando a quantidade de precipitação excede a capacidade de infiltração e ocorre a saturação deste solo, o processo de escoamento superficial passa a prevalecer (PINTO, 1976; SILVEIRA, 2012). Segundo Silveira (2012), a umidade do solo realimentada pela infiltração é aproveitada pelos vegetais ali existentes, voltando à atmosfera em forma de vapor d'água através da transpiração, e o que os vegetais não aproveitam infiltra para o lençol freático e contribui para o escoamento de base dos rios.

O escoamento superficial da água é impulsionado pela gravidade para as áreas mais baixas do relevo e o processo de erosão de partículas do solo forma pequenos filetes de água, os quais formarão uma microrrede de drenagem efêmeras

que converge para rede de cursos d'água mais estáveis, os canais fluviais (SILVEIRA, 2012).

Os processos de infiltração e escoamento superficial e subsuperficial da água no solo influenciam significativamente o ciclo hidrossedimentológico, de maneira que quanto maior for a capacidade de infiltração da água no solo e menor for o escoamento superficial, menor será o processo de remoção de detritos da superfície. Do contrário, caso haja uma baixa capacidade de infiltração da água no solo, o escoamento superficial da água acarretará na maior remoção de partículas de solo e transporte destas partículas pelas vertentes até a rede de drenagem.

2.3.2 Ciclo hidrossedimentológico

Segundo Bordas e Semmelmann (2012), o ciclo hidrossedimentológico envolve o deslocamento, o transporte e a deposição de partículas sólidas presentes numa determinada bacia hidrográfica. Para os mesmos autores, é um ciclo aberto e depende totalmente do ciclo hidrológico, porém ao contrário deste, os sedimentos não terão como voltar ao meio de onde foram removidos.

Para Oliveira (2008), a produção, transporte e deposição de sedimentos resultam da ação contínua de forças endógenas e exógenas no processo de modelagem da superfície terrestre e são medidos por fluxos de matéria e energia. São processos naturais decorrentes da interação de diversos componentes do meio físico, mas que podem ser acelerados em consequência de ações antrópicas, aumentando a produção de sedimentos em uma bacia (OLIVEIRA, 2008; VANZELA et al., 2012).

Da mesma forma que no ciclo hidrológico existem processos que o compõem (interceptação, infiltração, escoamento superficial, dentre outros), no ciclo hidrossedimentológico também é possível identificar os processos que conduzem o deslocamento de partículas sólidas (BORDAS e SEMMELMANN, 2012). Para os autores, estes processos são desagregação, erosão, transporte, decantação (ou sedimentação), deposição e consolidação.

O primeiro processo, a desagregação se refere ao desprendimento de partículas sólidas do meio do qual fazem parte, o que resulta numa massa de partículas sólidas exposta à ação do escoamento superficial da água da chuva, constituindo-se, portanto, num estoque de material susceptível de ser movimentado

(BORDAS e SEMMELMANN, 2012). Ainda segundo estes autores, o impacto das gotas da chuva e a ação antrópica são os fatores que mais contribuem para essa desagregação.

O processo da erosão se refere ao deslocamento do local de origem das partículas sólidas da superfície do solo ou das paredes dos canais fluviais, sob efeito do escoamento (BORDAS e SEMMELMANN, 2012). Para Arroio Junior (2013), a erosão hídrica consiste no transporte de partículas de solo pela água por meio de arrastamento, sendo que as formas mais importantes de erosão consistem na erosão através da chuva (erosão pluvial) e na erosão das encostas dos rios (erosão fluvial).

A erosão é um processo natural que ocorre através do desgaste da superfície da terra pela água, gelo, ou outros agentes naturais, mas que pode ser acelerada pela ação antrópica, sendo chamada de erosão acelerada ou induzida (SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2007). Segundo os mesmos autores, a erosão hídrica pode ser classificada em quatro tipos, ou seja, laminar, linear, deslizamento e por canais.

A erosão laminar é caracterizada pela remoção de uma camada fina e uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (SILVA, SCHULZ, CAMARGO, 2007). Para estes autores, na erosão linear há a formação de canais de frequência e dimensões variáveis, onde a remoção e transporte de partículas de granulometria variada são feitos pela enxurrada de água da chuva condicionadas pelas condições do relevo, desagues de estradas ou terraços.

A erosão por deslizamento se caracteriza pelo deslizamento coletivo do solo bem como de fragmentos rochosos, em decorrência da condição de saturação extrema do solo e do movimento em escarpas ou vertentes íngremes (SILVA, SCHULZ, CAMARGO, 2007). Já a erosão por canais, segundo estes autores, também chamada de erosão fluvial, é aquela que ocorre de forma contínua e espontânea através da ação das correntes dos rios, dando origem e modelando a rede hidrográfica.

Portanto, o terceiro processo envolvido no ciclo hidrossedimentológico é o de transporte pela água do material erodido (BORDAS e SEMMELMANN, 2012). Segundo Christofolletti (1981), este transporte pode ocorrer de três maneiras, o que resultará em três tipos de carga do material transportado pelo sistema fluvial, a carga dissolvida, a carga em suspensão e a carga de leito. Para este autor, o mecanismo

que promove estes diferentes tipos de transporte depende das características do fluxo hídrico.

A carga dissolvida dos cursos d'água é composta pela solução química dos constituintes do processo de intemperização do material de origem (CHRISTOFOLLETI, 1981). Para este autor, a carga dissolvida é transportada na mesma velocidade da água e sua composição varia conforme a litologia, vegetação e o uso da terra na bacia hidrográfica, sendo que este último fator interfere diretamente na composição química das águas.

A carga de leito de um rio é composta por partículas de granulometria mais elevada, como areias e cascalhos, as quais são transportadas através de saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do fundo (CHRISTOFOLLETI, 1981). Segundo o mesmo autor, a velocidade do transporte da carga de leito é muito menor do que a velocidade do fluxo da água, e depende da competência do rio, que se refere ao tamanho das partículas que podem ser movimentadas pelo fluxo, e da capacidade, que se refere à quantidade de material que pode ser movimentada num determinado período de tempo.

Já a carga em suspensão se refere às partículas de granulometria reduzida (silte e argila, geralmente) que permanecem em suspensão na turbulência do fluxo hídrico (CHRISTOFOLLETI, 1981). O autor coloca que o transporte do material em suspensão necessita de forças de fraca intensidade, sendo carregada quase na mesma velocidade da água, de maneira que quando a turbulência atingir um limite crítico, não tendo mais condições para manter as partículas suspensas, estas se depositam, o que ocorre em trechos de águas muito calmas ou em lagos.

A contribuição da carga em suspensão para o total da carga detrítica transportada é variável em cada bacia hidrográfica, porém a carga de material em suspensão constitui parcela significativa na denudação continental (CHRISTOFOLETTI, 1981). Para o mesmo autor, nos rios brasileiros a carga em suspensão é significativamente maior que a carga dissolvida, especialmente nos meses de elevada pluviosidade.

A decantação ou sedimentação, o quarto processo do ciclo hidrossedimentológico descrito por Bordas e Semmelmann (2012), se refere ao processo de tendência ao estabelecimento de contato com o fundo do leito das partículas mais finas transportadas em suspensão, sob efeito da gravidade. Já o

quinto processo descrito pelos autores, o de depósito, se refere à parada total e definitiva da partícula em suspensão recém decantada sobre o fundo.

A consolidação, o último processo do ciclo descrito por Bordas e Semmelmann (2012), se refere ao depósito e acúmulo das partículas sobre o fundo e a compactação do depósito resultante sob o efeito do peso do próprio sedimento, da pressão hidrostática ou qualquer outro fator que possa alterar a densidade dos depósitos.

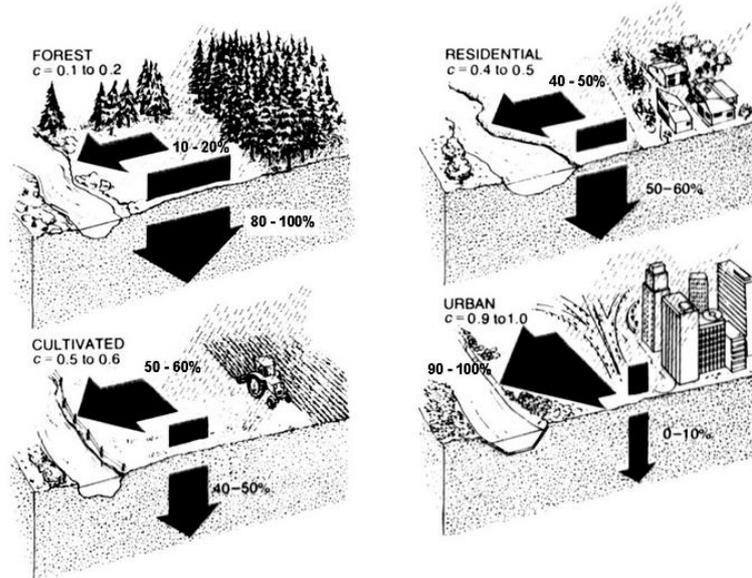
2.4 USO DA TERRA E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

As rotas dos fluxos hídricos determinam os mecanismos erosivo-depositivos e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo), que compõem o ambiente de drenagem (COELHO NETTO, 2013). Segundo a mesma autora, alterações em algum destes fatores podem levar a modificações na dinâmica espaço-temporal dos processos hidrológicos existentes nas encostas.

Na FIGURA 5 é possível visualizar a grande diferença nas taxas de infiltração e escoamento superficial em diferentes tipos de uso da terra. As taxas de infiltração são elevadas na área de floresta, diminuem das áreas residenciais não densas e nas áreas de culturas, até chegarem a valores mínimos nas áreas urbanizadas. Em outro estudo Fox et al. (2012), chegaram a resultados semelhantes, com uma taxa de infiltração de aproximadamente 90% em áreas de floresta e de 10% em áreas de alta densidade de urbanização.

Segundo Silveira (2012), o processo de escoamento superficial da água no solo é reduzido quando há a presença de cobertura vegetal, uma vez que esta representa um obstáculo ao escoamento e contribui para a infiltração da água. Além disso, para este autor, a vegetação também contribui para a redução da energia cinética do impacto da gota de chuva no solo, minimizando assim o processo erosivo conhecido como efeito *splash*, o qual para Fachin, Dias e Thomaz (2012), se refere à ruptura dos agregados do solo em decorrência do impacto da gota d'água da chuva e o conseqüente transporte destas partículas removidas.

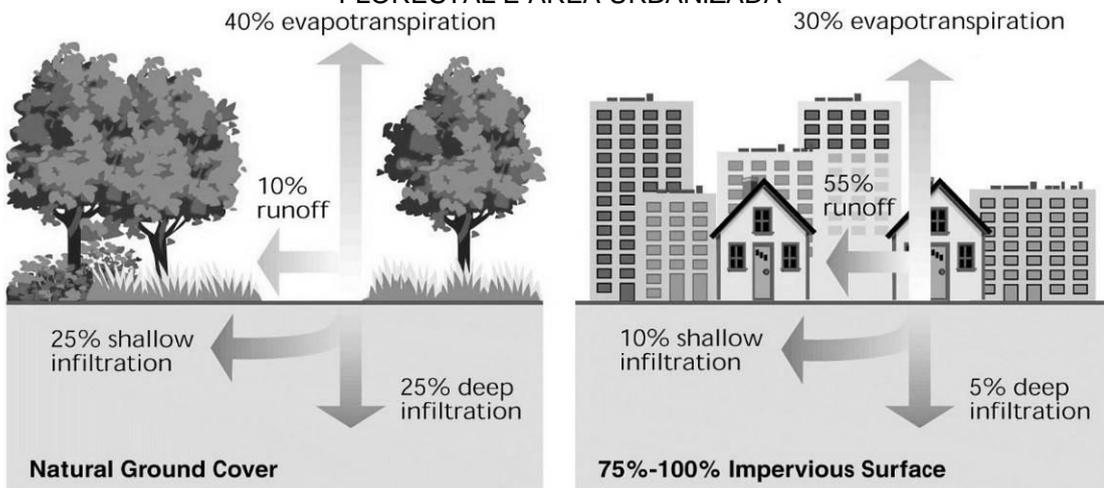
FIGURA 5 – MUDANÇAS NO COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM DIFERENTES TIPOS DE USO DA TERRA



FONTE: ARAVENA (2013).

Dessa forma, a densidade da cobertura vegetal é fator importante nos processos de infiltração e escoamento superficial da água no solo, o que influencia diretamente a remoção de sedimentos e a perda de solo (GUERRA, 2013). A FIGURA 6 mostra que em áreas de cobertura florestal há um coeficiente de 50% de infiltração e 10% de escoamento superficial, enquanto em superfície impermeabilizada (área urbanizada), essa taxa cai para 15 e 55%, respectivamente.

FIGURA 6 – TAXA DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM COBERTURA FLORESTAL E ÁREA URBANIZADA



FONTE: USDA (2016).

Em áreas urbanas o processo de produção de sedimentos é acelerado em função da retirada da vegetação, o que acaba refletindo na proteção do solo e da rede de drenagem (ARROIO JUNIOR, 2013). Tucci (2003) coloca que o aumento das áreas impermeáveis das bacias hidrográficas urbanas e a introdução de condutos para o escoamento pluvial geram alterações no ciclo hidrológico destas.

Para este autor, há a redução da infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial, o que causa o aumento das vazões máximas e aumento da capacidade de transporte de partículas. Além disso, em razão do desenvolvimento urbano, há incremento no número de construções, limpeza e aterramento de terrenos para novos loteamentos, construção de vias de circulação, dentre outras (TUCCI, 2003).

Segundo Poletto (2007) as principais fontes de sedimentos urbanos são atividades que impactam o solo, como escavação de terrenos para implantação de fundações, abertura de valas para inserção de redes de micro e macrodrenagem, além de construções e obras em geral. As principais consequências para a produção de sedimentos nas cidades são o assoreamento dos canais de drenagem e o transporte de poluentes agregados aos sedimentos (TUCCI, 2005).

Uma importante fonte de sedimentos, tanto em bacias hidrográficas urbanas como rurais são as vias não pavimentadas. Nas áreas urbanas, as vias não pavimentadas além de serem fontes importantes de produção de sedimentos, geralmente são precárias de infraestrutura de escoamento pluvial, sendo também ambientes susceptíveis à alagamentos e processos erosivos. Em áreas rurais, as estradas também podem interferir nos processos hidrossedimentológicos e geomorfológicos e se configurar como importantes fontes de sedimentos aos rios (CUNHA, THOMAZ e VESTENA, 2013).

Para Thomaz, Antonelli e Dias (2011), as principais influências das estradas rurais são a interferência no movimento da água e dos sedimentos na bacia hidrográfica, o aumento do escoamento superficial e da produção de sedimentos e a ampliação da conectividade entre vertente e canal fluvial, o que gera um acréscimo no transporte de sedimentos aos canais. Os autores identificaram que as estradas rurais não pavimentadas são as principais fontes de sedimentos numa bacia hidrográfica de uso rural.

Em áreas rurais, além das estradas não pavimentadas, outros tipos de uso do solo podem contribuir para o aumento na produção de sedimentos. Minella e

Merten (2011) colocam que resultados obtidos em parcelas experimentais de erosão mostram que há uma clara evidência dos efeitos do uso e manejo dos solos sobre os processos erosivos. Dessa forma, o manejo do solo influencia a susceptibilidade à produção de sedimentos.

O plantio pode ser realizado de forma direta ou de forma convencional. Segundo Rodrigues et al. (2013), o plantio direto consiste no plantio de espécies onde não há o revolvimento ou preparo do solo, mantendo a cobertura vegetal morta ou a palha do plantio anterior no solo. Para estes autores, o plantio convencional consiste no uso de arado e grade para revolvimento e preparo do solo para o cultivo.

A agricultura intensiva se caracteriza pela utilização intensiva de tecnologia, a qual envolve a mecanização e o uso de insumos como herbicidas, fertilizantes e inseticidas (MERTEN e MINELLA, 2002). Para estes autores, nestes sistemas agrícolas, os processos erosivos podem ser acelerados em função do inadequado manejo dos solos, principalmente devido o preparo excessivo destes e à redução da reposição do carbono orgânico, o que favorece sua degradação física.

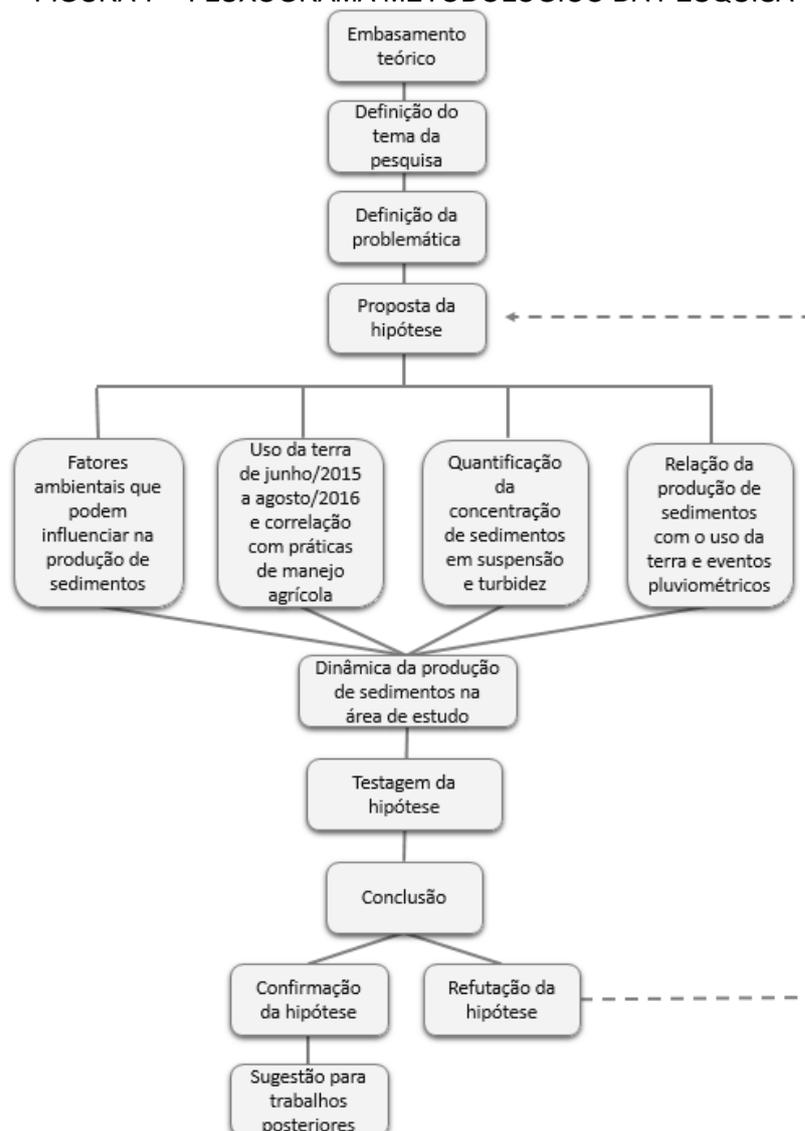
Com o objetivo de identificar as fontes de sedimentos em duas bacias hidrográficas de uso rural, Minella et al. (2007), identificaram que a maior contribuição para a produção de sedimentos são as áreas de lavoura, seguida pelas estradas e em último lugar pela própria rede fluvial. Este resultado mostra para os autores a necessidade de capacitação e implantação de práticas de manejo conservacionistas, as quais são essenciais para conservação e manejo de solos em bacias hidrográficas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

3.1 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi construída de acordo com o método hipotético-dedutivo, o qual pressupõe um problema, que, por sua vez, vai desencadear o estudo. Para este problema foi sugerida uma hipótese, para a qual foram aplicados testes de falseamento, através da observação e experimentação, com o objetivo de corroborar ou refutar a hipótese e solucionar o problema (MARCONI e LAKATOS, 2010). Dessa forma, baseando-se nessas premissas, foi criado um esquema onde está exposta a metodologia seguida nesta investigação (FIGURA 7).

FIGURA 7 – FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DA PESQUISA



FONTE: A autora (2017).

3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Para cumprir os objetivos propostos bem como para confirmar ou refutar a hipótese apresentada foram utilizados alguns procedimentos técnicos que auxiliam na produção dos resultados e análises. As etapas descritas a seguir ocorreram em alguns momentos de forma simultânea.

- 1ª etapa – Levantamento bibliográfico e cartográfico: embasamento teórico-metodológico para aprofundamento de conhecimento e busca de técnicas apropriadas; formação da base cartográfica e busca de dados secundários através da consulta de dados de órgãos oficiais.

- 2ª etapa – Levantamento de dados primários: trabalhos de campo para formação de base de dados primários entre julho/2015 e agosto/2016.

- 3ª etapa – Preparo e análise dos dados: tratamento dos dados de precipitação pluviométrica, quantificação de sedimentos em suspensão e confecção de gráficos; espacialização dos dados primários e secundários através de ferramentas de geoprocessamento.

- 4ª etapa – Análise de resultados e redação: análise dos resultados de dados primários e secundários levantados, correlação dos elementos que compõem a bacia hidrográfica, discussão dos resultados.

3.2.1 Caracterização dos fatores ambientais da área de estudo

Para a caracterização dos fatores ambientais que condicionam os processos hidrossedimentológicos da área de estudo foram analisadas as características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrográficas desta. Para tal, foram utilizados dados secundários provenientes de órgãos oficiais, bem como informações primárias decorrentes de coletas de campo realizadas durante o período de junho/2015 a agosto/2016. A relação de dados secundários espaciais pode ser visualizada no QUADRO 1.

QUADRO 1 – RELAÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS ESPACIAIS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

Fator	Tema	Órgão responsável	Escala	Ano
Clima	Classificação climática do IBGE	IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	1:5.000.000	2002
	Classificação climática de Köppen	IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná	-	-
Geologia	Mapa geológico do Paraná – Folha Ponta Grossa	MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná	1:250.000	2005a
	Mapa geológico do Paraná – Folha Mafra	MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná	1:250.000	2005a
Geomorfologia	Mapa geomorfológico do Paraná	MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná	1:250.000	2006
	Hipsometria e declividade	AguaParaná - Instituto das Águas do Paraná	1:50.000	2011
Hidrografia	Hidrografia e bacias hidrográficas	AguaParaná - Instituto das Águas do Paraná	1:50.000	2011*
Pedologia	Mapa de solos do Paraná	EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	1:250.000	2008
Limites políticos	Perímetro urbano	Prefeitura Municipal da Lapa	-**	2009
	Malha municipal	ITCG - Instituto de Terras, Cartografias e Geociências	1:50.000	2015
	Divisa estadual	IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	1:2.500.000	2007
Unidade de conservação	Unidades de Conservação do Brasil	MMA – Ministério do Meio Ambiente	Varia de 1:5.000 a 1:100.000	2016***

* A publicação e compilação dos dados foram feitas em 2011 através do mapeamento realizado pela Copel em 1985 e parte deste atualizado em 2005 pelo PARANACIDADE (SOUZA et al., 2011).

** A Lei Municipal nº 2.336, a qual delimita o perímetro urbano em vigor atualmente no município da Lapa, não informa a escala de mapeamento (LAPA, 2009).

*** Os dados são atualizados constantemente, o *download* do arquivo em *shapefile* das unidades de conservação brasileiras foi realizado em 2016.

FONTE: A autora (2017).

As bases cartográficas foram utilizadas conforme recomendação dos órgãos responsáveis, portanto sem alterações nos conteúdos destas. Foram realizadas transformações de projeção quando necessárias, com o propósito de manter todas no mesmo sistema de projeção, o Universal Transverso de Mercator (UTM) e no mesmo *Datum* horizontal, o SIRGAS 2000. Em seguida foram realizados os recortes necessários.

Para os dados da bacia hidrográfica em estudo, como hidrografia, altimetria, hipsometria e declividade, o mapeamento foi realizado considerando a escala de origem da base cartográfica (AGUASPARANÁ, 2011), portanto, de 1:50.000 e equidistância das curvas de nível de 20 metros. Dessa maneira, informações como geologia, unidades geomorfológicas e pedologia, para as quais só há disponíveis mapeamentos com escalas mais generalizadas (1:250.000), foram inseridas as informações com o recorte da bacia. No entanto, dada a diferença de escalas, podem ocorrer diferenças e imprecisões quanto à realidade do meio.

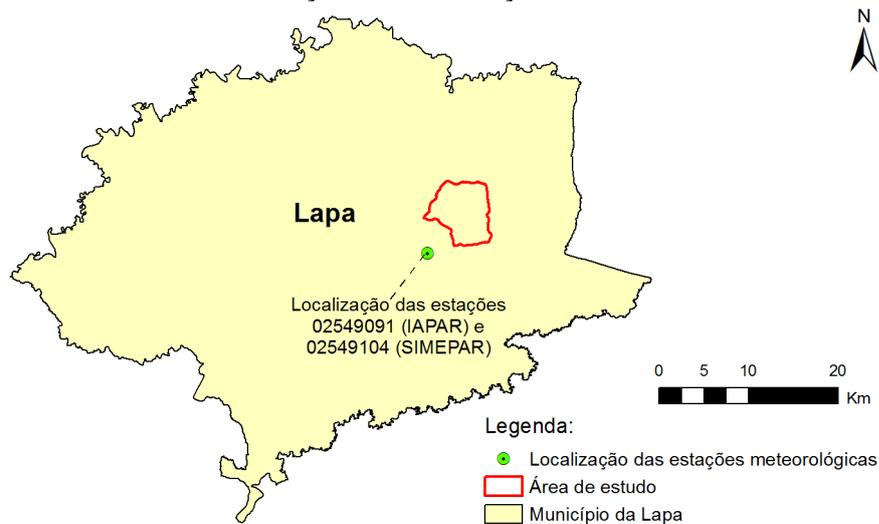
Os dados climáticos utilizados para a caracterização da área de estudo e para a determinação e correlação com os tipos de tempo atuantes nos períodos de coletas de campo foram obtidos através de órgãos oficiais estaduais (QUADRO 2). Os principais dados utilizados foram os de temperatura mínima, média e máxima e precipitação pluviométrica. Estes dados foram produzidos e disponibilizados pelas estações meteorológicas do IAPAR (estação convencional 02549091) e do SIMEPAR (estação automática 02549104), ambas localizadas ao lado uma da outra e aproximadamente 7 km da área de estudo (FIGURA 8).

QUADRO 2 – RELAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS SECUNDÁRIOS

Fator	Tema	Órgão responsável	Frequência	Ano
Clima	Médias históricas de temperatura de precipitação pluviométrica da Lapa	IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná	Mensal	1989 - 2015
	Dados de temperatura mínima, média e máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica	IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná	Diária	1989 - 2016
	Dados de temperatura mínima, média e máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica	SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná	Diária e horária	1997 - 2016

FONTE: A autora (2017).

FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS



FONTE: A autora (2017).

3.2.2 Caracterização do uso da terra e práticas agrícolas na área de estudo

Para a caracterização do uso da terra na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, no período de julho de 2015 a agosto de 2016, foram realizados mapeamentos condizentes com a escala de 1:50.000, escala referente à base cartográfica adotada nesta pesquisa. Para tal, foram utilizadas imagens provenientes de aerofotogrametria e imagens de satélites.

A Prefeitura Municipal da Lapa realizou um levantamento aerofotogramétrico com produção de ortofotos para a reformulação do Plano Diretor Municipal, em fevereiro/2015, com resolução espacial de 0,5 metro. No entanto, o mapeamento resultante não recobre a área de estudo como um todo, somente a porção urbana e parte da porção rural. Dessa maneira, foi necessária a busca de outras fontes de imagens disponíveis gratuitamente, através dos satélites Sentinel-2 e Landsat-8².

As imagens do satélite Sentinel-2 possuem resolução espacial de 10 metros, portanto compatíveis com a escala adotada na pesquisa. Para o mapeamento do uso da terra foi utilizada a cena 22JFS de 28/08/2016, com a composição R4G3B2. As imagens do satélite Landsat-8 têm resolução espacial de 30 metros, no entanto é possível realizar a fusão entre a composição colorida de 30 metros e a banda

² Fonte de imagens Sentinel-2: <http://sentinel-s2-l1c.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/#>
 Fonte de imagens Landsat-8: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>

Pancromática, de 15 metros. Foi utilizada a cena 221/078 de 22/08/2016 do Landsat-8 com a composição R4G3B2 apenas como suporte ao mapeamento.

Os procedimentos, além do processamento das imagens, incluíram o mapeamento do uso da terra através de classificação visual, sendo que as classes de legenda foram adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e podem ser visualizadas no QUADRO 3. A área mínima mapeável adotada para o mapeamento do uso da terra foi de 100 m², uma vez que a escala adotada para a pesquisa é de 1:50.000.

QUADRO 3 – CLASSES DE USO DA TERRA IDENTIFICADAS
Classes de uso da terra identificadas (adaptada de IBGE, 2013)

Áreas permeáveis antropizadas
Corpos d'água
Cultura temporária de verão/Cultura temporária de inverno
Cultura temporária de verão/Pastagem temporária de inverno
Edificações
Pastagem permanente
Silvicultura
Solo exposto
Vegetação natural campestre
Vegetação natural florestal
Via com pavimentação
Via sem pavimentação

FONTE: A autora (2017).

As ortofotos da Prefeitura Municipal de resolução espacial maior foram utilizadas somente para dar suporte à classificação de uso da terra na porção urbana, assim como para a reconstituição da hidrografia, uma vez que a base utilizada foi produzida anteriormente às alterações na rede hidrográfica da área de estudo, como a retificação de canais fluviais.

Para a análise do uso da terra considerando a sazonalidade do calendário agrícola foi feita uma generalização de acordo com as características sazonais da atividade agrícola considerando como culturas de verão aquelas que são realizadas entre outubro e maio e como culturas de inverno as que são realizadas entre junho e setembro. Portanto, as terminologias verão e inverno neste caso não se refere estritamente às estações do ano, mas a uma forma generalizada de representar este rodízio de culturas e a sazonalidade da atividade agrícola na região.

Durante as coletas de água para quantificação de sedimentos foram feitas anotações dos usos para confirmação das informações obtidas sobre o calendário agrícola. Estas informações bem como as informações das práticas de manejo

agrícola da região foram obtidas de IAPAR (2017), CONAB (2016) e através da comunicação com produtores rurais residentes na área de estudo.

Em razão da presença de algumas atividades de agropecuária na porção urbana da área de estudo, bem como a presença de vilas e comunidades na porção rural, houve dificuldades na definição de uma delimitação entre rural/urbano. Dessa forma, para a distinção entre porção urbana e porção rural nesta pesquisa optou-se por utilizar a delimitação de perímetro urbano de 2009 (LAPA, 2009) da Prefeitura Municipal da Lapa, o qual encontra-se em vigor atualmente.

3.2.3 Quantificação da concentração de sedimentos em suspensão e turbidez

A quantificação da concentração de sedimentos em suspensão foi realizada considerando a escala temporal mensal³, assim como em eventos de precipitação pluviométrica elevada. Desta maneira, considerando a escala temporal mensal, durante o período de julho/2015 a junho/2016 foi realizada a coleta de um total de 15 amostras de água. No QUADRO 4 é possível visualizar as datas de saídas a campo para coleta de amostras de água para quantificação da carga sedimentar suspensa e turbidez.

QUADRO 4 – SAÍDAS A CAMPO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Número da coleta	Data
1	01/07/2015
2	02/08/2015
3	04/09/2015
4	04/10/2015
5	08/11/2015
6	22/11/2015
7	07/12/2015
8	10/01/2016
9	13/02/2016
10	20/03/2016
11	24/04/2016
12	27/05/2016
13	01/07/2016
14	18/08/2016
15	22/08/2016

FONTE: A autora (2016).

³ Escala temporal mensal se refere à coleta de amostras uma vez ao mês, com o objetivo de padronizar uma frequência temporal para a obtenção dos resultados.

Foram selecionados 11 pontos de coleta ao longo da área de estudo. Tais pontos foram escolhidos considerando as características da rede hidrográfica da bacia, o uso da terra e a possibilidade de acesso a eles. Na FIGURA 9 é possível visualizar os pontos de coleta. O ponto 9 não foi considerado na primeira coleta, somente a partir da segunda. Dessa maneira, apenas no ponto 9 houve um total de 14 coletas, nos demais foram realizadas 15 coletas ao longo do período de análise.

O tempo médio necessário para a coleta de amostra de água nos 11 pontos foi de aproximadamente 2 horas entre o primeiro ponto coletado e o último. Para facilitar o itinerário e reduzir o tempo médio de coleta de campo dos 11 pontos, não foi seguida a ordem da denominação dos pontos, sendo que a ordem para coleta de água na maioria das saídas a campo foi: ponto 8, ponto 9, ponto 3, ponto 1, ponto 4, ponto 2, ponto 5, ponto 6, ponto 7, ponto 11 e por último o ponto 10.

Houve ocorrência de garoa ou chuva fraca no momento da Coleta 5 (08/11/2015 – ocorrência de garoa na coleta dos pontos 9, 3 e 1, em seguida esta parou e reiniciou no ponto 10), Coleta 8 (10/01/2016 – ocorrência de garoa na coleta dos pontos 7 e 11 e de chuva fraca no ponto 10), Coleta 12 (27/05/2016 – ocorrência de chuva fraca durante a coleta dos pontos 8 e 9) e Coleta 14 (18/08/2016 – garoa durante a coleta do ponto 9). Houve ocorrência de chuva forte somente na Coleta 6 (22/11/2015 – momentos antes da coleta nos pontos 2 e 5).

Segundo Christofolletti (1981), as concentrações mais elevadas de sedimentos em suspensão no canal fluvial estão próximas ao leito, onde a turbulência do fluxo é maior, e as concentrações mais baixas estão próximas à superfície da água. Porém, segundo o mesmo autor, para os sedimentos coloidais muito finos, a concentração de sedimentos não apresenta diferenças na distribuição, sendo uniforme em todas as profundidades.

Dessa forma, nas coletas de campo houve o cuidado de inserir o coletor de água até próximo ao leito do canal, portanto numa profundidade não muito próximo à superfície. Além disso, devido ao acesso restrito na maioria dos pontos, nos quais não havia pontes, sendo necessário coletar a amostra de água permanecendo na margem do canal, houve a necessidade de adaptar um coletor de amostra de água (FIGURA 10).

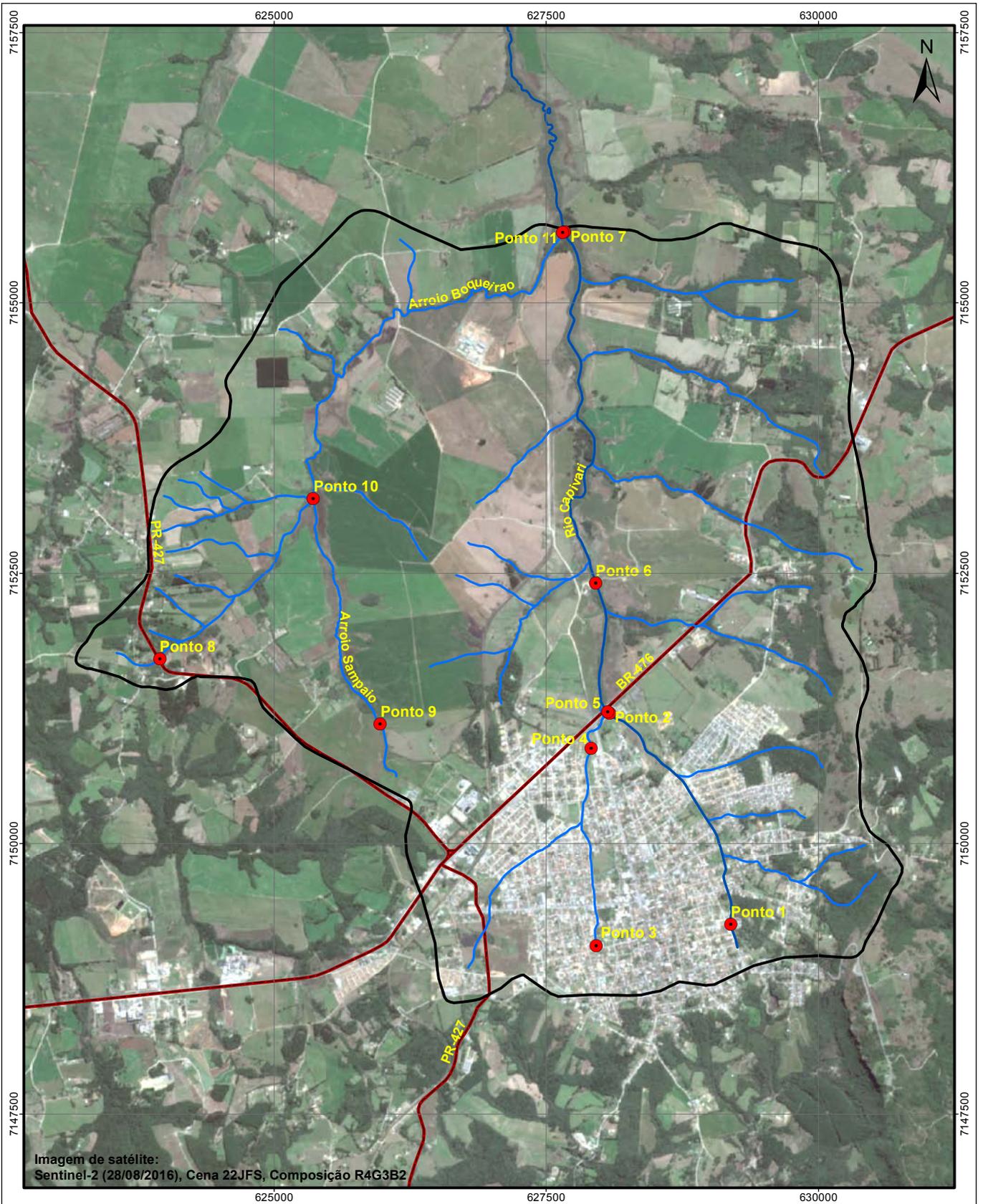


Imagem de satélite:
Sentinel-2 (28/08/2016), Cena 22JFS, Composição R4G3B2

Figura 9:

Localização dos pontos de amostragem de água para quantificação da concentração de sedimentos em suspensão na área de estudo



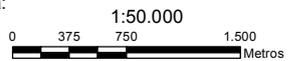
Legenda:

- Pontos de coleta*
- Rio Capivari
- Afluentes do rio Capivari
- Rodovias
- Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari

* Ordem das coletas:

- | | |
|--------------|----------------|
| 1° - Ponto 8 | 7° - Ponto 5 |
| 2° - Ponto 9 | 8° - Ponto 6 |
| 3° - Ponto 3 | 9° - Ponto 7 |
| 4° - Ponto 1 | 10° - Ponto 11 |
| 5° - Ponto 2 | 11° - Ponto 10 |
| 6° - Ponto 4 | |

Escala:



Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data:
Abril/2017

Fonte:
A autora (2017)

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
AGUASPARANÁ (2011), ITCG (2015) e IBGE (2007)

FIGURA 10 – ADAPTAÇÃO DO COLETOR DE AMOSTRA DE ÁGUA



FONTE: A autora (01/07/2016 e 02/08/2015).

Conforme Carvalho (1994), as amostras devem ser coletadas em garrafas devidamente identificadas. Além disso, para o autor, deve-se anotar o maior número de informações possíveis do momento da coleta, como hora, condições do curso hídrico, dentre outras. Para evitar a proliferação de algas, optou-se por utilizar garrafas da cor preta, facilitando assim o armazenamento destas até o momento da análise em laboratório.

O volume de água coletado por amostra foi de aproximadamente 1 litro, volume este que oferece segurança em casos de eventuais erros durante o processo de quantificação dos sedimentos da amostra. Como o volume efetivamente usado em cada amostra foi de aproximadamente 500 ml, dependendo da condição da concentração de sedimentos, o restante da água foi descartado no momento final do processo de quantificação em laboratório.

As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LABEAM), do Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS), da Universidade Federal do Paraná. O processo de quantificação da concentração de sedimentos em suspensão foi baseado em Oliveira (2007), o qual por sua vez adotou a técnica adaptada a partir das propostas de Melo, Summerhayes e Toner (1975) e Carvalho (1994). A técnica consiste na filtração da água em uma membrana de éster de celulose de porosidade de $0,2\mu\text{m}$, que permite a retenção até a fração de argila fina. A diferença entre o peso final e o inicial desta é a quantidade de sedimentos em suspensão presente num determinado volume d'água filtrado.

O processo em laboratório se inicia com a pesagem das membranas antes da filtração após passar 12 horas na estufa aquecida a uma temperatura de 60°C , para se obter o peso inicial destas (P_1) (FIGURA 11). Os equipamentos utilizados na

filtragem estão representados na FIGURA 12, de modo que a membrana é inserida num suporte onde o volume determinado de água e sedimentos, após ser homogeneizado por agitação, é aplicado para dar início ao processo de filtragem, o qual é acelerado por meio da bomba a vácuo.

FIGURA 11 – MEMBRANAS NA ESTUFA



FONTE: A autora (03/05/2015).

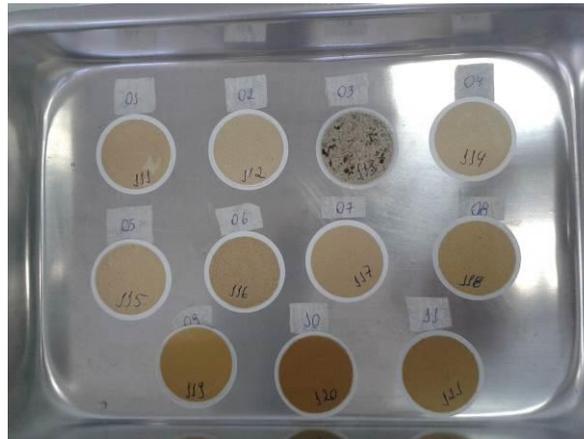
FIGURA 12 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FILTRAGEM DA ÁGUA PARA QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO



FONTE: A autora (07/08/2015).

As membranas já filtradas (FIGURA 13) são introduzidas novamente na estufa para secagem, por um período de 12 horas à temperatura de 60°C. Após esfriar em um dessecador com sílica, para preservar estas da umidade do ar, as membranas são pesadas numa balança de precisão para se obter seu peso final (P₂) (FIGURA 14).

FIGURA 13 – MEMBRANAS JÁ FILTRADAS E PRONTAS PARA SEREM INTRODUZIDAS NA ESTUFA



FONTE: A autora (10/08/2015).

FIGURA 14 – MEMBRANAS NO DESSECADOR DE SÍLICAR APÓS SAÍREM DA ESTUFA E SENDO PESADAS DA BALANÇA DE PRECISÃO



FONTE: A autora (07/07/2015 e 03/05/2016, respectivamente).

Em função da indisponibilidade de mufla no início da etapa de coleta de campo e quantificação em laboratório, as membranas filtradas não passaram pelo processo de queima de matéria orgânica. Dessa maneira, neste trabalho foi considerada como carga sedimentar em suspensão tanto o sedimento na fração orgânica quanto na fração mineral. A diferenciação foi realizada de forma qualitativa, uma vez que membranas com maior teor de matéria orgânica apresentam coloração mais escura.

Simultaneamente ao processo de quantificação da concentração de sedimentos em suspensão, foram realizadas as medições dos níveis de turbidez das amostras coletadas, utilizando para tal o equipamento turbidímetro Hach 2100Q (FIGURA 15). Com o objetivo de aumentar a precisão dos resultados foram realizadas um total de 5 medições para cada amostra e em seguida foi feita a média

destas 5 medições para se obter o resultado final do nível de turbidez. A turbidez neste aparelho é medida entre 0,01 e 1000 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).

FIGURA 15 – TURBIDÍMETRO PORTÁTIL MODELO 2100Q.



FONTE: A autora (10/09/2015).

Em seguida, os dados devidamente anotados em laboratório foram transferidos para uma planilha digital, aonde também foram feitos os cálculos para conversão de unidades. Dessa maneira, o dado coletado efetivamente medido em g/ml foi transformado para mg/l. Para a análise e a correlação da quantificação de sedimentos em suspensão e nível de turbidez foram produzidos gráficos que demonstram a variabilidade dos resultados.

Para a constatação da correlação estatística entre os dados de carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson (r). Segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), o coeficiente de correlação Pearson é uma medida de associação linear entre variáveis e varia de $r = -1$ a $r = 1$, sendo que quanto mais próxima do zero as variáveis não possuem relação linear entre si, e quanto mais próximo de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis.

4 FATORES AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 CLIMA

O diagnóstico das características climáticas é primordial para análise de produção de sedimentos, uma vez que é através das condições meteorológicas que ocorre a entrada de energia no sistema, ou seja, nas bacias hidrográficas. Portanto, qualquer análise envolvendo produção de carga sedimentar requer a compreensão deste fator ambiental, principalmente das condições de precipitação pluviométrica incidentes na bacia de estudo, uma vez que este parâmetro está diretamente relacionado ao potencial de retirada e transporte de material de vertente para a rede hidrográfica.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), as principais massas de ar atuantes no sul do Brasil são a Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Tropical Continental (MTC) e a Massa Equatorial Continental (MEC). Outro sistema atmosférico atuante nessa região é a Frente Polar Atlântica (FPA), a qual possui uma grande importância para a gênese dos climas brasileiros, já que controla o regime pluviométrico da região sul do Brasil, através das suas chuvas do tipo frontais (MONTEIRO, 1969).

Dessa maneira, no município da Lapa estes sistemas atuam de forma importante na formação das características térmicas e de pluviosidade. Segundo Reboita et al. (2012), a pluviosidade elevada e bem distribuída ao longo do ano no sul do Brasil ocorre em razão da atuação de diferentes sistemas atmosféricos, como os sistemas frontais, ciclones, linhas de instabilidade, sistemas convectivos alongados persistentes, vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) e as circulações de brisas.

As linhas de instabilidade ou Instabilidade Tropical (IT) se caracterizam por conjuntos de nuvens, geralmente do tipo cumulonimbus, organizadas em forma de linhas e causadoras de chuva de intensidade forte e curta duração (AYOADE, 2006). Esse sistema atmosférico se forma devido ao grande aquecimento da superfície, o qual causa a formação de nuvens e chuvas por convecção, as chamadas "chuvas de verão", que ocorrem devido ao intenso aquecimento do ar e possuem forte intensidade (TORRES e MACHADO, 2011).

Essas chuvas juntamente com as precipitações pluviométricas resultantes da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) são as principais responsáveis pelos eventos climáticos extremos no Brasil, e conseqüentemente pelo grande potencial erosivo. No entanto, as chuvas do tipo frontais, apesar de terem menor intensidade, são mais duradouras e abrangem maiores áreas, o que pode causar carregamento de detritos quando se considera o acumulado de precipitação, podendo haver saturação do solo e conseqüentemente redução de infiltração e aumento de escoamento superficial.

A atuação dinâmica dos sistemas atmosféricos e as conseqüentes características climáticas de uma região formam tipos específicos de climas, os quais por sua vez podem ser classificados de acordo com a sucessão destes sistemas atuantes. O município da Lapa está integralmente inserido em apenas um tipo de clima, o Temperado mesotérmico brando, segundo a classificação climática do IBGE (2002). Dessa forma, encontra-se na Zona Temperada, com umidade do ar classificada como super úmida, sem estação seca, e temperatura mesotérmica branda com média entre 10 e 15°C.

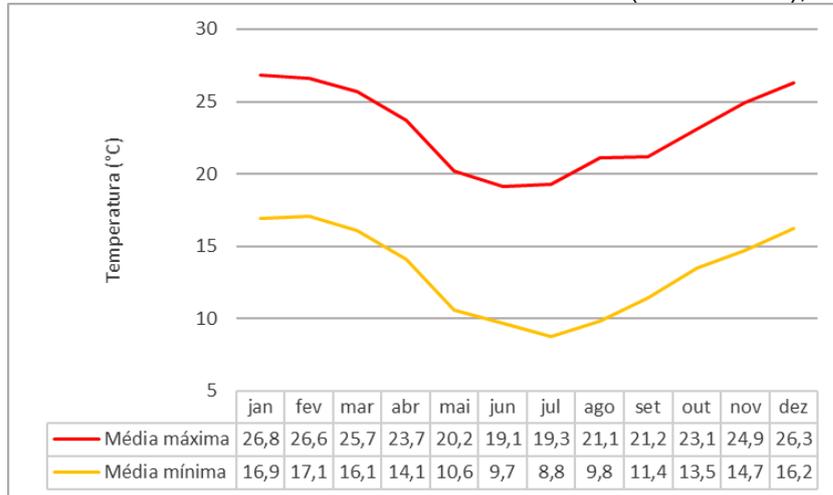
Considerando a classificação climática de Koeppen, o município da Lapa é enquadrado no tipo climático Cfa, ou seja, clima temperado propriamente dito, o qual, segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), se caracteriza por ser úmido em todas as estações, com verão moderadamente quente. Portanto, as duas classificações climáticas coincidem na característica temperada do clima na área de estudo, com destaque para a ausência de estação seca, apresentando índice pluviométrico em todas as estações do ano.

A FIGURA 16 apresenta a média de temperatura da estação meteorológica do IAPAR, de 1989 a 2015, evidenciando a sazonalidade quanto à temperatura, com estações do ano definidas, de maneira que os verões são quentes e os invernos são frios. Já a FIGURA 17 apresenta a média histórica de precipitação pluviométrica para o mesmo período, evidenciando chuvas bem distribuídas ao longo do ano, não havendo assim estação seca.

A FIGURA 18 representa os dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e temperatura mínima do ar para o período analisado nesta pesquisa, ou seja, de julho/2015 a agosto/2016. É possível visualizar que o índice pluviométrico se manteve durante todo o ano, portanto não houve estação seca, somente períodos caracterizados por alguns dias seguidos sem ocorrência de

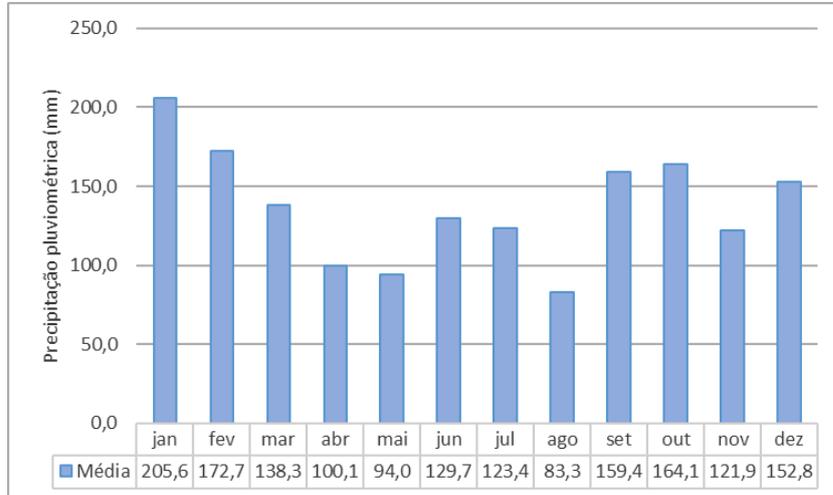
chuva. Em relação à temperatura do ar, os dados mostram a sazonalidade entre verão e inverno, bem como a maior intensidade do inverno de 2016 em relação ao mesmo período do ano anterior.

FIGURA 16 – MÉDIAS HISTÓRICAS DE TEMPERATURA (1989 A 2015), LAPA/PR



FONTE: Adaptado de IAPAR (2016b).

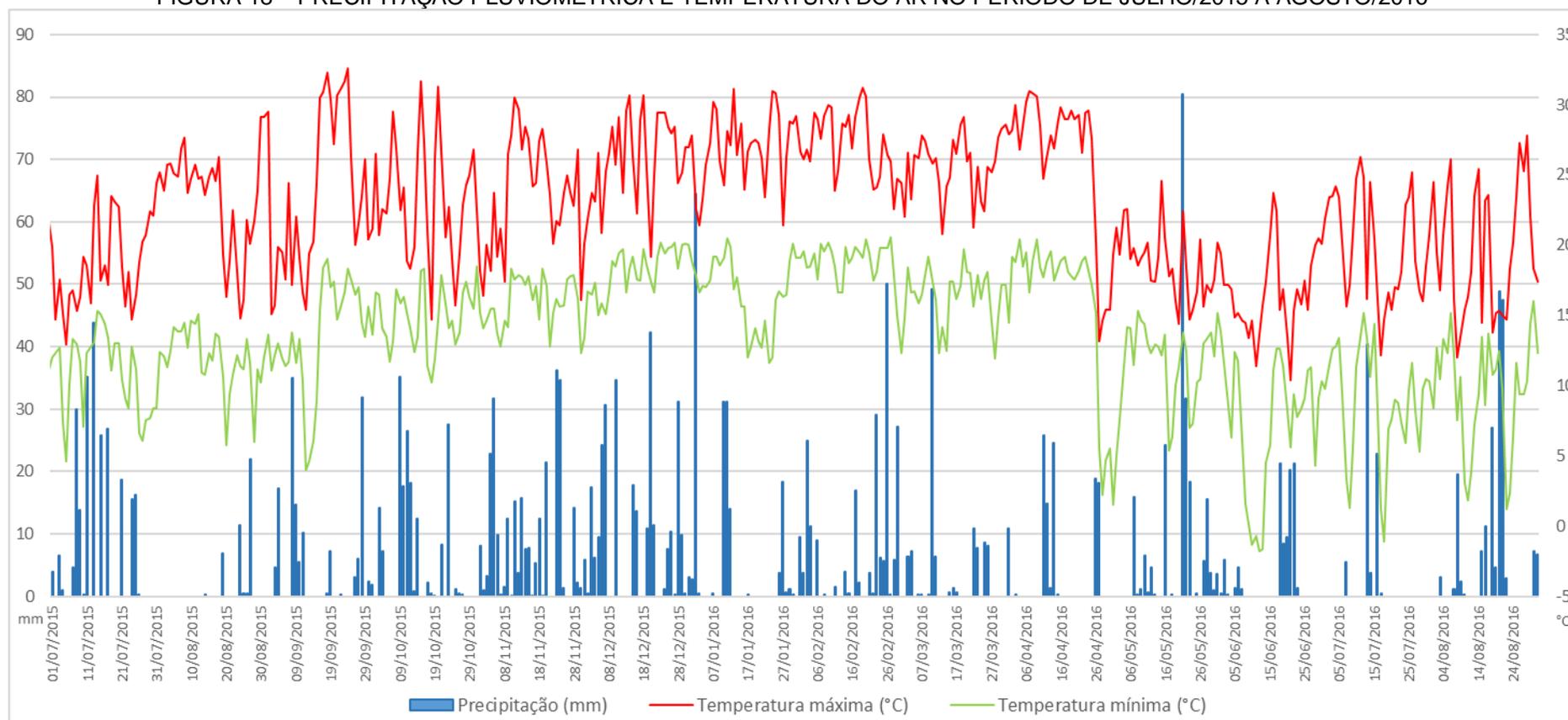
FIGURA 17 – MÉDIAS HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (1989 A 2015), LAPA/PR



FONTE: Adaptado de IAPAR (2016b).

Dessa maneira, a característica climática tem importante influência na dinâmica hidrossedimentológica na bacia hidrográfica, de forma que não havendo estação seca durante o ano, os índices de precipitação pluviométrica constantes favorecem a retirada de material detrítico das vertentes. Portanto, as condições meteorológicas da área de estudo são fatores que influenciam diretamente a dinâmica sedimentar desta e conseqüentemente a carga sedimentar presente na rede de drenagem.

FIGURA 18 – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO DE JULHO/2015 A AGOSTO/2016



FONTE: IAPAR (2016a).

4.2 GEOLOGIA

O embasamento geológico de uma bacia hidrográfica é a principal fonte de matéria dos sistemas fluviais, uma vez que é a partir do intemperismo das rochas que há a formação de material detrítico. Este, por sua vez, pode ser agregado com outros minerais e formar os diferentes tipos de solo e/ou pode ser transportado na forma de sedimento até os canais fluviais. Dessa forma, as diferentes características do material de embasamento são preponderantes à fragilidade da bacia hidrográfica à produção de sedimentos, uma vez que os diferentes tipos de rochas possuem diferentes fragilidades aos processos de intemperismo.

O estado do Paraná apresenta dois principais compartimentos geológicos, o Escudo Paranaense e a Bacia Sedimentar do Paraná (MINEROPAR, 2001). O Escudo Paranaense, também denominado Cinturão Orogênico do Atlântico, constitui o embasamento da Plataforma Sul-Americana, o qual é constituído por rochas variadas desenvolvidas em momentos que remontam ao Arqueano, sobre o qual se desenvolveram coberturas fanerozoicas (HASUI, 2012). A Bacia Sedimentar do Paraná é formada por rochas sedimentares e ígneas (PEREIRA et al., 2012), tendo sido formadas em diferentes momentos da evolução geológica do planeta e, portanto, apresentando diferentes características (CARNEIRO et al., 2012).

No município da Lapa há a presença de rochas destes dois compartimentos geológicos, porém na área de estudo encontram-se rochas somente da Bacia Sedimentar do Paraná. Dessa maneira, a área de estudo é formada por rochas sedimentares de idade paleozoica, as quais, segundo Carneiro et al. (2012) foram formadas através do desenvolvimento de sinéclises que receberam detritos das áreas altas adjacentes e foram então preenchidas por estes materiais.

Segundo os mesmos autores, em função dos vários eventos como transgressões e regressões marinhas e de geleiras e mudanças das áreas-fonte de sedimentos, as rochas sedimentares formadas possuem diferentes características entre si. Para MINEROPAR (2005b), esta região sedimentar do Paraná requer cuidados especiais, uma vez que possui índices médios a altos de vulnerabilidade à denudação (1,9 a 2,8).

A área de estudo é formada em sua maioria por rochas sedimentares paleozoicas da formação Grupo Itararé, do Carbonífero-Permiano Inferior (MINEROPAR, 2001) e em menor representatividade estão os sedimentos recentes

do Quaternário (FIGURA 19). O Grupo Itararé faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná e foi formado por depósitos marinhos glaciais no interior cratônico do Gondwana (MILANI et al., 2007). Nele é possível identificar três formações, a formação Rio do Sul, composta por folhelhos e siltitos cinzentos, arenitos e diamictitos; formação Mafra, com arenitos, siltitos e ritmitos; e formação Campo do Tenente, composta por arenitos grosseiros, siltitos, diamictitos (MINEROPAR, 2001).

Segundo MINEROPAR (2005b), o índice de vulnerabilidade das rochas do Grupo Itararé varia de 2,4 a 2,8, o que denota pouca resistência ao intemperismo e erosão das mesmas. As rochas deste grupo possuem fácil entalhamento pelos rios, e pode haver inclusive a formação de sulcos e ravinas que evoluem para voçorocas caso o uso e ocupação da terra não considere as potencialidades e fragilidades do meio físico (MINEROPAR, 2005b).

Para França, Winter e Assine (1996), exposições dos arenitos do Grupo Itararé podem ser encontradas em afloramentos, principalmente na região leste do Paraná com a ocorrência dos arenitos Lapa e Vila Velha. Para estes autores, o Arenito Lapa ocorre no leste do município da Lapa até o sul deste, com a divisa do estado de Santa Catarina, e se caracteriza por ser “um corpo de morfologia linear, alongado na direção norte-sul e encaixado em diamictitos, ritmitos e folhelhos do Grupo Itararé” (p. 43).

A deposição do Arenito Lapa ocorreu quando a Bacia do Paraná estava sob influência de glaciações no período Carbonífero Superior, portanto num período onde as geleiras desempenharam importante papel como agentes de erosão, transporte e deposição de sedimentos, fornecendo assim o material sedimentar para preencher a bacia (FRANÇA, WINTER e ASSINE, 1996). O Arenito Lapa está aflorado na parte leste da área de estudo e uma amostra desta formação rochosa pode ser encontrada no Parque Estadual do Monge, próximo à área urbana do município, porém não incidente na área de estudo (FIGURA 19 e FIGURA 20).

Na FIGURA 19 é possível observar também a incidência da Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual da Escapa Devoniana na porção leste da área de estudo. A unidade de conservação foi criada em 1992 e é administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (MMA, 2016). Como uma unidade de conservação de uso sustentável, a APA não impede a prática de atividades antrópicas em sua delimitação na área de estudo, apenas estabelece algumas restrições quanto ao uso da terra.

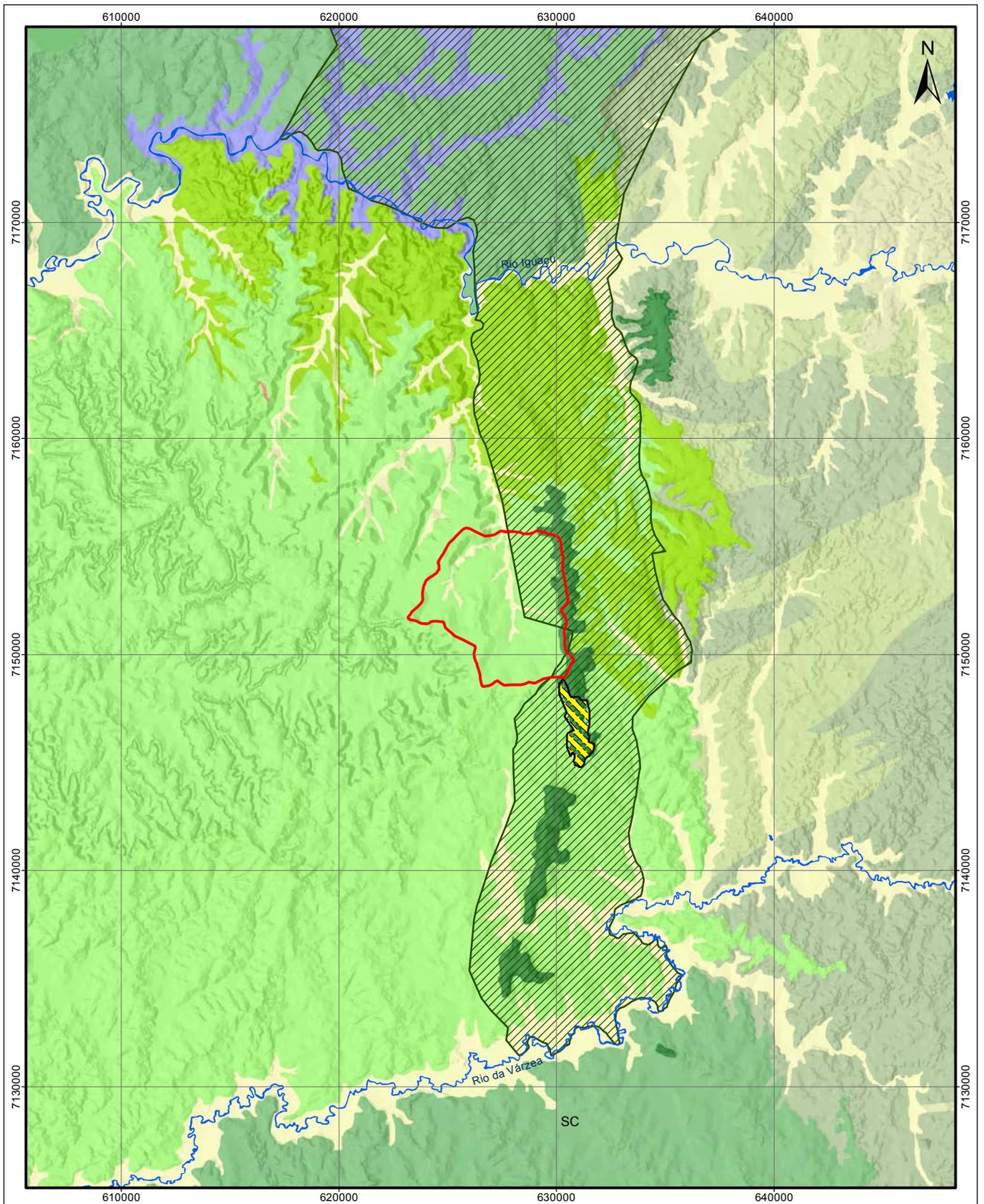


Figura 19:
Geologia da área de estudo



Legenda:

Hidrografia	APA da Escarpa Devoniana
Área de estudo	Parque Estadual do Monge

Unidades litoestratigráficas

QUATERNÁRIO	PROTEROZOICO SUPERIOR
Sedimentos Recentes	Grupo Açungui - Formação Capiru
MESOZOICO	ARQUEANO-PROTEROZOICO INFERIOR
Intrusivas Básicas	Complexo Granítico Gnáissico
PALEOZOICO	Complexo Gnáissico Migmatítico
Grupo Itararé - Siltitos, folhelhos, varvitos e conglomerados	Complexo Metamórfico Indiferenciado
Grupo Itararé Indiviso	
Grupo Itararé - Arenitos	
Grupo Itararé - Arenito	
Lapa	
Grupo Paraná - Formação Furnas	

Escala: 1:250.000

Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data: Abril/2017

Fonte: A autora (2017)

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
MINEROPAR (2005a), AGUASPARANÁ (2011) e ITCG (2015)

FIGURA 20 – ARENITO LAPA NO PARQUE ESTADUAL DO MONGE



FONTE: A autora (25/06/2016).

Na área de estudo, observa-se que há somente três tipos de unidades litoestratigráficas (FIGURA 19), de modo que a mais representativa é a de siltitos, folhelhos, varvitos e conglomerados do Grupo Itararé, com 86,8%; seguido pelos sedimentos recentes de deposição fluvial com 7,0%; e do Arenito Lapa do Grupo Itararé com 6,2% (TABELA 1). Portanto, a área de estudo está totalmente inserida no contexto do grupo litológico de rochas sedimentares paleozoicas, da bacia sedimentar do Paraná.

TABELA 1 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Unidades litoestratigráficas	Área (ha)	(%)
Grupo Itararé - Siltitos, folhelhos, varvitos e conglomerados	3.274,74	86,8
Sedimentos recentes	264,35	7,0
Grupo Itararé - Arenito Lapa	235,82	6,2
Total	3.774,91	100,0

FONTE: A autora (2017).

Segundo Crepani et al. (2001), de uma escala 1 a 3 de grau de susceptibilidade à dissecação, rochas como siltitos e folhelhos possuem um grau de denudação de 2,7 e 2,8, respectivamente. Para os mesmos autores, os sedimentos recentes ou sedimentos inconsolidados têm um grau de denudação de 3,0, portanto são as unidades com maior susceptibilidade aos processos erosivos. Os arenitos possuem um grau de denudação de 2,4 (CREPANI et al., 2001).

Dessa maneira, a área de estudo está inserida num contexto geológico onde a susceptibilidade a processos de dissecação do relevo é elevada, em razão das características das rochas que a embasam. As características geológicas, aliadas às características meteorológicas da área de estudo, onde há pluviosidade durante o ano todo, fazem com que esta seja uma área de elevada susceptibilidade à

dissecação do relevo e conseqüentemente à produção de sedimentos, o que requer cuidados no uso da terra para que este processo não seja acelerado.

4.3 GEOMORFOLOGIA

O relevo é um fator ambiental que também influencia diretamente a produção e transporte de sedimentos numa bacia hidrográfica, uma vez que as condições geomorfológicas desta direcionam os fluxos de água e conseqüentemente a energia destes fluxos. Dessa maneira, a susceptibilidade a processos erosivos e de remoção de material detrítico das vertentes depende de condições como hipsometria, amplitude topográfica e declividade.

De acordo com a proposta de taxonomia do relevo de Ross (1992), a área de estudo está totalmente inserida na Bacia Sedimentar do Paraná (1º táxon - unidade morfoestrutural), no Segundo Planalto Paranaense (2º táxon – unidade morfoescultural) e no Planalto de Ponta Grossa (3º táxon – subunidade morfoescultural) (MINEROPAR e UFPR, 2006).

Para MINEROPAR e UFPR (2006), o Planalto de Ponta Grossa possui dissecação média, classe de declividade predominante menor de 12% (FIGURA 21), possui formas predominantes de topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em “U”. Além disso, segundo a mesma fonte, possui direção geral de morfologia de NW-SE, modelada em rochas do Grupo Itararé.

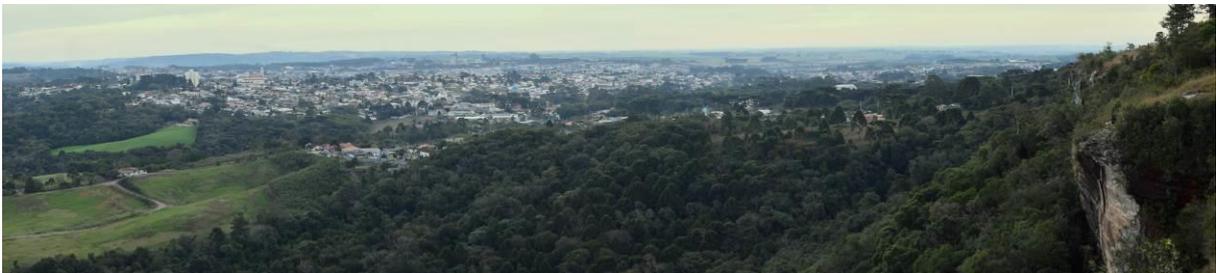
FIGURA 21 – RELEVO DE DECLIVIDADE SUAVE ONDULADA DO PLANALTO DE PONTA GROSSA



FONTE: A autora (14/12/2015 e 11/09/2016, respectivamente).

Na hipsometria da área de estudo é possível observar que ao longo da porção leste da bacia encontram-se as maiores altitudes, de 950 a acima de 1000 metros. Esta porção se refere à região de afloramento do Arenito Lapa (FIGURA 22 e FIGURA 23), sendo, portanto, uma importante fonte de contribuição à produção de sedimentos na bacia de estudo. Ao longo do curso dos dois canais principais, os rios Capivari e o Boqueirão, a altitude vai diminuindo. A variação altimétrica da área de estudo é de 139 metros (FIGURA 23).

FIGURA 22 – VISÃO DO AFLORAMENTO DO ARENITO LAPA PARA A PORÇÃO URBANA DA LAPA



FONTE: A AUTORA (25/06/2016).

Em relação à declividade da área de estudo (TABELA 2 e FIGURA 24), na porção leste desta encontram-se as áreas com as taxas mais altas (acima de 20%), onde estão localizadas as maiores altitudes da bacia (FIGURA 22). No restante da área de estudo, há a ocorrência de declividades menores, sendo que as classes de 0 a 3% (Plano) e de 3 a 8% (Suave ondulado) são as que mais se destacam, representando juntas 84,4% da área de estudo (FIGURA 25).

TABELA 2 – PROPORÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE NA ÁREA DE ESTUDO

Classes de declividade	Área (ha)	(%)
0 a 3% - Plano	1.609,66	42,6
3 a 8% - Suave ondulado	1.576,50	41,8
8 a 20% - Ondulado	496,90	13,2
20 a 45% - Forte ondulado	83,54	2,2
45 a 75% - Montanhoso	8,32	0,2
Total	3.774,91	100,0

FONTE: A autora (2017).

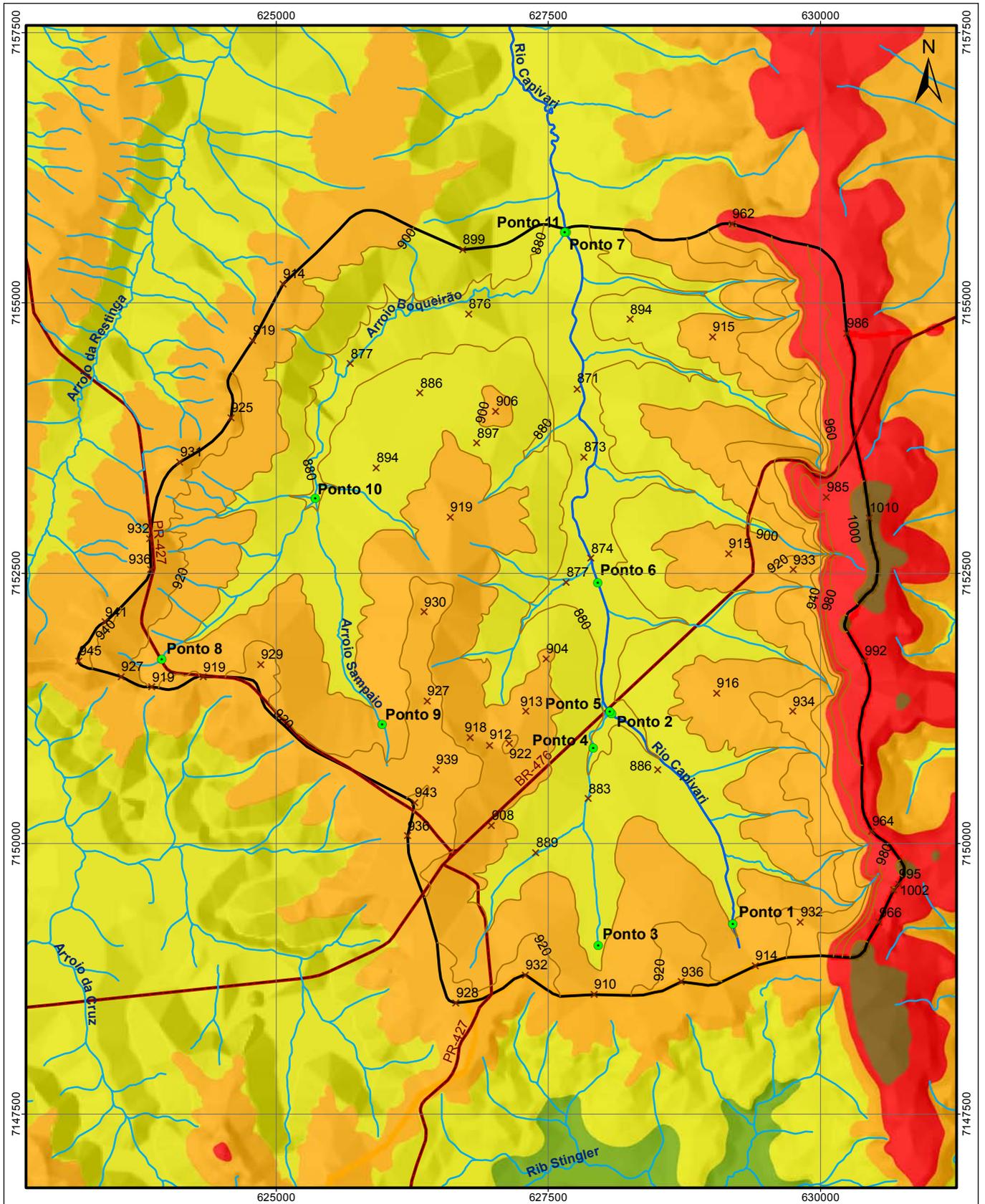


Figura 23:
Hispometria e planialtimetria da área de estudo



- Legenda:**
- Pontos de coleta
 - × Pontos cotados
 - Rio Capivari
 - Hidrografia
 - Curvas de nível (equid. 20m.)
 - Rodovias
 - ▭ Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari
- Classes de hipsometria (m.)**
- 850 a 900
 - 900 a 950
 - 950 a 1.000
 - Acima de 1.000

Escala: 1:50.000
0 375 750 1.500 Metros

Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data:
Abril/2017

Fonte:
A autora (2017)

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
AGUASPARANÁ (2011) e ITCG (2015)

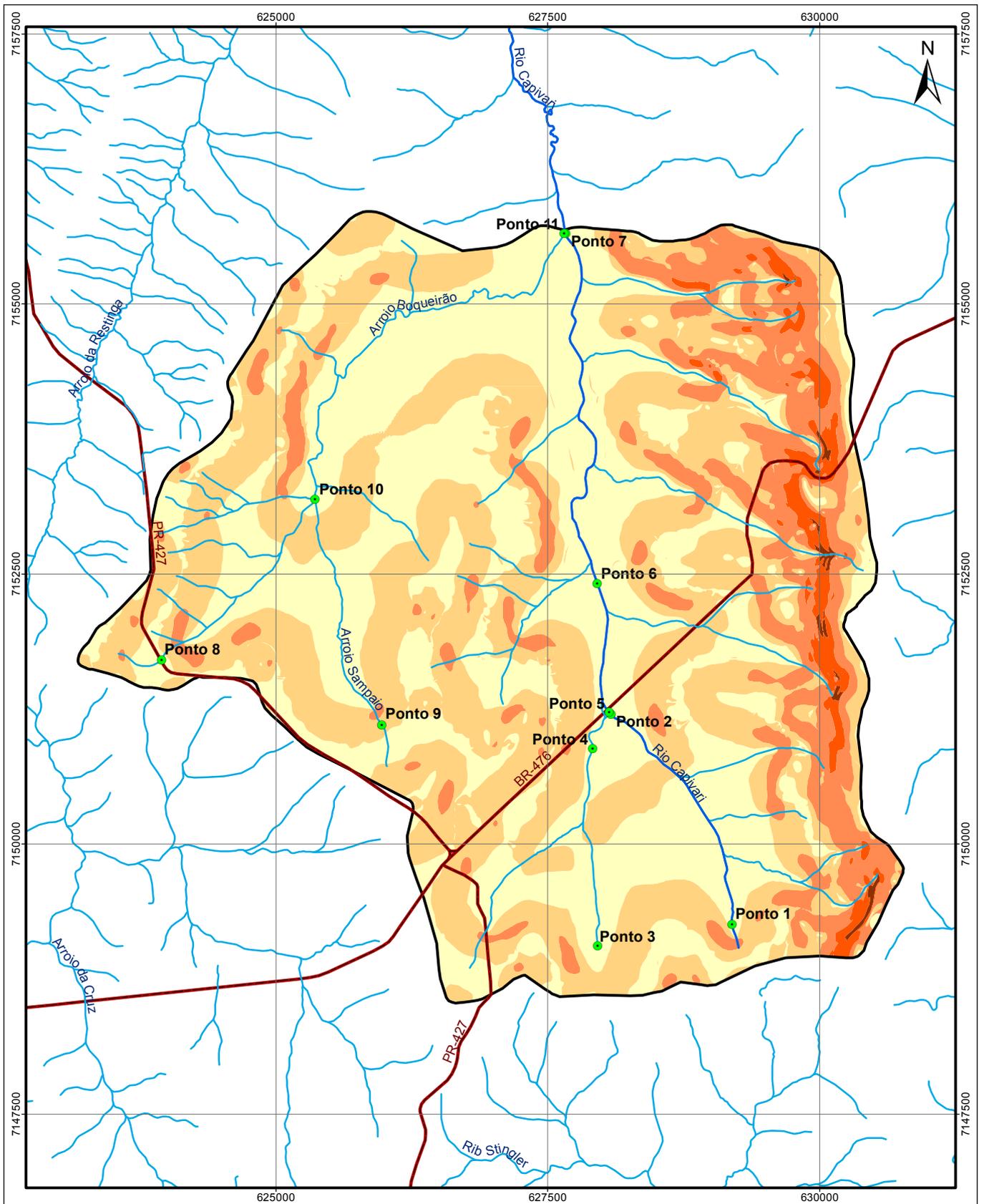


Figura 24:
Classes de declividade na área de estudo



Legenda:

- Pontos de coleta
- Rio Capivari
- Hidrografia
- Rodovias
- Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari

Classes de declividade

- 0 a 3% - Plano
- 3 a 8% - Suave ondulado
- 8 a 20% - Ondulado
- 20 a 45% - Forte ondulado
- 45 a 75% - Montanhoso

Escala:
1:50.000
0 375 750 1.500 Metros

Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data:
Abril/2017

Fonte:
A autora (2017)

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
AGUASPARANÁ (2011) e ITCG (2015)

FIGURA 25 – RELEVO DE DECLIVIDADE PLANA E SUAVE ONDULADA NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (04/09/2015 e 08/11/2015, respectivamente).

A declividade da encosta interfere na susceptibilidade à remoção detrítica desta, de maneira que áreas com declividade acentuada apresentam taxas de erosão e remoção de detritos e conseqüentemente produção de sedimentos mais elevadas que áreas planas, onde o processo de deposição de sedimentos se sobressai ao processo de remoção. Assim, considerando-se somente o fator declividade, a porção leste da área de estudo possui maior susceptibilidade à produção de sedimentos, uma vez que é onde estão localizadas as declividades mais acentuadas.

A geomorfologia da área de estudo mostra que as áreas mais susceptíveis à produção de sedimentos encontram-se na sua porção leste, onde as altitudes e as declividades são maiores, o que favorece o processo de escoamento superficial e reduz o processo de infiltração da água, carregando material detrítico pela encosta. No entanto, considerando outros fatores como geologia e clima, a área de estudo como um todo possui susceptibilidade à produção de sedimentos.

4.4 PEDOLOGIA

Os solos são fatores determinantes nos processos de produção de sedimentos das bacias hidrográficas, uma vez que suas diferentes características, principalmente em relação à textura e estrutura, podem intervir nos processos hidrossedimentológicos. Dessa forma, suas diferentes características estão diretamente relacionadas à capacidade de infiltração de água, ao processo de escoamento superficial, bem como à susceptibilidade ao processo de desagregação de partículas.

Os solos no município da Lapa são caracterizados pela influência geológica na sua formação, bem como da hidrografia. Dessa maneira, ao longo dos rios e das planícies de inundação ou áreas de várzea estão presentes solos hidromórficos. Os Latossolos no município estão presentes principalmente na porção leste, onde se encontram as rochas ígneas e metamórficas do Primeiro Planalto Paranaense. No restante do município, os solos são classificados como Argissolos, Cambissolos e Neossolos. Os Neossolos do município são da subordem Regolíticos e Litólicos, portanto têm relação direta com a geologia, principalmente com os arenitos, siltitos, folhelhos e conglomerados do Grupo Itararé, da Bacia Sedimentar do Paraná.

Na área de estudo se destacam os Cambissolos, cuja característica principal é a presença de um horizonte B incipiente, portanto uma pedogênese pouco avançada evidenciada pelo grau fraco de desenvolvimento de estrutura do solo (SANTOS et al., 2013) (TABELA 3 e FIGURA 26). Há ainda a presença de associação entre Cambissolos e Latossolos, o que indica que este solo está num processo de desenvolvimento de estrutura, e pode um dia se tornar um Latossolo. Na área de estudo a geologia também tem correlação com os tipos de solo uma vez que numa pequena porção da bacia há a presença de afloramento de rocha e em outra porção há a presença de associação de Neossolo com afloramento de rocha.

TABELA 3 – CLASSES DE SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO

Classes de solos	Área (ha)	(%)
CXbd29 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico úmbrico com LATOSSOLO VERMELHO Distrófico cambissólico	2.054,81	54,4
CHa3 - CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico típico	1.340,23	35,5
Área urbanizada	281,73	7,5
Afloramento de rocha	59,18	1,6
RLh7 - Associação NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico com afloramento de rochas	38,96	1,0
Total	3.774,91	100,0

FONTE: A autora (2017).

Os solos apresentam diferentes características morfológicas, o que implica em diferentes graus de susceptibilidade aos processos erosivos. Solos com textura arenosa possuem maior capacidade de infiltração, porém a capacidade de armazenamento da água é limitada (SCHWARZ, 1997). Por outro lado, para este autor, solos com teores altos de argila e matéria orgânica possuem a característica de estabilidade dos agregados, ou seja, funcionam como agentes cimentantes dos agregados, o que confere maior resistência à desagregação de partículas.

O solo com maior representatividade na área de estudo, o CXbd29, referente à associação entre Cambissolo Háplico Tb distrófico úmbrico com Latossolo Vermelho distrófico cambissólico, possui a característica de ocorrência em relevo suave ondulado, horizonte A proeminente, caráter álico, textura argilosa e substrato de folhelhos sílticos. Silva et al. (2009) identificaram um grau moderado de erodibilidade em Cambissolo Háplico e um grau baixo em Latossolo Vermelho.

A segunda classe de solo mais representativa na área de estudo é a do Cambissolo Húmico alumínico típico (CHa3), o qual apresenta textura argilosa e pode ocorrer em áreas de relevo forte ondulado, com substrato de filitos. Dessa maneira, apesar de apresentar textura argilosa, o que garante uma maior estabilidade aos agregados, a ordem dos Cambissolos pode apresentar certo grau de erodibilidade, o requer cuidados no manejo do solo.

As áreas urbanizadas ocupam 7,5%⁴ da área de estudo. Nestas áreas mesmo havendo maior impermeabilização da superfície, podem ocorrer processos erosivos, principalmente quando não há um ordenamento adequado da ocupação urbana. Um exemplo desse tipo de impacto na área de estudo é o processo erosivo na margem direita do rio Capivari nos pontos de coleta 02 e 05, o que ocorreu devido ao inadequado sistema de lançamento de efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (FIGURA 27), e se caracterizou como uma fonte de sedimentos à rede de drenagem.

Por último, em menor representatividade estão as áreas de Afloramento de Rocha e de Associação de Neossolo Litólico húmico típico com afloramento de rochas (RLh7). Para Santos, Zaroni e Almeida (2017), os Neossolos Litólicos são solos são pouco profundos, estão associados a relevos declivosos, dificultam o crescimento radicular e elevam o risco de erosão. Na área de estudo, estão associados às áreas de ocorrência dos arenitos, possuem textura média e caráter álico. Portanto, esta classe de solo juntamente com as áreas de afloramento de rocha podem ser importantes fontes de sedimentos à rede de drenagem.

⁴ Esta porcentagem de área se refere ao levantamento de solos da EMBRAPA (2008). Por esta razão o valor não coincide com a porcentagem da porção urbana considerada nesta pesquisa (36,5%), definida de acordo com a delimitação do perímetro urbano vigente no município (LAPA, 2009).

FIGURA 27 – PROCESSO EROSIVO NA MARGEM DIREITA DO RIO CAPIVARI, PRÓXIMO AOS PONTOS DE COLETA 2 E 5



FONTE: A autora (10/01/2016).

4.5 HIDROGRAFIA

A hidrografia contribui não somente à produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica através da erosão de margens e erosão remontante, mas principalmente ao transporte de sedimentos. Dessa forma, as condições de equilíbrio entre os processos e formas existentes na rede hidrográfica refletem não somente os cursos hídricos em si, mas toda a bacia de drenagem.

O rio Capivari é um contribuinte direto do rio Iguaçu, sua bacia de drenagem possui uma área de 15.151 ha e extensão de 22,18 km até o exutório. Recebe a contribuição de três principais cursos hídricos, o arroio da Restinga, o arroio Passo dos Marianos e o arroio Boa Vista, todos estes contribuintes estão totalmente inseridos em áreas rurais, somente o rio Capivari que tem sua cabeceira localizada no perímetro urbano do município.

A área de estudo, ou seja, a porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari possui área de 3.774,91 ha e seu canal fluvial, o rio Capivari, possui 7,49 km de extensão, até o ponto onde encontra seu principal afluente, o arroio Boqueirão (FIGURA 28). Um total de 1.376,83 ha ou 36,5% da área de estudo é ocupada por área de perímetro urbano, de acordo com a legislação vigente. No entanto, a proposta de revisão do novo Plano Diretor Municipal prevê um aumento deste percentual (LAPA, 2013). A área de contribuição direta do rio Capivari é de 2.566,80 ha (68,0%) e a área de contribuição do arroio Boqueirão é de 1.208,11 ha (32,0%).

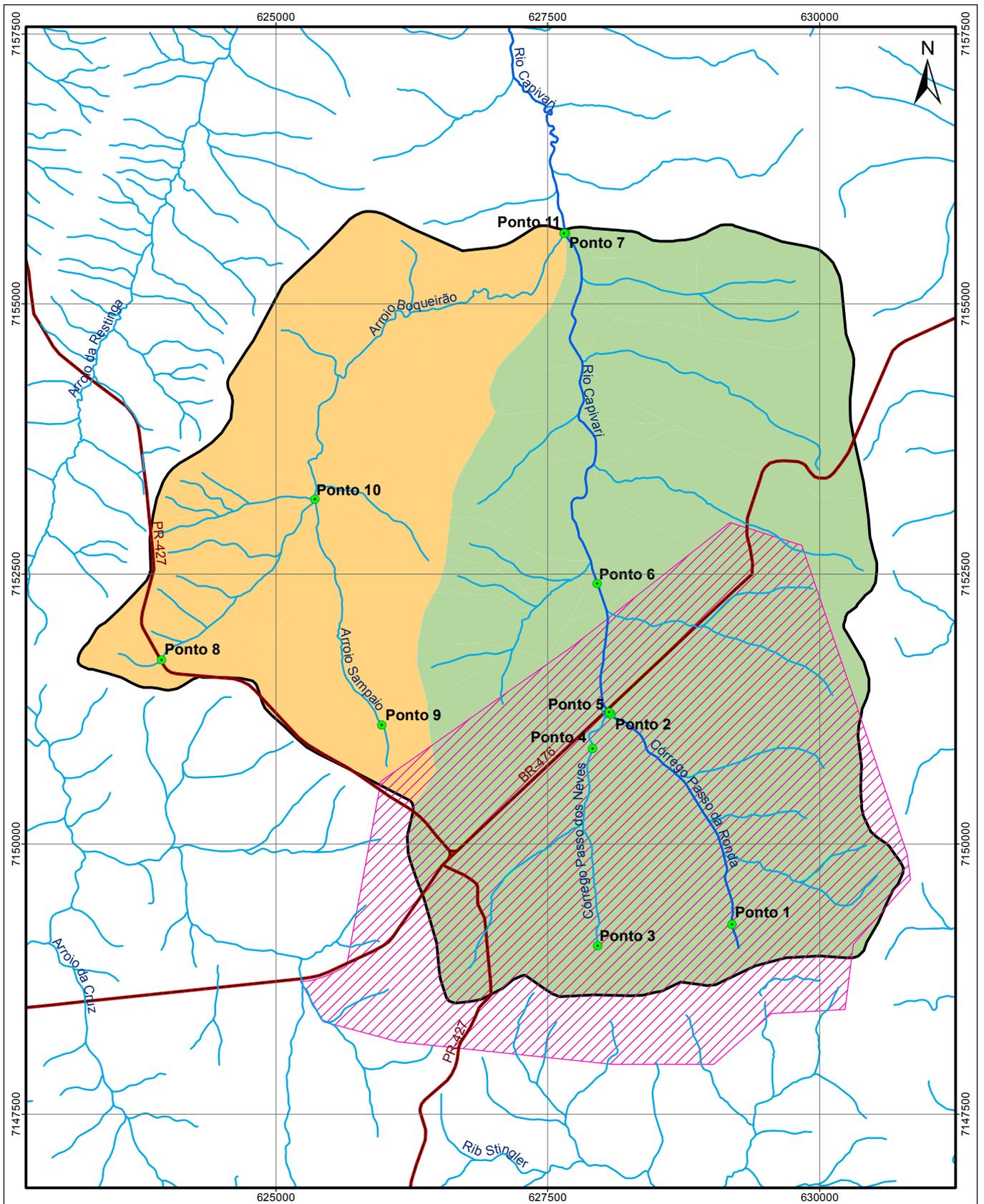


Figura 28:
Hidrografia da área de estudo



Legenda:

- Pontos de coleta
- Rio Capivari
- Hidrografia
- Rodovias
- ▭ Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari
- ▨ Perímetro urbano

Área de contribuição

- Rio Capivari (2.566,80 ha ou 68,0%)
- Rio Boqueirão (1.208,11 ha ou 32,0%)

Escala: 1:50.000

0 375 750 1.500 Metros

Sistema de Projeção:
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul
 Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data:
Abril/2017

Fonte:
A autora (2017)

Projeto:
 Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
 AGUASPARANÁ (2011), ITCG (2015) e LAPA (2009)

Uma vez que a distribuição dos pontos de coleta de água para quantificação de sedimentos em suspensão foi realizada considerando as características da rede hidrográfica da área de estudo, a caracterização desta foi realizada de acordo com a localização destes pontos. Desta maneira, no QUADRO 5 constam as fotografias e a descrição de cada canal dos pontos de coleta de amostra de água. Para fins de comparação de volume de água, as fotos de todos os pontos foram tiradas no dia 01/07/2016 (Coleta 13), com intervalo de menos de duas horas entre a primeira coleta e a última.

Na porção urbana sempre existiram problemas de inundação do rio Capivari e do seu afluente (córrego Passo dos Neves – trecho do ponto 3 ao ponto 4) (FIGURA 28). Na tentativa de minimizar os danos causados pelas inundações, em 2012 foi inaugurado o Parque Linear, também conhecido como Parque dos Neves, uma obra que incluiu a canalização e retificação do córrego Passo dos Neves, a construção de uma bacia de amortecimento, bem como a implantação de área verde e de lazer em alguns locais.

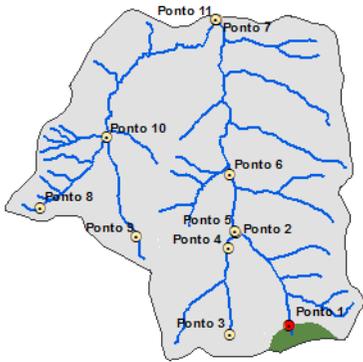
No entanto, na tentativa de resolução de um problema foi criado outro, uma vez que, apesar de ser considerado uma área verde, o Parque Linear não possui mata ciliar no seu percurso, somente área gramada (área permeável antropizada), a qual não proporciona uma proteção adequada ao solo. Dessa forma, sem a devida proteção, o material detrítico removido da superfície da bacia acaba sendo transportado ao canal fluvial, o que resulta no assoreamento deste e da bacia de amortização de cheias, a qual já se encontra consideravelmente assoreada e com sua capacidade de amortização de cheias reduzida (FIGURA 29).

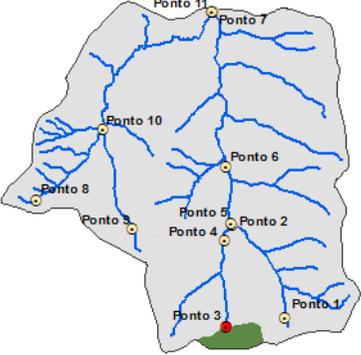
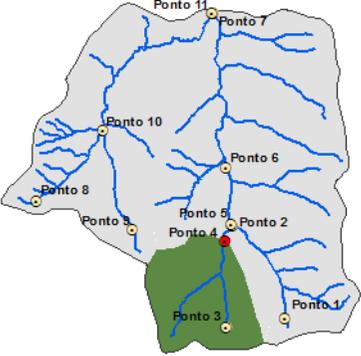
FIGURA 29 – BACIA DE AMORTIZAÇÃO DE CHEIAS ASSOREADA

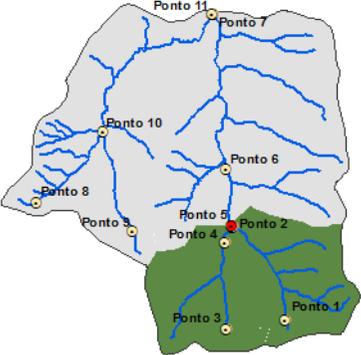
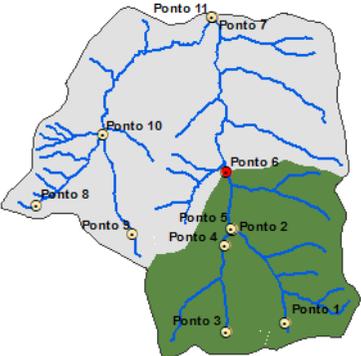


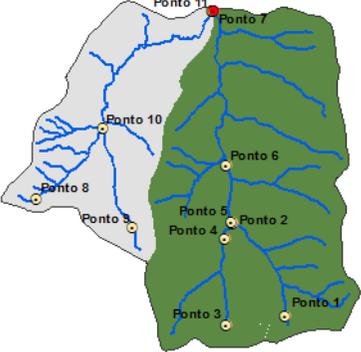
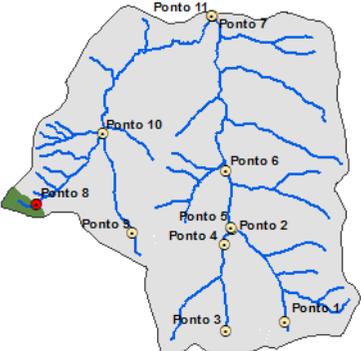
FONTE: A autora (01/07/2016).

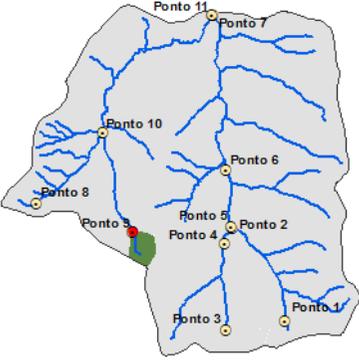
QUADRO 5 – CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO ATRAVÉS DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

Ponto	Área de contribuição (ha)	Área incremental (ha)	Situação	Rio	Croqui	Foto	Descrição
1	49,87	49,87	Cabeceira	Capivari (Trecho conhecido por Córrego Passo da Ronda)			Cabeceira do rio Capivari com influência antrópica caracterizada pelo lançamento de efluente doméstico a montante (indícios devido ao odor característico), principalmente em dias de estiagem de chuva. Largura aproximada: 0,5 m.
2	531,57	481,72	Médio curso	Capivari (Trecho conhecido por Córrego Passo da Ronda)			Rio Capivari a montante da confluência com o Córrego dos Neves. Possui influência antrópica, com indícios de lançamento de efluente doméstico a montante. Largura aproximada: 1,5 m.

3	54,54	54,54	Cabeceira	Capivari (Afluente deste – Córrego Passo dos Neves)			<p>Cabeceira do Córrego dos Neves, afluente do rio Capivari. Possui lançamento de efluente doméstico, sendo o ponto onde o odor é normalmente mais forte. O córrego foi canalizado e retificado em 2012, onde foi criado um parque linear.</p> <p>Largura aproximada: 2 m.</p>
4	459,76	405,23	Médio curso	Capivari (Afluente deste – Córrego Passo dos Neves)			<p>Córrego dos Neves, a jusante do ponto 3 e a montante da confluência com o Capivari.</p> <p>Ponto próximo à bacia de contenção, obra que faz parte do Parque Linear, construída com o objetivo de conter inundações.</p> <p>Largura aproximada: 5 m.</p>

5	1.024,04	32,70	Médio curso	Capivari			<p>Ponto a jusante da confluência do Córrego Passo das Neves com o trecho do rio Capivari conhecido por Córrego Passo da Ronda. Local com lançamento de efluente tratado da SANEPAR. Devido erosão remontante, a margem direita do canal foi constantemente degradada, em julho/2016 foi iniciada obra para conter o problema. Largura aproximada: 4 m.</p>
6	1.343,78	319,73	Médio curso	Capivari			<p>Ponto a jusante do ponto anterior, local de relevo plano com várzea, resultando numa velocidade de fluxo baixa, gerando a acumulação de resíduos sólidos carregados da porção urbana. Largura aproximada: 6 m. (há indícios de que houve alargamento do canal).</p>

7	2.566,80	1.223,01	Baixo curso	Capivari			<p>Ponto mais a jusante do rio Capivari na área de estudo. Apesar da degradação do rio a montante, neste ponto não há presença de odor forte. Localizado em relevo plano, há transbordamento da água do canal no leito maior ou planície de inundação em eventos de precipitação elevada. Largura aproximada: 4 m.</p>
8	31,53	31,53	Cabeceira	Boqueirão			<p>Cabeceira do arroio Boqueirão, recebe a influência antrópica de rodovia e estrada rural. A montante há a presença de uma área úmida. Largura aproximada: 4 m. (com indícios de que houve alargamento devido à construção da rodovia).</p>

9	32,32	32,32	Cabeceira	Boqueirão (Afluente deste – Arroio Sampaio)			<p>Cabeceira do Arroio Sampaio, afluente do rio Boqueirão. Ponto de cabeceira mais preservado em termos de presença de vegetação natural ripária. Sua nascente está localizada em área de floresta, e o ponto encontra-se numa área de várzea, formada ao longo do canal. Largura aproximada: 0,5 m.</p>
10	519,04	455,19	Médio curso	Boqueirão			<p>Ponto localizado logo a jusante da confluência do arroio Sampaio com o Boqueirão. Largura aproximada: 2 m.</p>

11	1.208,11	689,07	Baixo curso	Boqueirão			<p>Localizado a alguns metros a montante da confluência com o rio Capivari, este ponto tem a mesma característica do ponto 7 em termos de susceptibilidade à inundação em razão do relevo plano. Largura aproximada: 3 m.</p>
----	----------	--------	-------------	-----------	--	---	---

FONTE: A autora (2017).

Outro problema do município da Lapa e que afeta diretamente a área de estudo em razão desta se encontrar parte em porção urbana é o saneamento básico. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNSA, 2013), 67,9% da população do município é atendido com rede água, esse número cresce para 100% quando se considera somente a população urbana. Em relação ao atendimento com rede de esgoto, apenas 48,4% do total populacional é atendido, sendo que em área urbana o percentual é de 80,0% (SNSA, 2013), ou seja, 20% da população urbana não é atendida com rede de esgoto, o que é evidente no odor característico em alguns pontos de coleta de água.

No que diz respeito ao tratamento do esgoto, do total de esgoto coletado pela rede, 99,8% recebe o tratamento. No entanto, ao se considerar o total de esgoto gerado pelo município, somente 70,1% é tratado (SNSA, 2013). Portanto, uma significativa parcela do esgoto gerado no município não é tratado, o que impacta diretamente os canais fluviais, uma vez que estes são os destinos dos efluentes na maioria dos casos.

5 USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO

5.1 USO DA TERRA

Embora uma porção da área de estudo esteja localizada em área urbana (36,5%), a porção situada na área rural da bacia é mais abrangente (63,5%), bem como as atividades que ocorrem nesta. Dessa maneira, conforme se pode observar na FIGURA 30 e TABELA 4, de maneira geral na porção urbana prevalecem as edificações como uso da terra. Na porção rural prevalecem as áreas de cultura temporária, pastagem temporária e pastagem permanente, sendo estas as principais atividades econômicas que ocorrem na porção rural da área de estudo.

Na porção urbana da bacia se destacam as edificações (26,5%) (FIGURA 31) e as vias de acesso pavimentadas (6,9%) e não pavimentadas (4,0%) (FIGURA 30, FIGURA 32 e TABELA 4). As vias de acesso em bacias hidrográficas atuam como conexões com a rede de drenagem, facilitando o transporte de sedimentos. Na porção urbana da área de estudo pode haver produção e transporte de sedimentos tanto em vias pavimentadas como não pavimentadas, de maneira que os condutos para escoamento pluvial têm importante contribuição no transporte dos sedimentos produzidos nas vertentes para a rede hidrográfica.

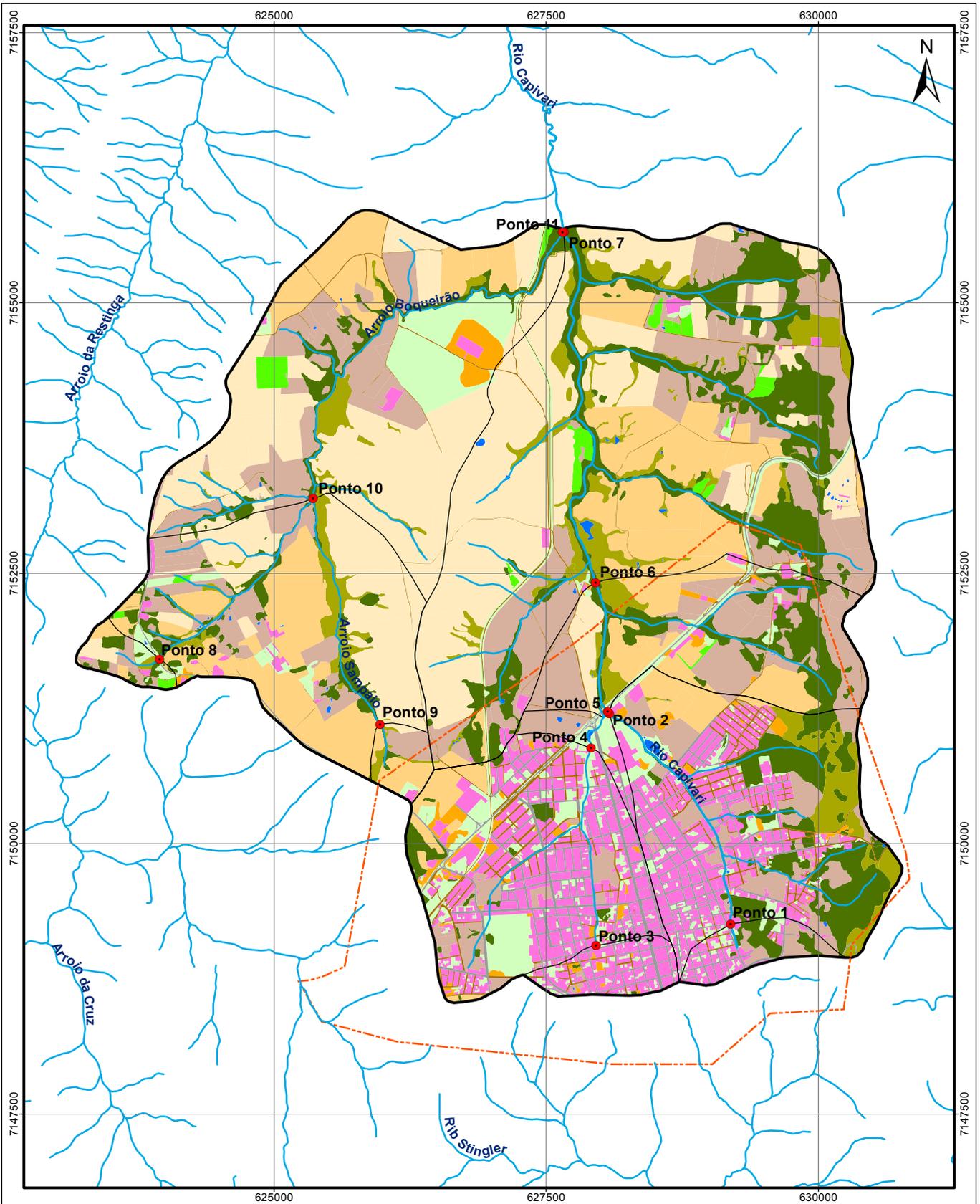


Figura 30:
Uso da terra na área de estudo



Legenda:

- Pontos de coleta
- Hidrografia
- ▭ Área de estudo - Porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari
- ▭ Perímetro urbano
- ▭ Áreas de contribuição dos pontos de coleta

Uso da terra

■ Cultura temporária (verão)/pastagem temporária (inverno) (22,6%)	■ Áreas permeáveis antropizadas (6,9%)
■ Pastagem permanente (18,8%)	■ Vegetação natural campestre (5,5%)
■ Cultura temporária (inverno/verão) (15,0%)	■ Via com pavimentação (2,6%)
■ Vegetação natural florestal (13,8%)	■ Via sem pavimentação (2,1%)
■ Edificações (10,2%)	■ Solo exposto (1,3%)
	■ Silvicultura (0,9%)
	■ Corpos d'água (0,2%)

Escala: 1:1.500.000

Sistema de Projeção:
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul
Datum Horizontal SIRGAS 2000

Data: Abril/2017	Fonte: A autora (2017)
----------------------------	----------------------------------

Projeto:
Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do Rio Capivari, Lapa/PR

Fonte de dados:
AGUASPARANÁ (2011), ITCG (2015) e LAPA (2009)

TABELA 4 – CLASSES DE USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO

Classes de uso da terra	Urbano		Rural		Total	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Cultura temporária/Pastagem temporária	10,10	0,7	844,15	35,2	854,25	22,6
Pastagem permanente	252,60	18,3	455,20	19,0	707,80	18,8
Cultura temporária	145,48	10,6	422,46	17,6	567,94	15,0
Vegetação natural florestal	209,06	15,2	311,41	13,0	520,47	13,8
Edificações	365,06	26,5	19,31	0,8	384,37	10,2
Áreas permeáveis antropizadas	155,84	11,3	106,38	4,4	262,22	6,9
Vegetação natural campestre	53,72	3,9	152,91	6,4	206,63	5,5
Via com pavimentação	94,52	6,9	5,11	0,2	99,63	2,6
Via sem pavimentação	55,26	4,0	25,01	1,0	80,27	2,1
Solo exposto	30,87	2,2	19,00	0,8	49,87	1,3
Silvicultura	1,21	0,1	32,39	1,4	33,60	0,9
Corpos d'água	3,11	0,2	4,75	0,2	7,86	0,2
Total	1.376,83	100,0	2.398,08	100,0	3.774,91	100,0

FONTE: A autora (2017).

FIGURA 31 – PORÇÃO URBANA DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (25/06/2016).

FIGURA 32 – VIAS DE ACESSO PAVIMENTADAS E NÃO PAVIMENTADAS NA PORÇÃO URBANA DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (27/05/2016 e 01/07/2016, respectivamente).

O centro histórico do município da Lapa é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) desde 1992, de maneira que em algumas vias só podem ser utilizados pavimentos de pedra, sendo necessário para sua manutenção preencher os espaços entre estas com areia, conforme informações colhidas na Secretaria de Infraestrutura, Obras e Transporte da Prefeitura Municipal. Com o passar do tempo, este material é removido e transportado aos bueiros das vias, e em seguida aos condutos para escoamento pluvial e por fim aos canais fluviais (FIGURA 33), causando o assoreamento destes, sendo esta uma das razões para o assoreamento acelerado da bacia de amortecimento do Parque Linear (Item 4.5 e FIGURA 29).

FIGURA 33 – MATERIAL DE PREENCHIMENTO DAS VIAS QUE SERÁ TRANSPORTADO AOS CONDUTOS PARA ESCOAMENTO PLUVIAL E EM SEGUIDA AOS CANAIS FLUVIAIS



FONTE: A autora (01/07/2016).

Outro fator que pode contribuir para o processo de produção de sedimentos é o de construções de vias e edificações, geralmente mais expressivos em áreas urbanas. Na FIGURA 34 é possível visualizar um exemplo deste processo, onde houve o aterramento de um terreno na área de estudo para posterior construção de edificação, configurando situação de solo exposto por alguns meses, o que pode acelerar o processo de retirada e transporte de material detrítico, principalmente em eventos extremos de pluviosidade, e pode ter contribuído para os resultados de carga sedimentar em suspensão obtidos no período de análise. Os solos expostos na porção urbana representam 2,2% de sua área total (FIGURA 30 e TABELA 4).

FIGURA 34 – SOLO EXPOSTO EM ATERRAMENTO DE TERRENO NA PORÇÃO URBANA



FONTE: A autora (25/06/2016).

Em razão da delimitação do perímetro urbano em vigência atualmente (LAPA, 2009) abranger áreas com características rurais, a porção urbana da área de estudo apresenta um percentual significativo de usos com características rurais, como pastagem permanente (18,3%) e cultura temporária (10,6%). As áreas de vegetação natural florestal também são significativas (15,2%), sendo esta classe presente predominantemente na porção leste (FIGURA 30 e TABELA 4).

Na porção urbana também são representativas as áreas permeáveis antropizadas (11,3%) (FIGURA 30, FIGURA 35 e TABELA 4), caracterizadas por áreas de vegetação gramada, áreas de vegetação de capoeira e de vegetação ruderal⁵. São características dessas áreas o alto grau de interferência antrópica e em algumas situações a degradação da vegetação, no entanto, em relação à produção de sedimentos, são áreas que garantem aos solos proteção à remoção detrítica, uma vez que favorecem a infiltração da água.

⁵ Vegetação constituída de espécies adaptadas a ambientes alterados pela ação antrópica, como margens de estradas, proximidades de habitações abandonadas, terrenos baldios, loteamentos urbanos, dentre outros (PEDROTTI e NETO, 1998).

FIGURA 35 – ÁREAS PERMEÁVEIS ANTROPIZADAS NA PORÇÃO URBANA



FONTE: A autora (04/10/2015 e 08/11/2015, respectivamente).

Na porção rural da área de estudo, predominam as áreas de cultivo agrícola, onde ocorre o plantio de culturas temporárias intercaladas com pastagem temporária (35,2%) e de cultura temporária (17,6%) (FIGURA 30, FIGURA 36 e TABELA 4), sendo, portanto, a agricultura a atividade econômica mais expressiva da área de estudo em termos de área ocupada. Além disso, por envolver diretamente o manejo do solo, a agricultura também é a atividade que tem maior relevância na área de estudo em termos de produção de material detrítico nas vertentes e transporte aos canais fluviais.

FIGURA 36 – CULTIVOS AGRÍCOLAS TEMPORÁRIOS NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (10/01/2016 e 01/07/2016, respectivamente).

Em segundo lugar em termos de área ocupada está a classe de pastagem permanente (FIGURA 37), que ocupa 19,0% da porção rural da área de estudo (FIGURA 30 e TABELA 4). Esta classe, em termos de remoção detrítica das vertentes é menos suscetível, uma vez que há menos revolvimento de terra, exceto quando a pastagem é cultivada (pastagem temporária) e há rodízios com culturas de

verão. Fatores que podem acelerar os processos erosivos nestas áreas são o pisoteio do gado, compactando e reduzindo a capacidade de infiltração da água, assim como o acesso direto do gado aos canais fluviais, o que ocorre na maioria das propriedades da região e facilita a processo de erosão de margem.

FIGURA 37 – PASTAGEM PERMANENTE NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (08/11/2015 e 01/07/2016, respectivamente).

As áreas de vegetação natural florestal da área de estudo (13,0% do total rural) (FIGURA 30, FIGURA 38 e TABELA 4) têm importante função de proteção dos canais fluviais, no entanto, nota-se que na maioria das propriedades a metragem mínima requisitada pela legislação ambiental (BRASIL, 2012) não é respeitada, havendo porções onde os canais fluviais não contam com vegetação ripária ou estas são muito pequenas.

FIGURA 38 – ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL FLORESTAL E CAMPESTRE NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (01/07/2016).

Na FIGURA 30 é possível observar que as áreas de vegetação natural florestal estão presentes em maior representatividade na porção leste da área de estudo, tanto na porção urbana como na porção rural, onde o relevo declivoso, o afloramento de rochas e os solos rasos e pedregosos não são propícios ao cultivo agrícola e à expansão urbana. Além disso, nesta porção incide parte da APA Estadual da Escarpa Devoniana (FIGURA 19), a qual estabelece algumas restrições ao uso e ocupação do território, o que contribui para a maior existência de vegetação natural.

Outra classe de uso da terra são as áreas de vegetação natural campestres (5,5% do total da área de estudo) (FIGURA 30, FIGURA 38 e TABELA 4), as quais se diferenciam das pastagens, uma vez que preservam as características da formação fitogeográfica de campos naturais e geralmente não são ocupadas por animais. Segundo ITCG (1989/1990), 72,4% da área de estudo está inserida na formação de Estepe Gramíneo Lenhosa (Campos Naturais) e 27,6% está inserida na formação de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária - Mata dos Pinhais).

As vias pavimentadas e não pavimentadas da porção rural da área de estudo (1,3%) são importantes conectoras entre as vertentes e os canais fluviais (FIGURA 30, FIGURA 39 e TABELA 4). Além disso, as vias não pavimentadas ou estradas rurais ainda têm grande potencial de fornecer sedimentos à rede de drenagem, em razão do desprendimento de material detrítico das rochas que são utilizadas para a manutenção das estradas e do processo erosivo nas margens destas, nas áreas de barrancos. Portanto, para Antonelli (2011) e Wemple (1998) elas atuam como fonte na produção de sedimentos.

FIGURA 39 – ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS VIAS NÃO PAVIMENTADAS NA PORÇÃO RURAL



FONTE: A autora (22/11/2015 e 18/08/2016, respectivamente).

Antonelli (2011) constatou que dentre a taxa de perda de solos de acordo com o uso da terra numa bacia hidrográfica, a contribuição das estradas rurais foi de 65,6%. Farias (2016) identificou uma contribuição das estradas de 7% em perda de solos numa bacia hidrográfica de ambiente semiárido, ou seja, com baixo índice pluviométrico e, portanto, baixa erosividade e com apenas 0,7% de sua área ocupada por estradas. MacDonald, Sampson e Anderson (2001), evidenciaram escoamento superficial em estradas com precipitação pluviométrica de 6mm. Além disso, estes autores identificaram uma produção de sedimentos que variou de 10 a 15 kg m² ano em estradas em ambiente tropical.

5.2 CALENDÁRIO AGRÍCOLA

Como exposto no Item 5.1, a representatividade da atividade agrícola e de pecuária na área de estudo em termos de área ocupada (56,4%) é muito importante e o impacto destas atividades na produção de sedimentos é significativo, uma vez que envolvem diretamente o manejo do solo. Dessa forma, foi realizada a análise do calendário agrícola da área de estudo (QUADRO 6), ou seja, das especificidades da atividade agrícola de acordo com a sazonalidade associada principalmente às mudanças de temperatura ao longo do ano.

Cada tipo de cultura agrícola ou de pastagem pressupõe diferentes épocas de plantio, desenvolvimento vegetativo e colheita, conseqüentemente diferentes níveis de cobertura vegetal. Além disso, para cada cultura há características próprias de manejo, como plantio direto ou convencional, espaçamento de plantas, tipos e profundidades de raízes, características das folhas, dentre outras. Estas características interferem diretamente no ciclo hidrossedimentológico, uma vez que podem acelerar ou minimizar os processos erosivos da bacia.

QUADRO 6 – CALENDÁRIO AGRÍCOLA DA ÁREA DE ESTUDO

Mês	Inverno		Verão			Inverno/verão	
	Pastagem temporária (azevém/aveia)	Cultura temporária (trigo/cevada)	Cultura temporária (soja)	Cultura temporária (milho)	Cultura temporária (feijão)	Pastagem permanente	Cultura temporária (batata)
Julho	Desenvolvimento vegetativo	Plantio	-	-	-	Período de dormência	Preparo do solo (plantio convencional)
Agosto	Desenvolvimento vegetativo	Desenvolvimento vegetativo	-	-	-	Início brotação	Plantio
Setembro	Dessecação para plantio de verão	Desenvolvimento vegetativo	-	Plantio	Plantio	Brotação	Desenvolvimento vegetativo
Outubro	Dessecação para plantio de verão	Colheita	Plantio	Plantio	Plantio	Pleno desenvolvimento	Desenvolvimento vegetativo
Novembro	-	-	Plantio	Desenvolvimento vegetativo	Desenvolvimento vegetativo	Pleno desenvolvimento	Desenvolvimento vegetativo
Dezembro	-	-	Desenvolvimento vegetativo	Pleno desenvolvimento	Desenvolvimento vegetativo	Pleno desenvolvimento	Colheita
Janeiro	-	-	Pleno desenvolvimento	Colheita	Colheita	Pleno desenvolvimento	Plantio - batata safrinha
Fevereiro	-	-	Colheita	Colheita	Plantio - feijão safrinha	Pleno desenvolvimento	Desenvolvimento vegetativo
Março	-	-	Colheita	Colheita	Desenvolvimento vegetativo	Redução da brotação	Desenvolvimento vegetativo
Abril	Plantio	-	Colheita e dessecação para plantio de inverno	-	Desenvolvimento vegetativo	Redução da brotação	Desenvolvimento vegetativo
Maiο	Plantio	Plantio	Dessecação para plantio de inverno	-	Colheita	Início de período de dormência devido geadas	Colheita
Junho	Desenvolvimento vegetativo	Plantio	-	-	-	Período de dormência	Colheita

FONTE: Adaptado de IAPAR (2017), CONAB (2016).

LEGENDA: Baixa cobertura vegetal Média cobertura vegetal Alta cobertura vegetal Sem cobertura vegetal

De maneira geral, na área de estudo são praticados rodízios entre culturas temporárias de inverno (junho a setembro) e culturas temporárias de verão (outubro a maio)⁶. Há ainda práticas agrícolas que podem ocorrer tanto no inverno quanto no verão, como as pastagens permanentes, as quais têm a característica de pertencerem à fitofisionomia de campos naturais, porém alteradas em função do pastoreio, e a cultura temporária de batata.

Na área de estudo, a cultura de verão de maior ocorrência é a soja e as culturas de inverno são azevém e aveia. Todos os cultivos praticados, exceto o de batata, são realizados através de plantio direto sobre palhada, ou seja, o plantio é realizado sobre a palhada morta da cultura anterior, fazendo com que o solo raramente fique desprovido de cobertura vegetal.

Cassol e Lima (2003) identificaram uma redução de 90% na taxa de perda do solo por erosão em solos onde não houve o preparo, ou seja, em plantio direto, em relação ao solo descoberto do plantio convencional. Dessa maneira, fatores como o manejo do solo, o tipo e a densidade da cobertura vegetal, além do calendário agrícola podem influenciar nos processos erosivos e de produção de sedimentos na área de estudo.

Dentre as culturas temporárias de inverno, estão a aveia e o azevém, gramíneas que são geralmente utilizadas para pastagem temporária, uma vez que as pastagens permanentes entram em período de dormência nesse período devido às geadas. A aveia e o azevém podem ser utilizados também para cobertura vegetal e proteção do solo e para produção de sementes. O plantio dessas culturas ocorre a partir de abril, após a colheita da cultura de verão, onde a cobertura vegetal é feita pelo resto de palhada da planta colhida. A partir de junho há o desenvolvimento vegetativo e o aumento da cobertura vegetal, sendo que os meses onde há maior proteção são julho e agosto.

O trigo e a cevada se configuram como as demais culturas temporárias desenvolvidas durante o inverno na área de estudo e também são gramíneas. O plantio ocorre em junho e julho e a partir destes meses a planta passa a se desenvolver e aumentar a cobertura vegetal e a proteção do solo, sendo que em

⁶ Generalização de inverno/verão realizada de acordo a prática de rodízio de culturas da área de estudo.

setembro geralmente ocorre o maior índice de cobertura vegetal e em outubro ocorre a colheita para dar lugar às culturas de verão.

Dentre as culturas temporárias de verão, a soja é a leguminosa que mais se destaca na área de estudo. Seu plantio ocorre em outubro e novembro, sobre a palhada morta da cultura de inverno, portanto nestes meses há uma baixa cobertura vegetal. A partir de então, ocorre o desenvolvimento vegetativo da planta e geralmente em janeiro há o maior nível de cobertura vegetal e proteção do solo. A colheita pode ocorrer de fevereiro a abril, dependendo da data do plantio e da variedade. Após a colheita, é feita a dessecação da planta para a formação de cobertura vegetal morta (resteva de soja) e plantio de cultura de inverno novamente.

A segunda cultura de verão de maior importância da área de estudo é o milho, uma gramínea que tem seu plantio geralmente em setembro e outubro sobre a palhada da cultura de inverno. Após o plantio ocorre o desenvolvimento vegetativo e o aumento gradual da cobertura vegetal, sendo que o maior nível se dá normalmente em dezembro. De janeiro a março é realizada a colheita, depois desta a proteção do solo é feita com a palhada morta do milho, até o plantio de cultura de inverno. Na região da Lapa não se faz o plantio de milho safrinha como em outras regiões do Brasil, em razão da ocorrência de geada.

O feijão, outra cultura temporária de verão, é uma leguminosa plantada em setembro e outubro, geralmente também sobre palhada morta da cultura de inverno. Seu desenvolvimento pleno e conseqüentemente o maior nível de cobertura vegetal se dá em dezembro e a colheita é em janeiro. Em seguida, geralmente é realizado o plantio de feijão safrinha com colheita em maio ou rodízio com outra cultura.

As pastagens permanentes também são influenciadas pelas características sazonais, uma vez que têm seu desenvolvimento pleno durante os meses de outubro a fevereiro, portanto em período quente, e seu período de dormência em junho e julho, portanto no inverno. No entanto, uma característica que diferencia das demais atividades, é que nestes tipos de pastagens há cobertura vegetal o ano todo, em diferentes graus, porém o solo não fica em nenhum momento desprotegido, o que pode ocorrer no sistema de rodízio de culturas, mesmo no sistema de plantio direto.

Regiões onde ocorre o cultivo da batata, outra leguminosa, de forma extensiva merecem atenção quanto ao potencial de produção de sedimentos, uma vez que esta é uma cultura onde não é realizado o sistema de plantio direto, mas

sim o plantio convencional. Dessa maneira, antes do plantio o solo requer preparo através de revolvimento e com isso a palhada morta da cultura anterior é enterrada, não havendo cobertura vegetal de proteção do solo, ficando este exposto até o início do desenvolvimento vegetativo. Na colheita também há revolvimento do solo, tornando-o exposto novamente e não formando palhada morta para o plantio direto no cultivo seguinte.

Na área de estudo, o preparo do solo para a cultura de batata é feito em julho e o plantio em agosto, portanto estes são dois meses críticos em razão da ausência de cobertura vegetal nos terrenos onde há o plantio desta cultura, assim como em dezembro, quando ocorre a colheita. O plantio de batata safrinha é realizado em janeiro e a colheita é realizada em maio e junho. Geralmente não é realizado o plantio de duas safras de batata seguida no mesmo terreno, e sim o rodízio com outras culturas em razão da susceptibilidade à erosão que o manejo do plantio da batata proporciona. No período de análise desta pesquisa só foi identificado plantio de batata em um terreno de 13,98 ha (0,4%) entre janeiro e maio, localizado a aproximadamente 500 metros a montante do ponto 11.

Portanto, o sistema de manejo de plantio direto adotado na região favorece a proteção dos solos, sendo que somente o cultivo da batata é realizada de forma convencional, os demais são realizados de forma direta sobre a cobertura vegetal morta do plantio anterior. Excepcionalmente para as demais culturas pode haver necessidade de preparo do solo através de revolvimento deste para descompactação e/ou incorporação de calcário.

O sistema de plantio direto favorece a infiltração da água e diminui o escoamento superficial, reduzindo conseqüentemente a retirada e transporte de material detrítico das vertentes. No entanto não são adotados na região outros importantes sistemas de manejo como plantio em curvas de nível e terraceamento, o que pode favorecer o escoamento superficial e o transporte de material detrítico.

As diferentes culturas também têm características próprias em termos de densidade de plantas e tipos de raízes, o que pode influenciar na susceptibilidade aos processos erosivos. As culturas de inverno e o milho são gramíneas que possuem a característica de raiz fasciculada ou cabeleira, as quais têm a característica de serem densas e não profundas (FIGURA 40), o que favorece a proteção do solo na medida que impede a ação direta dos agentes de intemperismo e conseqüentemente reduz os processos erosivos.

FIGURA 40 – RAIZ PIVOTANTE E RAIZ CABELEIRA



FONTE: A autora (26/03/2017).

Além disso, o espaçamento entre plantas das culturas de inverno é menor (cerca de 17 cm entre linhas), proporcionando uma maior densidade de plantas por m^2 , o que aumenta o grau de cobertura vegetal e consequentemente de proteção do solo. Na área de estudo estimou-se uma densidade de 380 a 400 plantas de trigo por m^2 , sendo que as demais culturas de inverno possuem características semelhantes.

Já as culturas da família das leguminosas (soja, feijão e batata) possuem raiz do tipo pivotante, a qual se configura por uma raiz principal evidente e mais desenvolvida da qual saem raízes menores e menos desenvolvidas perpendicularmente (FIGURA 40), portanto são raízes menos densas que as fasciculadas. Além disso, a densidade de plantas é menor, sendo que a soja geralmente é plantada de 45 a 50 cm entre linhas e estima-se uma densidade de 25 a 28 plantas por m^2 . O milho, apesar de possuir raiz fasciculada ou cabeleira, possui pouca densidade de plantas, pois também é plantado com espaçamento de cerca de 50 cm com 7 a 8 unidades por m^2 .

Além da sazonalidade da pluviosidade, o que confere às chuvas de inverno características frontais e raramente torrenciais, e, portanto, com menor potencial desagregador, as culturas de inverno proporcionam uma maior proteção ao solo, em razão do tipo do sistema radicular e da densidade de plantas. Dessa maneira, no inverno há uma menor susceptibilidade aos processos erosivos e consequentemente à produção de sedimentos se comparado ao verão, quando as características das culturas e da pluviosidade do tipo torrencial podem acelerar os processos erosivos.

5.3 USO DA TERRA E SAZONALIDADE DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

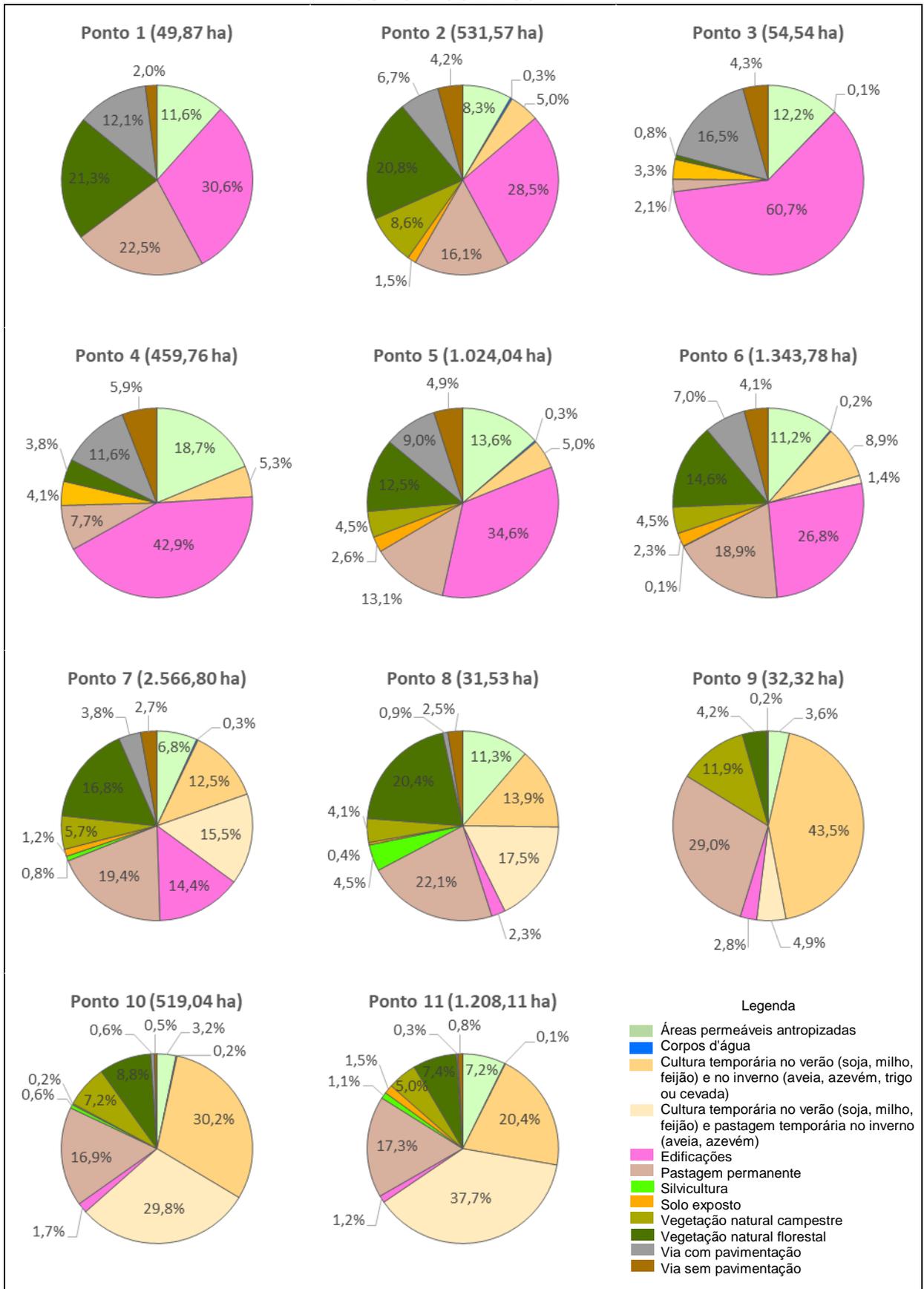
A FIGURA 41 representa a proporção das classes de uso da terra conforme as áreas de contribuição dos pontos de coleta de amostra de água para quantificação da carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez (FIGURA 9 e FIGURA 28). De maneira geral, é possível visualizar que as áreas de contribuição dos pontos 1 a 7, referentes à bacia do rio Capivari, possuem mais características urbanizadas do que os pontos 8 a 11, referentes à bacia do arroio Boqueirão, de características mais agrícolas.

Ao se comparar os dois pontos de cabeceira de drenagem da porção urbana da área de estudo (pontos 1 e 3), é possível visualizar que o ponto 3 possui características mais urbanizadas que o ponto 1, uma vez que as áreas de edificação e vias são mais representativas. No ponto 1 há uma importante presença de classes de uso da terra com características não urbanizadas, como pastagens permanentes e vegetação natural florestal. As áreas permeáveis antropizadas possuem representatividade semelhante para os dois pontos (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Dessa maneira, as áreas de contribuição dos pontos a jusante destes, portanto os pontos 2 e 4 (ambos de médio curso), têm características semelhantes. Na área de contribuição do ponto 2 há menor representatividade de edificações e vias do que na área de contribuição do ponto 4, fazendo com que este tenha características mais urbanizadas do que o primeiro. Além disso, na área de contribuição do ponto 2 há uma importante representatividade de classes como vegetação natural florestal e vegetação natural campestre, o que não ocorre na área de contribuição do ponto 4 (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Em consequência disto, após a confluência dos dois canais de cabeceira da porção urbana, a área de contribuição do ponto 5 (médio curso) possui uma importante representatividade de classes de características urbanizadas, como edificações e vias (48,5%) (FIGURA 30 e FIGURA 41). Existe representatividade de classes como vegetação natural florestal, vegetação natural campestre e áreas permeáveis antropizadas, no entanto, classes de características rurais, como pastagens permanentes são pouco representativas nesta área de contribuição.

FIGURA 41 – PROPORÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA NAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA



FONTE: A autora (2017).

Na área de contribuição do ponto 6 (médio curso) classes com características urbanizadas, como edificações e vias perdem importância (37,9%), uma vez que, mesmo estando praticamente toda dentro do perímetro urbano, há introdução de áreas de características rurais, como áreas de cultivo agrícola e incremento nas áreas de pastagem permanente e temporária, as quais juntas representam 29,2% da área de contribuição do ponto 6. Há ainda um incremento nas áreas de vegetação natural florestal e campestre (19,1%) (FIGURA 30 e FIGURA 41).

A área de contribuição do ponto 7 (bacia do rio Capivari) segue a mesma dinâmica da área do ponto 6, ou seja, há uma redução da representatividade das classes de características urbanizadas (20,9%) e aumento da representatividade das classes rurais, como de cultivo agrícola e pastagens permanentes e temporárias (47,4%). Há ainda o aumento da representatividade das classes de vegetação natural e campestre (22,5%) (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Em relação à área de contribuição do arroio Boqueirão, ao se comparar os dois pontos de cabeceira desta área, ou seja, os pontos 8 e 9, é possível visualizar que o ponto 8 possui uma maior representatividade das classes de vegetação natural florestal e campestre (24,5%) do que o ponto 9 (16,1%). As classes de características agrícolas, como culturas temporárias, pastagens permanentes e temporárias representam 53,5% no ponto 8 e 77,4% no ponto 9. Apesar do ponto 9 estar parcialmente localizado dentro do perímetro urbano, possui características rurais, portanto tanto no ponto 9 como no ponto 8, classes como edificações e vias possuem menor representatividade (FIGURA 30 e FIGURA 41).

A área de contribuição do ponto 10 (médio curso) possui características predominantemente agrícolas, com 76,9% de representatividade das classes de cultura temporária, pastagem temporária e pastagem permanente. As classes de vegetação natural florestal e vegetação natural campestre correspondem a 16,0% na área de contribuição do ponto 10 (FIGURA 30 e FIGURA 41).

A bacia do arroio Boqueirão, representada pela área de contribuição do ponto 11 (baixo curso), possui características semelhantes à área de contribuição do ponto 10, com 75,4% de representatividade das classes de características agrícolas, portanto áreas de cultura temporária, pastagem temporária e permanente. Já as áreas de vegetação natural florestal e campestre representam 12,4%. Nesta porção

há ainda um incremento das áreas permeáveis antropizadas, que correspondem a 7,2% da bacia (FIGURA 30 e FIGURA 41).

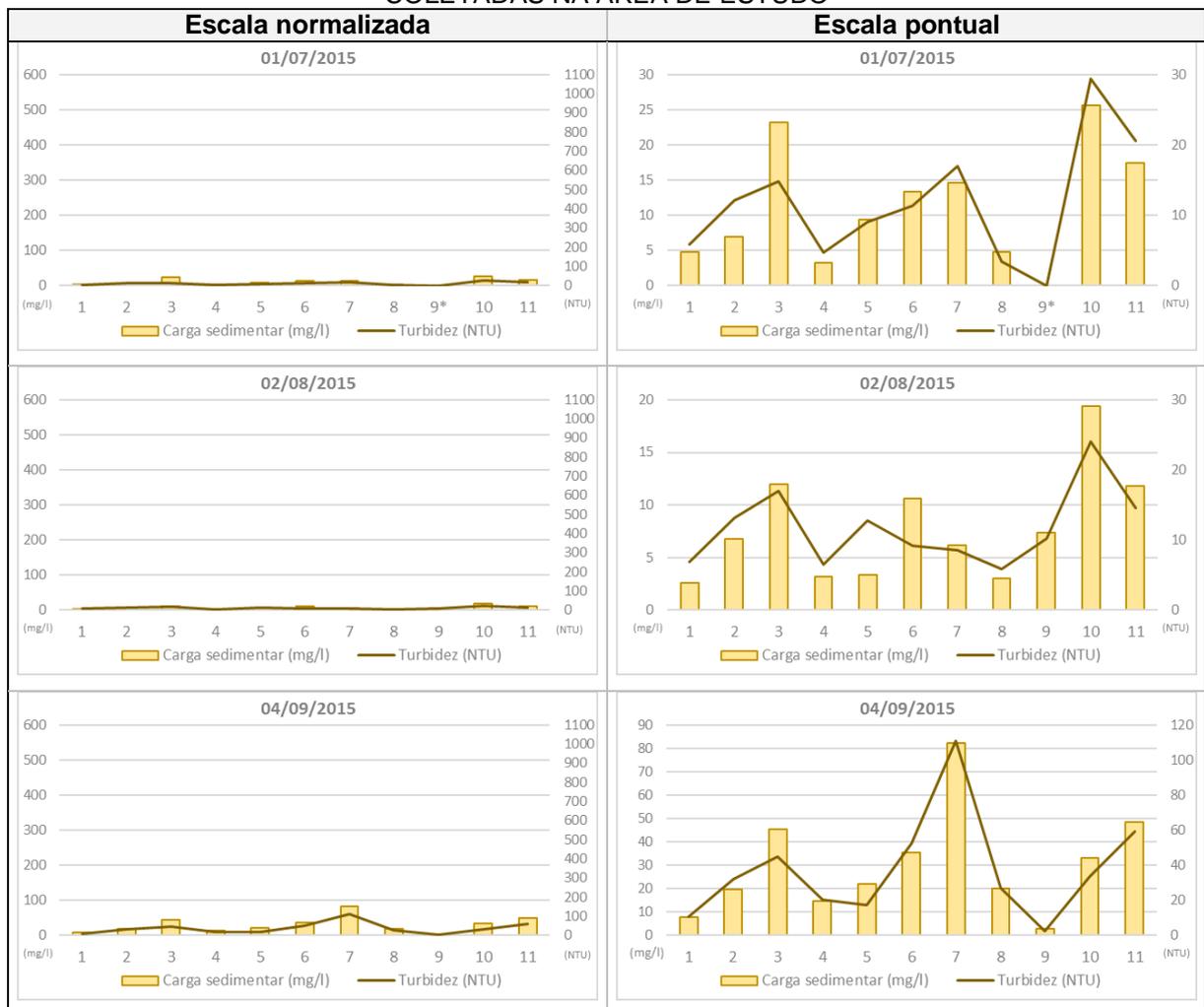
Portanto, ao se comparar a bacia que drena diretamente para o rio Capivari (área de contribuição do ponto 7) com a bacia do arroio Boqueirão (área de contribuição do ponto 11), as classes de características agrícolas são menos representativas na primeira bacia (47,4%) do que na segunda bacia (75,4%), o que resulta também em especificidades em relação a sazonalidade das culturas em razão do calendário agrícola. Em contrapartida, as classes de características urbanizadas são mais representativas na bacia do rio Capivari (20,9%) do que na bacia do arroio Boqueirão (2,3%).

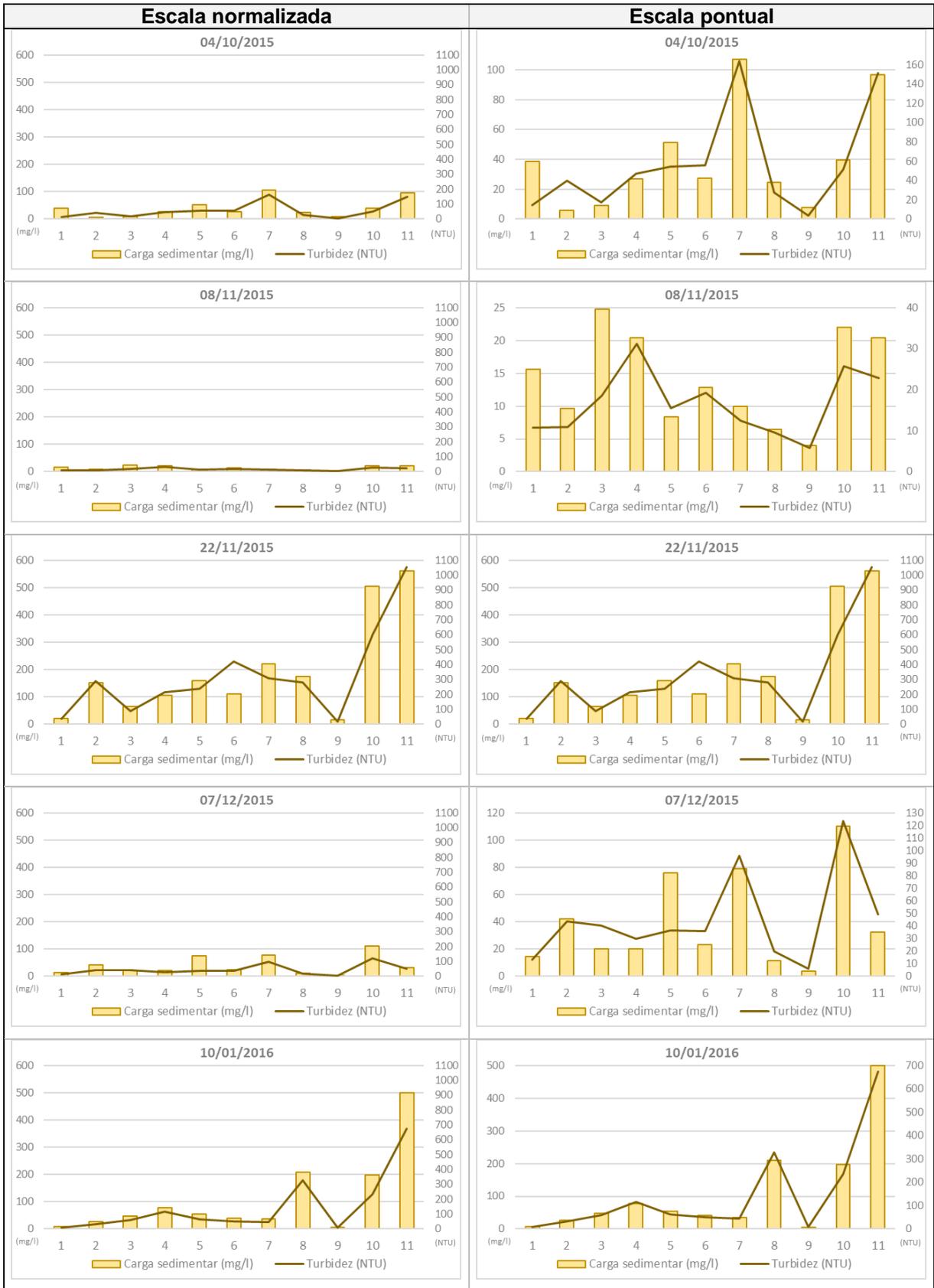
6 PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA PORÇÃO SUPERIOR DA BACIA DO RIO CAPIVARI

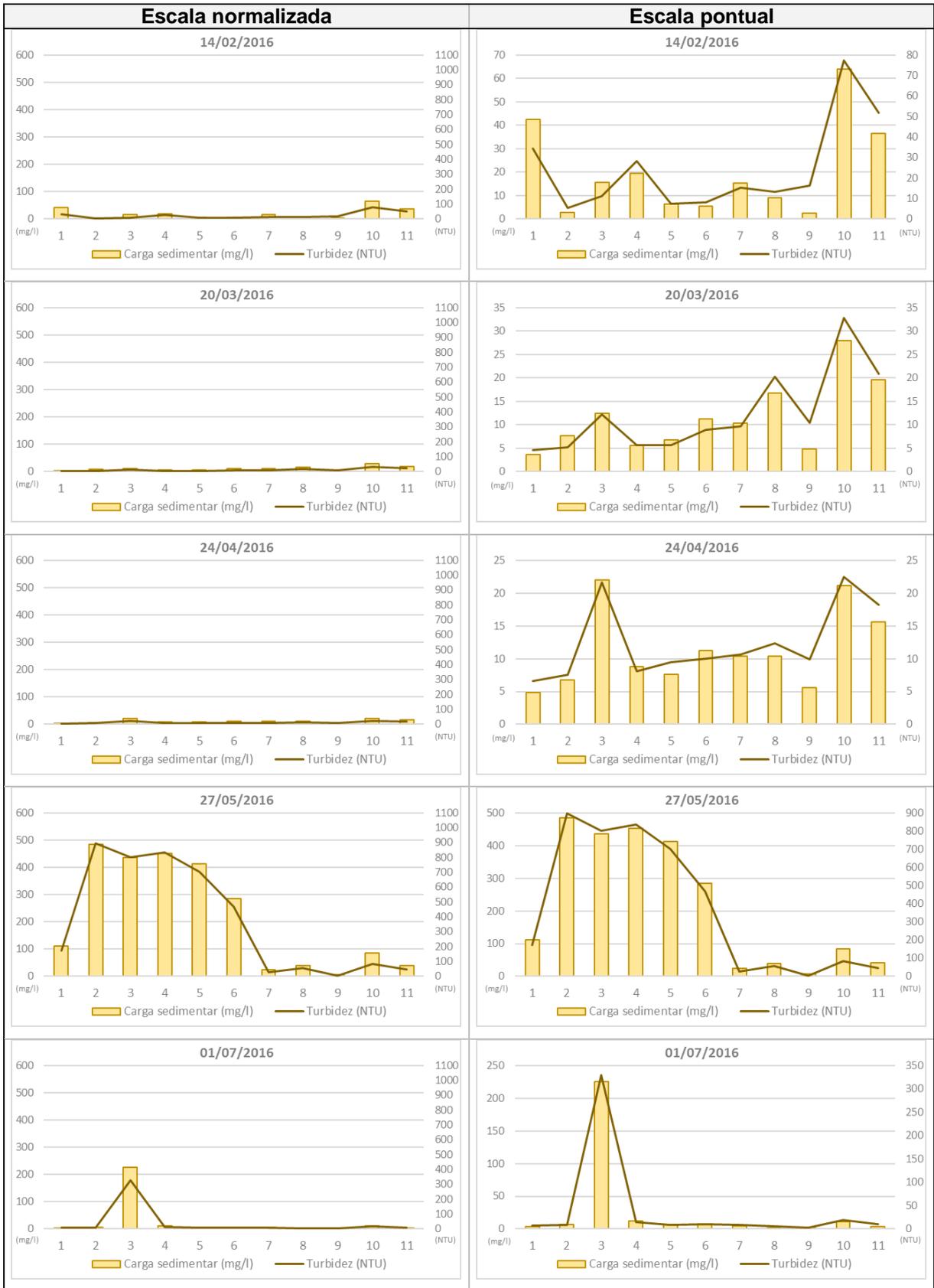
6.1 CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DAS AMOSTRAS

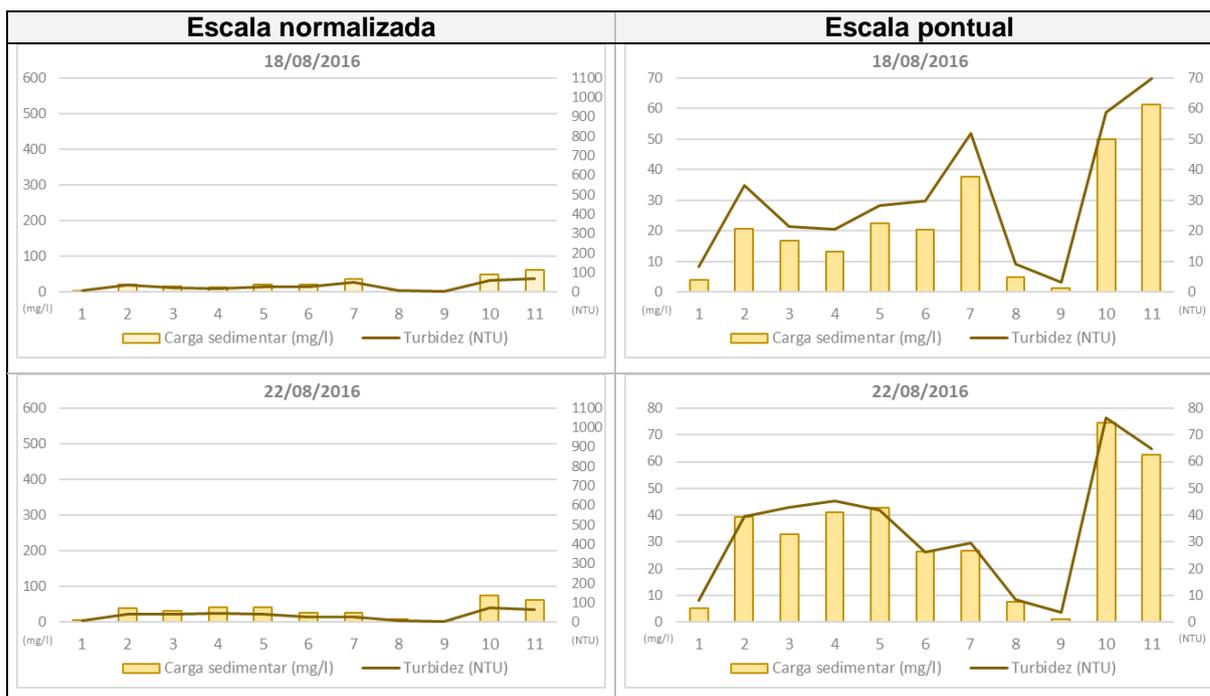
Os resultados das amostras de coleta de água para quantificação de sedimentos em suspensão e medição de turbidez obtidos na etapa de coleta de campo desta pesquisa podem ser visualizados na FIGURA 42 e no APÊNDICE 1 – Carga sedimentar em suspensão e turbidez nas amostras coletadas na área de estudo. Os gráficos foram elaborados considerando a escala normalizada, ou seja, uniformizada conforme todos os resultados das amostras, para fins de comparação entre as coletas e considerando a escala pontual ou individual de cada amostra, para fins de comparação entre os pontos de coleta.

FIGURA 42 – CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NAS AMOSTRAS COLETADAS NA ÁREA DE ESTUDO









* No dia 01/07/2015 não houve coleta de água no ponto 9 devido à impossibilidade de acesso a este.
 FONTE: A autora (2017).

Pode-se observar que a carga sedimentar em todos os pontos foi abaixo de 100 mg/l em nove coletas de um total de quinze realizadas (TABELA 5). A média de carga sedimentar em suspensão das quinze amostras foi de 52,5 mg/l, porém se consideradas somente as nove coletas onde a carga sedimentar em suspensão foi abaixo de 100 mg/l, a média cai para 22,3 mg/l. O valor médio de turbidez de todas as coletas foi de 78,9 NTU, porém ao considerar somente as nove mais baixas, a média cai para 27,9 NTU.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ

Ponto	Área de contribuição	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)			Turbidez (NTU)		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Ponto 1	Capivari	19,3	2,6	110,8	23,2	4,6	171,8
Ponto 2	Capivari	55,9	2,8	484,8	98,2	5,3	897,4
Ponto 3	Capivari	67,1	9,2	436,0	102,9	11,1	802,2
Ponto 4	Capivari	54,9	3,2	452,4	95,4	4,7	835,4
Ponto 5	Capivari	59,2	3,4	412,4	83,4	5,7	702,8
Ponto 6	Capivari	42,7	5,6	284,0	81,3	8,2	467,2
Ponto 7	Capivari	45,8	5,2	220,8	61,0	8,5	307,4
Ponto 8	Boqueirão	36,3	1,2	209,2	55,4	3,5	328,6
Ponto 9	Boqueirão	5,0	0,8	16,4	7,7	2,6	17,5
Ponto 10	Boqueirão	85,8	11,2	505,2	99,6	19,4	597,6
Ponto 11	Boqueirão	101,9	4,0	562,0	155,2	10,6	1054,0
Geral	-	52,5	0,8	562,0	78,9	2,6	1054,0

FONTE: A autora (2017).

Ao se considerar a mediana, os valores de carga sedimentar em suspensão e turbidez são mais baixos que a média, de maneira que a mediana da carga sedimentar foi de 19,5 mg/l e a mediana dos resultados de turbidez foi de 20,5 NTU. O desvio padrão das amostras foi de 102,0 para a carga sedimentar em suspensão e de 172,2 para a turbidez. Já o coeficiente de variação para a carga sedimentar foi de 194,4 % e para os dados de turbidez foi de 218,3%. Estes resultados evidenciam a heterogeneidade dos dados coletados.

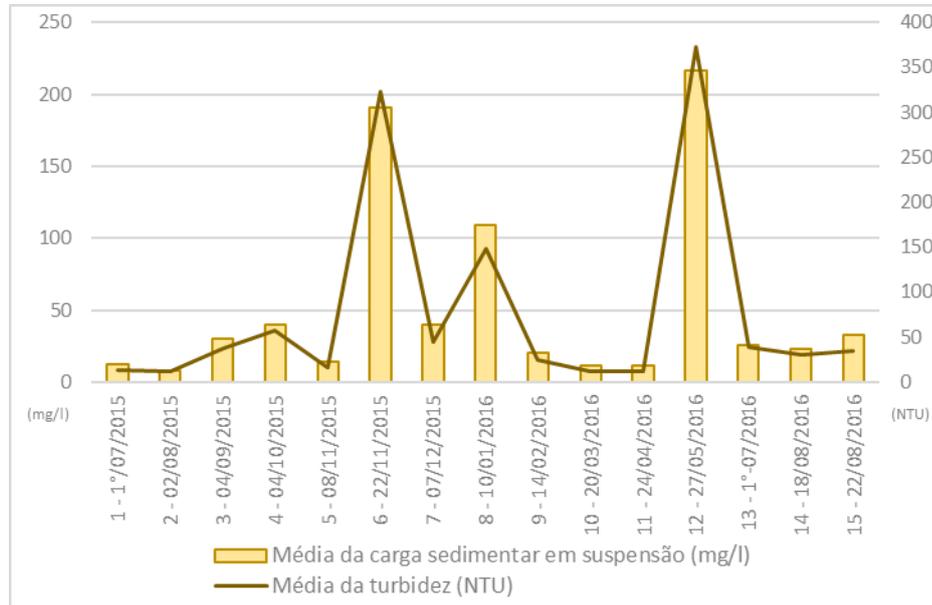
O valor mínimo de carga sedimentar em suspensão foi de 0,8 mg/l em 01/07/2016 no ponto 9, e o valor mínimo de turbidez foi de 2,6 NTU no dia 04/09/2015 também no ponto 9. O valor máximo de carga sedimentar dentre as quinze coletas foi de 562,0 mg/l no dia 22/11/2015 no ponto 11, já o valor máximo de turbidez foi de 1054,0 NTU no mesmo dia e no mesmo ponto de coleta. Na TABELA 5 é possível visualizar estes valores bem como os valores de média, mínimo e máximo para todos os pontos de coleta.

Portanto, os valores gerais de carga sedimentar em suspensão e os valores gerais de turbidez apresentaram grandes variações, evidenciando tanto variabilidade entre os dias de coleta como variabilidade dos resultados entre os pontos de coleta. Os valores médios, mínimos e máximos de carga sedimentar e turbidez dos pontos de coleta também apresentaram grande variação entre si, evidenciando a interferência dos fatores ambientais e de uso da terra nas condições de produção e transporte de sedimentos e conseqüentemente nos resultados obtidos.

Em relação aos valores médios de carga sedimentar em suspensão e turbidez por coleta nas áreas de contribuição do rio Capivari e arroio Boqueirão, a FIGURA 43 evidencia as coletas que apresentaram resultados muito acima da média, como as Coletas 6 e 12, bem como as coletas que apresentaram resultados um pouco abaixo, como a Coleta 8. As demais apresentaram média de concentração de sedimentos em suspensão abaixo de 50 mg/l.

Os resultados apontaram um coeficiente de correlação de $r = 0,996$ entre os valores médios de carga sedimentar em suspensão e turbidez por coleta, condição esta semelhante à identificada por MORRIS e FAN (1997). Dessa forma, quando há alteração da carga sedimentar há também alteração da turbidez, o que demonstra que são dois dados que estão interligados e dependem um do outro. No entanto, foram identificadas algumas divergências entre estes parâmetros na análise detalhada dos resultados das coletas, conforme demonstrado no item 6.2 a seguir.

FIGURA 43 – VALORES MÉDIOS DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ POR COLETA



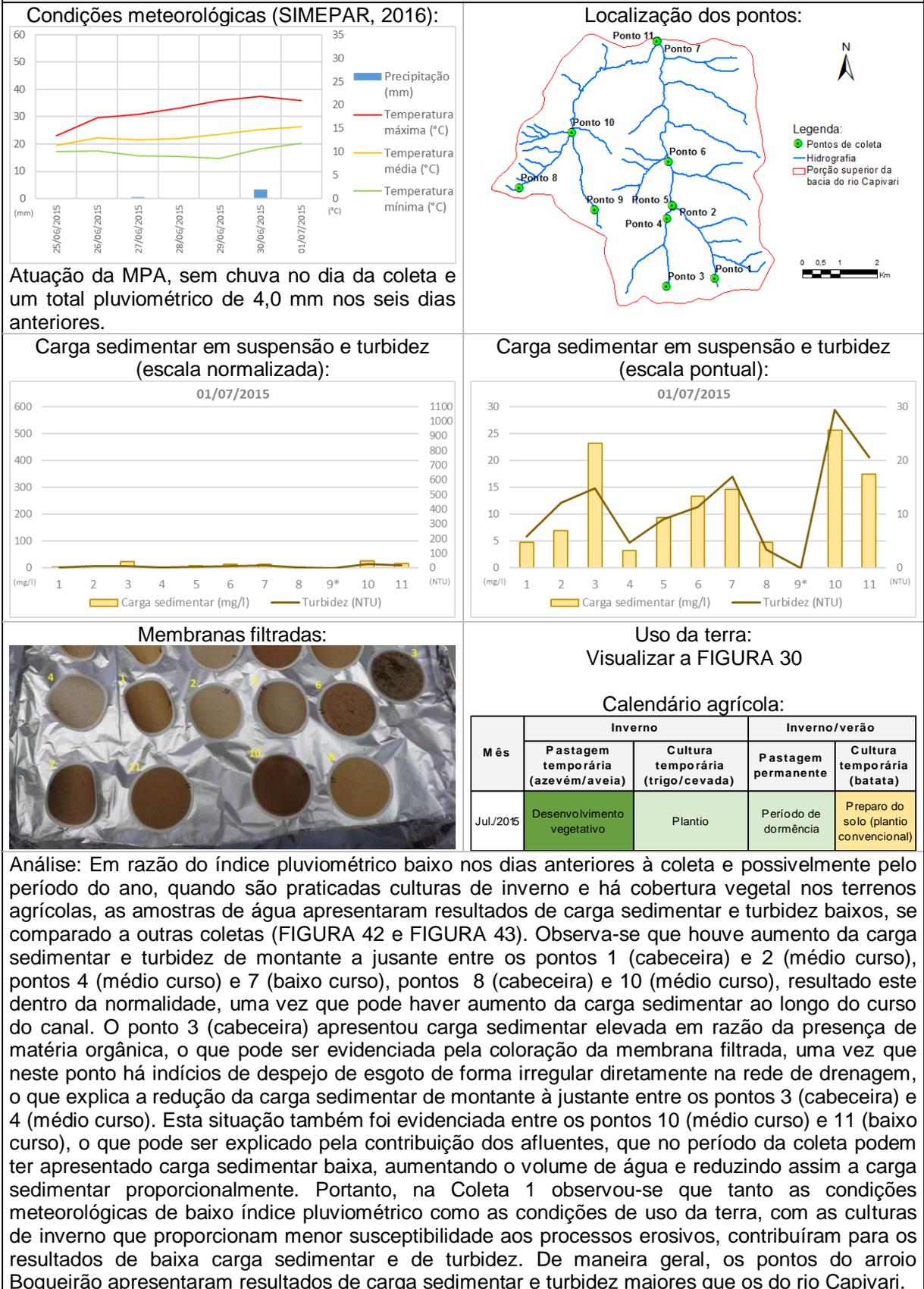
FONTE: A autora (2017).

6.2 ANÁLISES DAS COLETAS DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

Para a constatação da influência dos fatores ambientais e de uso da terra da porção superior da bacia do rio Capivari na produção e transporte de sedimentos de acordo com as coletas de amostras de água para quantificação de sedimentos, foi realizada a análise individual de cada coleta (QUADRO 7 ao QUADRO 21). Para tal, foram analisados os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar do dia da coleta e dos seis dias anteriores para então determinar o tipo de tempo atuante, a carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez do dia da coleta, bem como o uso da terra e relação com calendário agrícola.

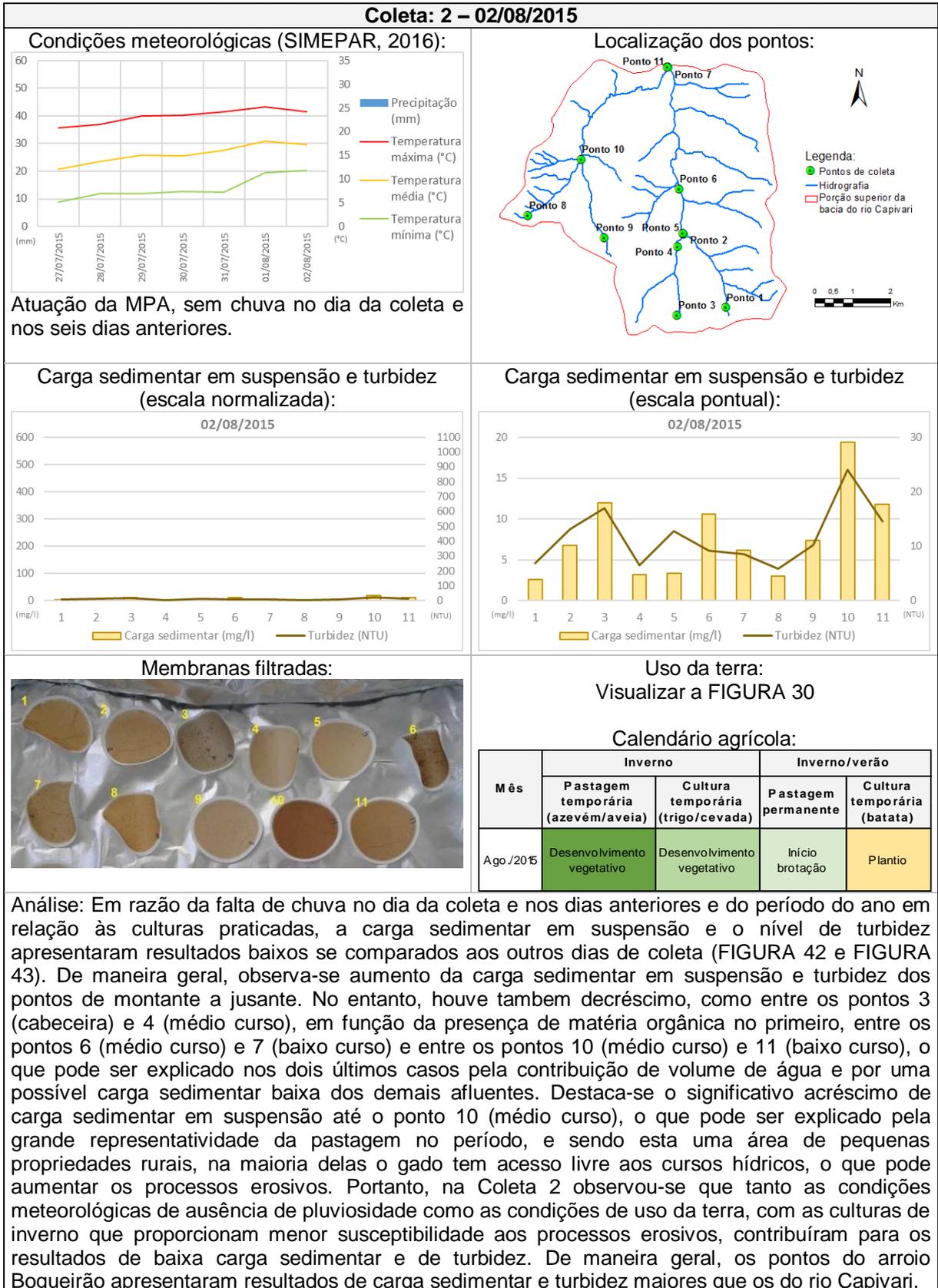
QUADRO 7 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 1

Coleta: 1 – 01/07/2015



* No dia 01/07/2015 não houve coleta de água no ponto 9 devido à impossibilidade de acesso a este.
 FONTE: A autora (2017).

QUADRO 8 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 2



QUADRO 9 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 3

Coleta: 3 – 04/09/2015

Condições meteorológicas (SIMEPAR, 2016):

Atuação da FPA, chuva de 3,6 mm no dia da coleta e um total pluviométrico de 16,4 mm nos seis dias anteriores.

Localização dos pontos:

Carga sedimentar em suspensão e turbidez (escala normalizada):

Carga sedimentar em suspensão e turbidez (escala pontual):

Membranas filtradas:
Não houve registro fotográfico das membranas filtradas.

Uso da terra:
Visualizar a FIGURA 30

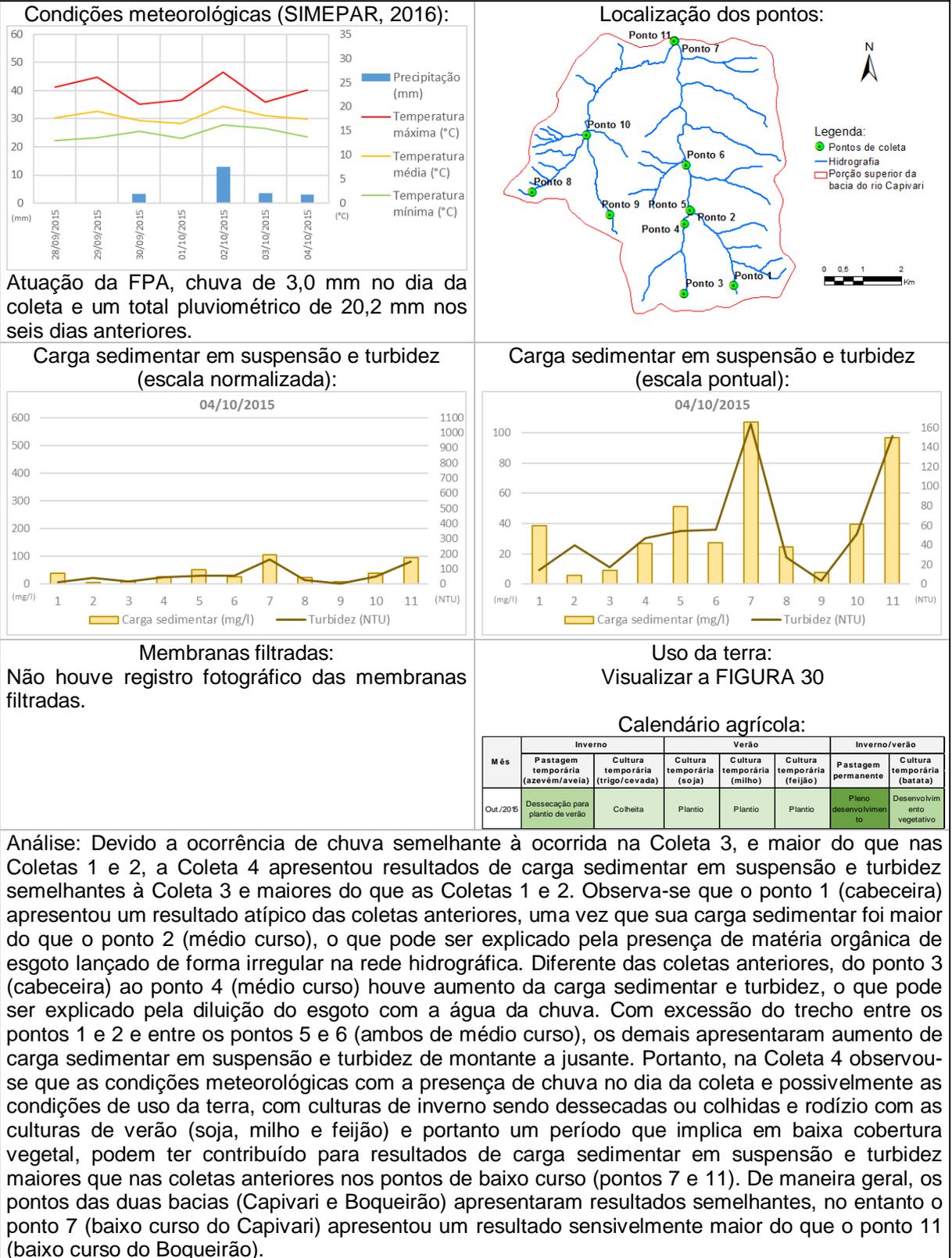
Calendário agrícola:

Mês	Inverno		Verão		Inverno/verão	
	Pastagem temporária (azevém/aveia)	Cultura temporária (trigo/cevada)	Cultura temporária (milho)	Cultura temporária (feijão)	Pastagem permanente	Cultura temporária (batata)
Set./2015	Dessecação para plantio de verão	Desenvolvimento vegetativo	Plantio	Plantio	Brotação	Desenvolvimento vegetativo

Análise: Em razão da ocorrência de precipitação pluviométrica maior do que nas coletas anteriores, a Coleta 3 apresentou resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez sensivelmente maiores que aquelas. De maneira geral, observa-se aumento da carga sedimentar em suspensão e turbidez de montante a jusante, com excessão do trecho entre os pontos 3 (cabeceira) e 4 (médio curso), onde houve redução em razão da presença de matéria orgânica no ponto 3. No ponto 7 (baixo curso) houve significativo aumento de carga sedimentar em suspensão e turbidez, o que pode ter ocorrido devido o início dos plantios de verão (milho e feijão), o que pode reduzir a cobertura vegetal dos terrenos. Quanto aos pontos de coleta do arroio Boqueirão, o ponto 8 (cabeceira), cujo canal cruza uma rodovia apresentou carga sedimentar em suspensão e turbidez maior do que o ponto 9 (também de cabeceira). Portanto, na Coleta 3 observou-se que tanto as condições meteorológicas com a presença de chuva no dia da coleta e possivelmente as condições de uso da terra, com culturas de inverno no final do período vegetativo e início de rodízio com algumas culturas de verão (milho e feijão), podem ter contribuído para resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez maiores que nas coletas anteriores. De maneira geral, os pontos das duas bacias (Capivari e Boqueirão) apresentaram resultados semelhantes, no entanto o ponto 7 (baixo curso do Capivari) teve maior destaque do que o ponto 11 (baixo curso do Boqueirão).

FONTE: A autora (2017).

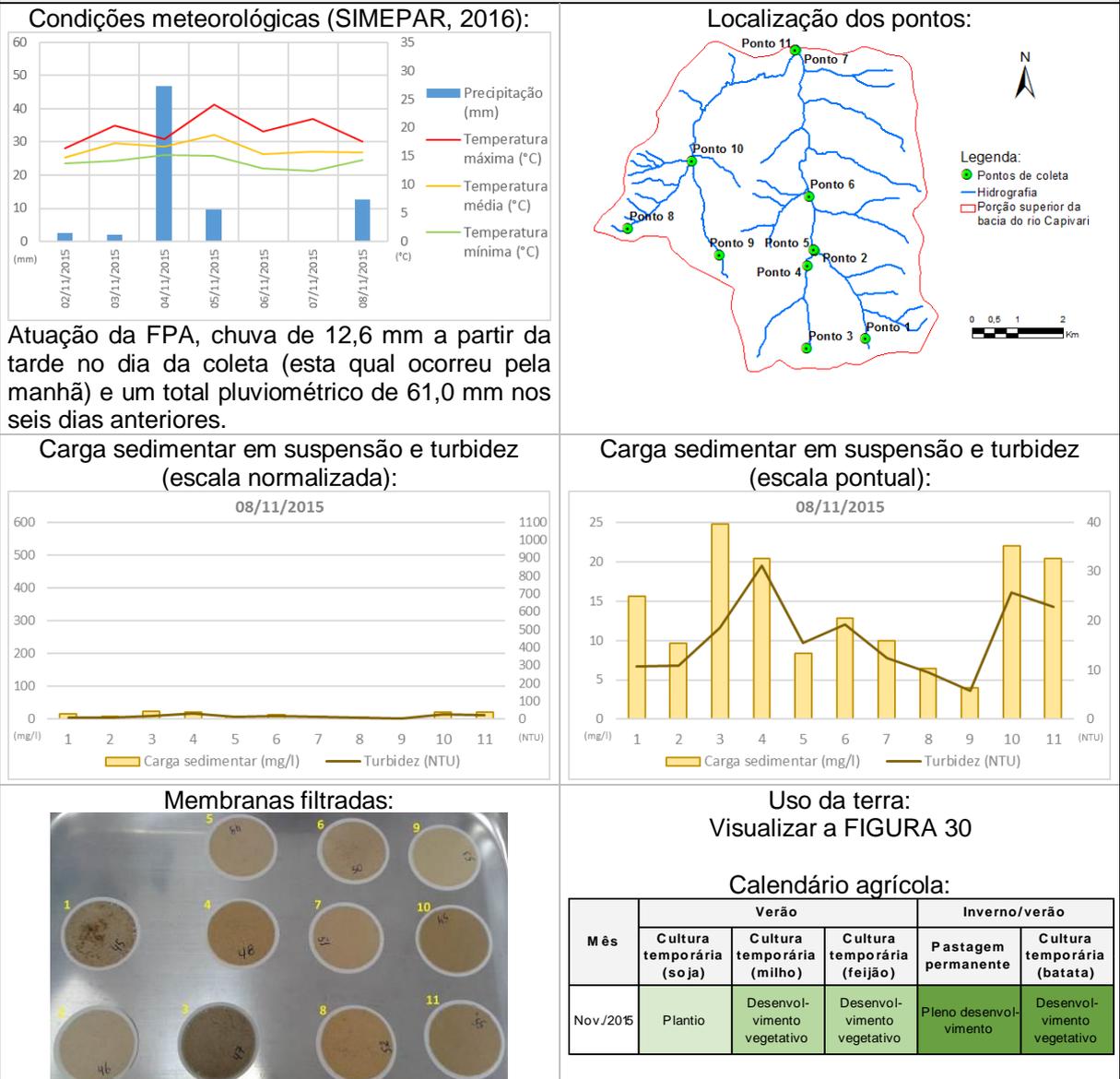
QUADRO 10 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 4
Coleta: 4 – 04/10/2015



FONTE: A autora (2017).

QUADRO 11 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 5

Coleta: 5 – 08/11/2015

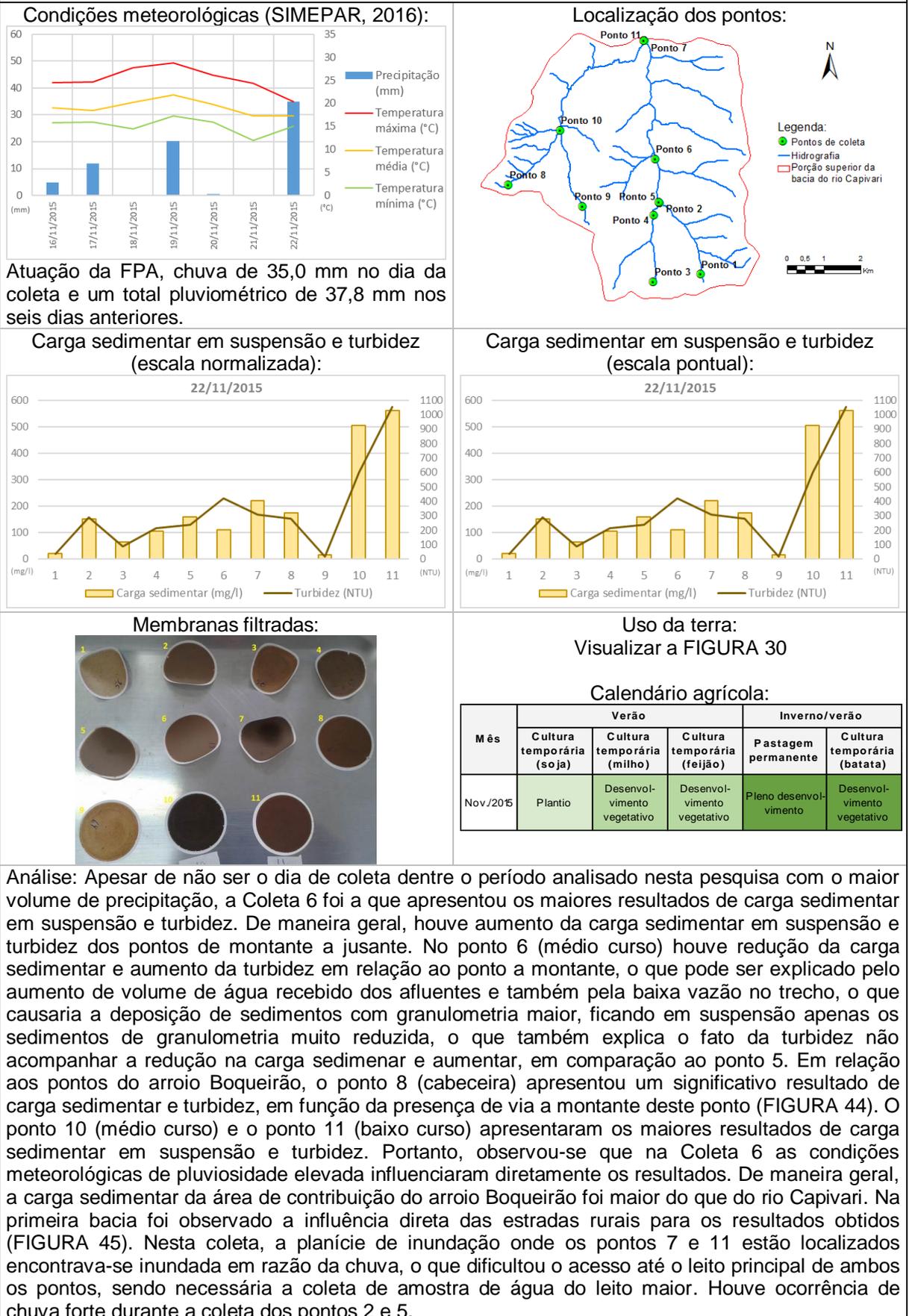


Análise: Apesar da ocorrência de chuva nos dias anteriores à data da coleta, os resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez apresentaram resultados baixos se comparados aos outros dias de coleta (FIGURA 42 e FIGURA 43). Observa-se que entre a maioria dos pontos de coleta do rio Capivari houve redução da carga sedimentar em suspensão e turbidez dos pontos de montante a jusante, o que pode ter ocorrido em função da presença de matéria orgânica de esgoto lançado de maneira irregular nos pontos de cabeceira e da diluição deste esgoto ao longo do canal. Quanto aos pontos do arroio Boqueirão, houve acréscimo de carga sedimentar e turbidez dos pontos de cabeceira até o ponto 10 (médio curso) e até ponto 11 (baixo curso) houve um pequeno decréscimo, o que pode ter ocorrido em função da influência dos canais afluentes. Portanto, na Coleta 5 observou-se que tanto as condições meteorológicas de baixo índice pluviométrico como as condições de uso da terra, com algumas culturas de verão já em período de desenvolvimento vegetativo e portanto com maior cobertura vegetal que no mês anterior, contribuíram para os resultados de baixa carga sedimentar e de turbidez. De maneira geral, a carga sedimentar da área de contribuição do rio Capivari foi maior, no entanto isso pode ter ocorrido devido ao lançamento de esgoto na rede hidrográfica, uma vez que após a diluição (do ponto 5 ao ponto 7), os resultados foram menores. Houve ocorrência de garoa durante a coleta dos pontos 9, 3 e 1, em seguida esta parou e reiniciou novamente na coleta do ponto 10.

FONTE: A autora (2017).

QUADRO 12 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 6

Coleta: 6 – 22/11/2015



FONTE: A autora (2017).

FIGURA 44 – CONDUTO DE DRENAGEM DA RODOVIA ACELERANDO O TRANSPORTE DE SEDIMENTOS À REDE DE DRENAGEM E AO PONTO 8



FONTE: A autora (22/11/2016).

FIGURA 45 – ESCOAMENTO SUPERFICIAL E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM ESTRADAS RURAIS AO ARROIO BOQUEIRÃO, A MONTANTE DO PONTO 11



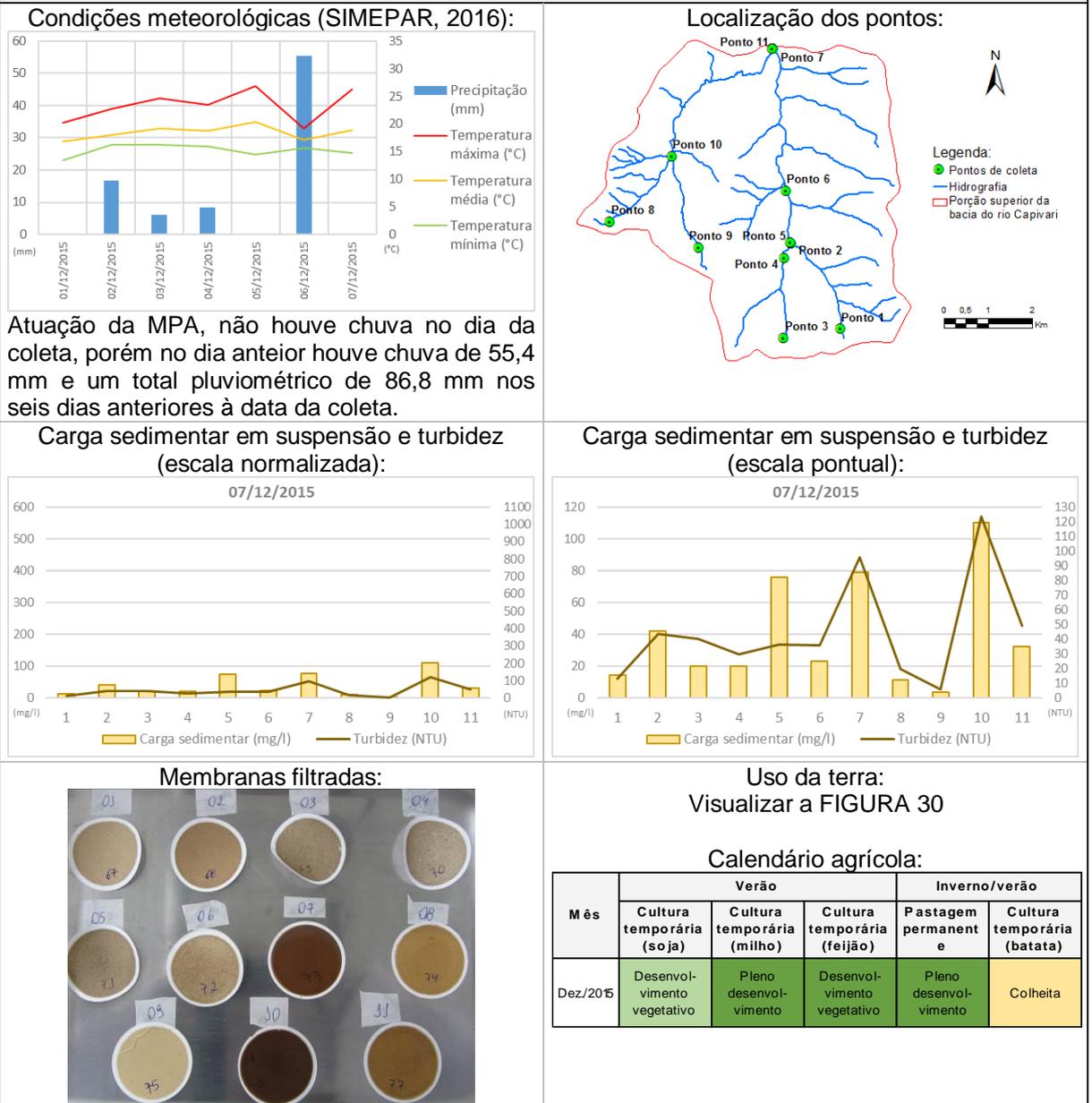
FONTE: A autora (22/11/2015).

Dessa maneira, a FIGURA 44 e a FIGURA 45 evidenciaram a importância das vias no transporte de sedimentos na bacia hidrográfica, uma vez que, em razão da chuva, as vias se configuraram como importantes meios de conexão entre as vertentes e o curso hídrico, aumentando assim o transporte de sedimentos. Resultados semelhantes sobre a influência das vias na produção e transporte de sedimentos foram observados em estudos de Antonelli (2011), Farias (2016) e MacDonald, Sampson e Anderson (2001).

Na FIGURA 45 é possível observar a importância da cobertura vegetal morta da cultura que foi colhida para a proteção do solo, uma vez que se este estivesse exposto haveria escoamento superficial não somente na via, mas em toda a propriedade. Esta importância do plantio direto e da proteção da cobertura morta foi evidenciada também por Antonelli (2011), Miguel et al. (2014), Tiecher et al. (2014) e Antonelli e Brandalize (2013).

QUADRO 13 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 7

Coleta: 7 – 07/12/2015

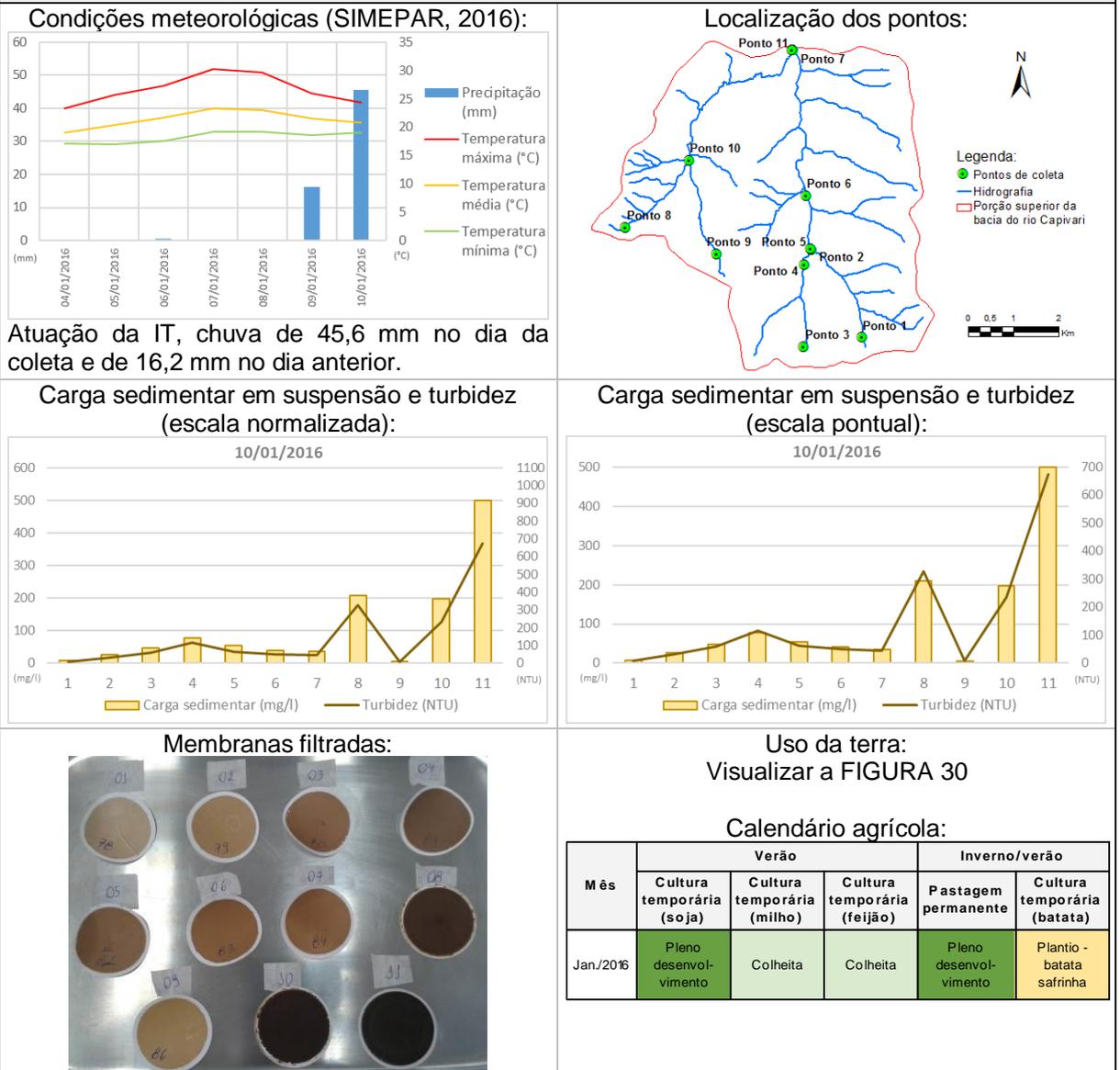


Análise: Os resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez não estão dentre os mais baixos se comparado a todas as coletas (FIGURA 42 e FIGURA 43), uma vez que no dia anterior houve a ocorrência de chuva. De maneira geral, os pontos de cabeceira apresentaram carga sedimentar e turbidez mais baixos do que seus pontos a jusante. Em relação aos pontos de médio curso, alguns apresentaram resultados maiores do que seus pontos a jusante, como o ponto 6, possivelmente em função da diluição da matéria orgânica e da baixa vazão, e o ponto 11, possivelmente pela contribuição e aumento do volume de água dos afluentes. Portanto, na Coleta 7 observou-se que as condições meteorológicas de ausência de chuva no dia da coleta porém ocorrência de chuva no dia anterior influenciou levemente o resultado de média geral de carga sedimentar na coleta. A chuva do dia anterior influenciou também de maneira mais específica os pontos de coleta localizados em área urbana, em razão da diluição do esgoto lançado. De maneira geral, a carga sedimentar da área de contribuição do arroio Boqueirão foi maior do que no rio Capivari.

FONTE: A autora (2017).

QUADRO 14 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 8

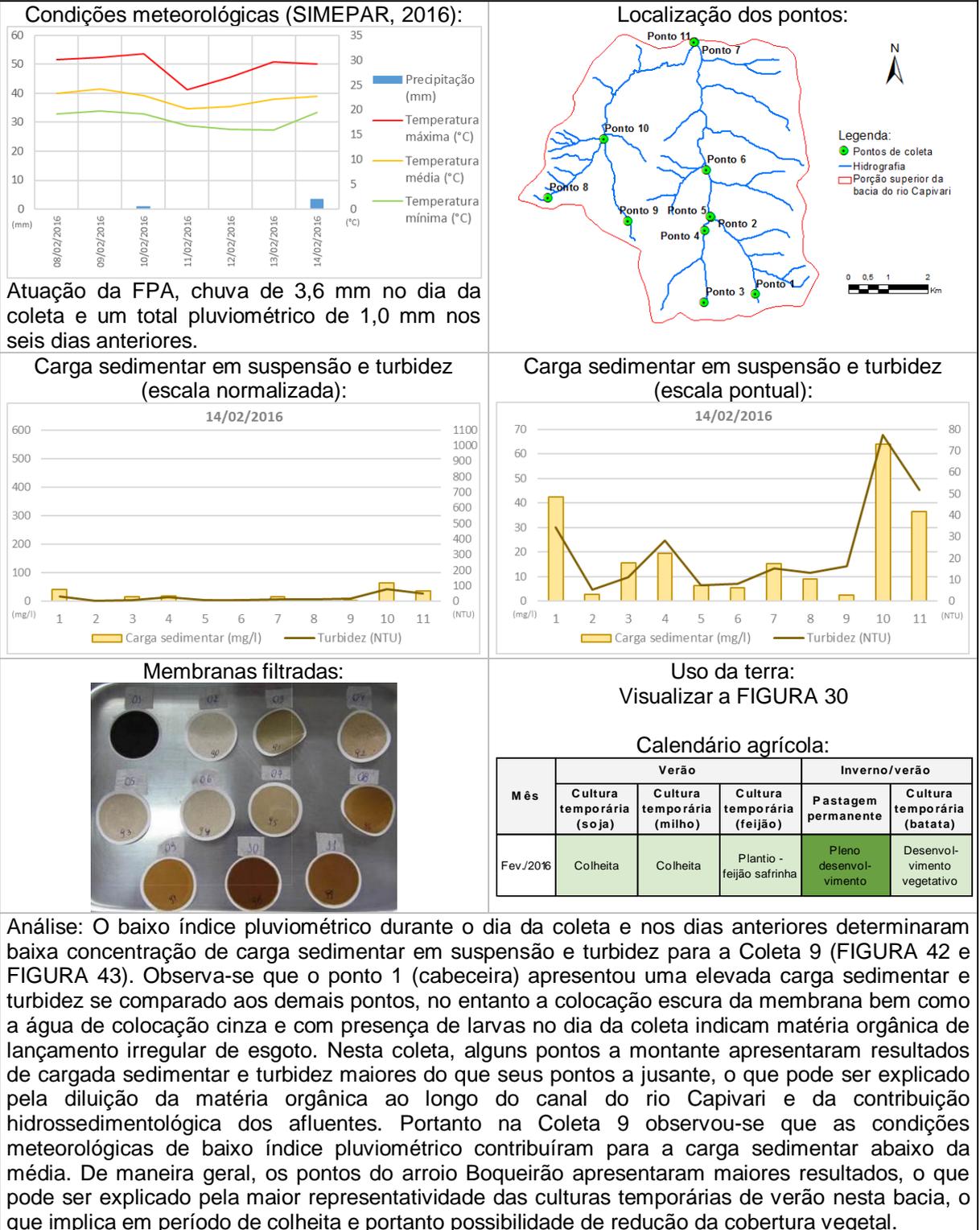
Coleta: 8 – 10/01/2016



Análise: A ocorrência de chuva no dia da coleta e no dia anterior fez com que a Coleta 8 apresente valores de carga sedimentar em suspensão e turbidez acima da média da maioria das coletas (FIGURA 42 e FIGURA 43). Na bacia do rio Capivari, os pontos de cabeceira apresentaram resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez menores do que seus pontos à jusante. No entanto, a partir do ponto 5 (médio curso) até o ponto 7 (baixo curso) houve uma sensível redução dos resultados em relação aos pontos a montante, que também pode ser explicado pela influência dos afluentes. Em relação aos pontos do arroio Boqueirão, o ponto 8 (cabeceira) apresentou resultado elevado de carga sedimentar em suspensão, diferente do ponto 9 (cabeceira) que apresentou baixa carga sedimentar e baixa turbidez. No ponto 10 (médio curso) houve uma sensível redução em relação ao ponto 8 e no ponto 11 (baixo curso) houve um expressivo aumento na carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez. Portanto na Coleta 8 observou-se que as condições meteorológicas caracterizadas por chuva no dia da coleta influenciaram os resultados das amostras, no entanto a influência foi maior nos pontos relativos à área de contribuição do arroio Boqueirão, o que talvez seja explicado por incidência de chuva localizada nestas porções, principalmente próximo ao ponto 8, visto se tratar do mês de janeiro, quando Instabilidades Tropicais são comuns e causam chuvas do tipo convectivas. Além disso, houve ocorrência de chuva fraca no momento da coleta nos pontos 7, 10 e 11.

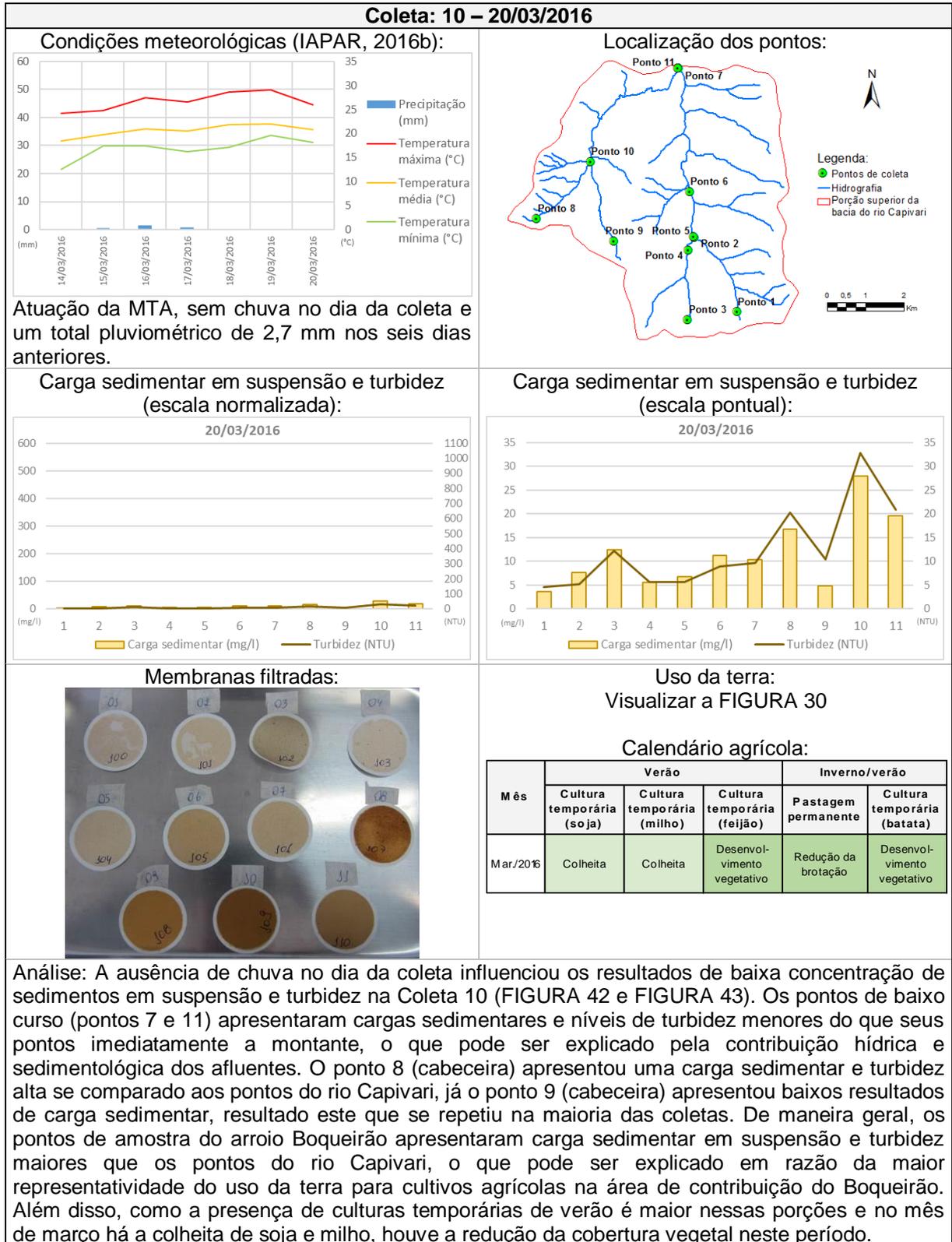
FONTE: A autora (2017).

QUADRO 15 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 9
Coleta: 9 – 14/02/2016

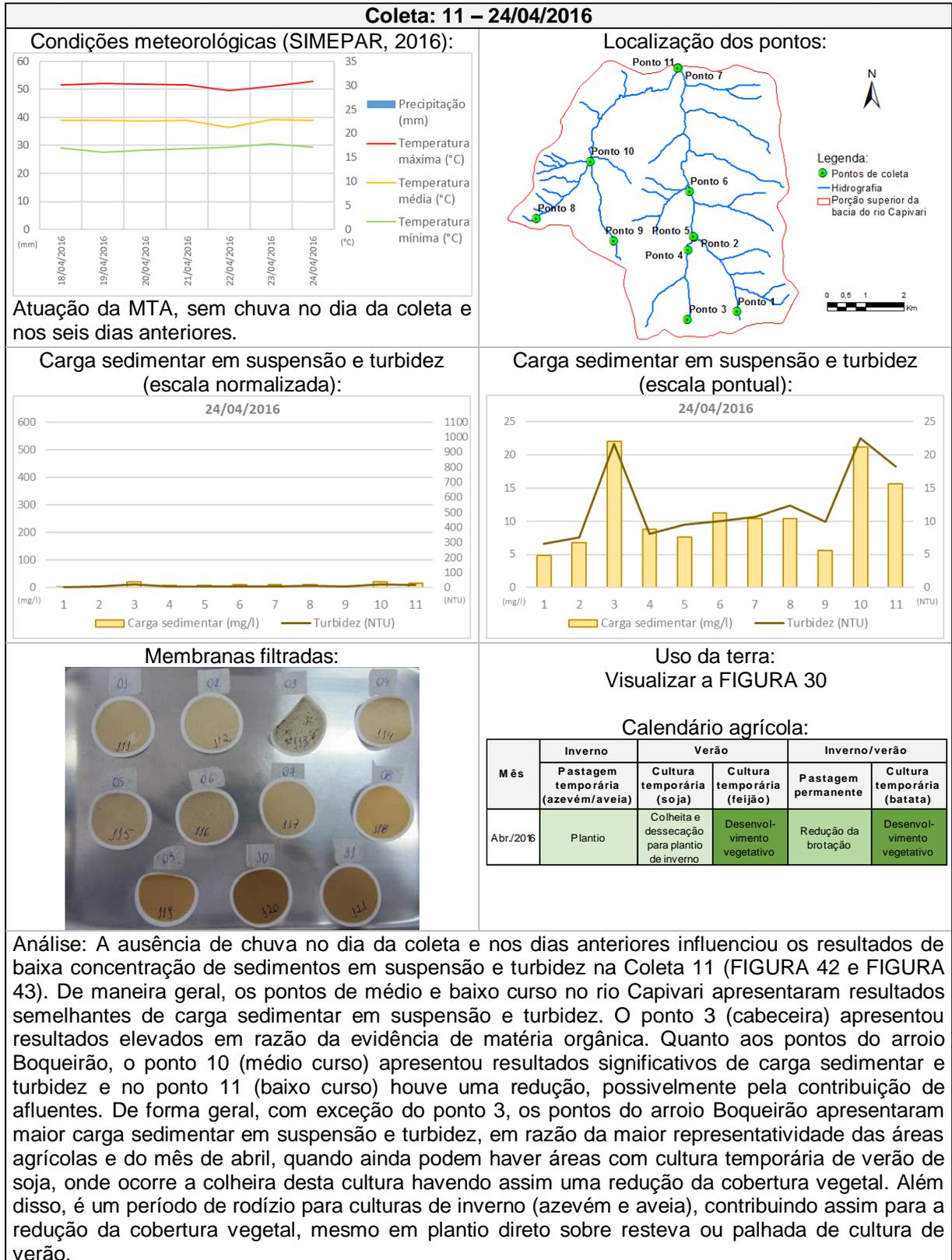


FONTE: A autora (2017).

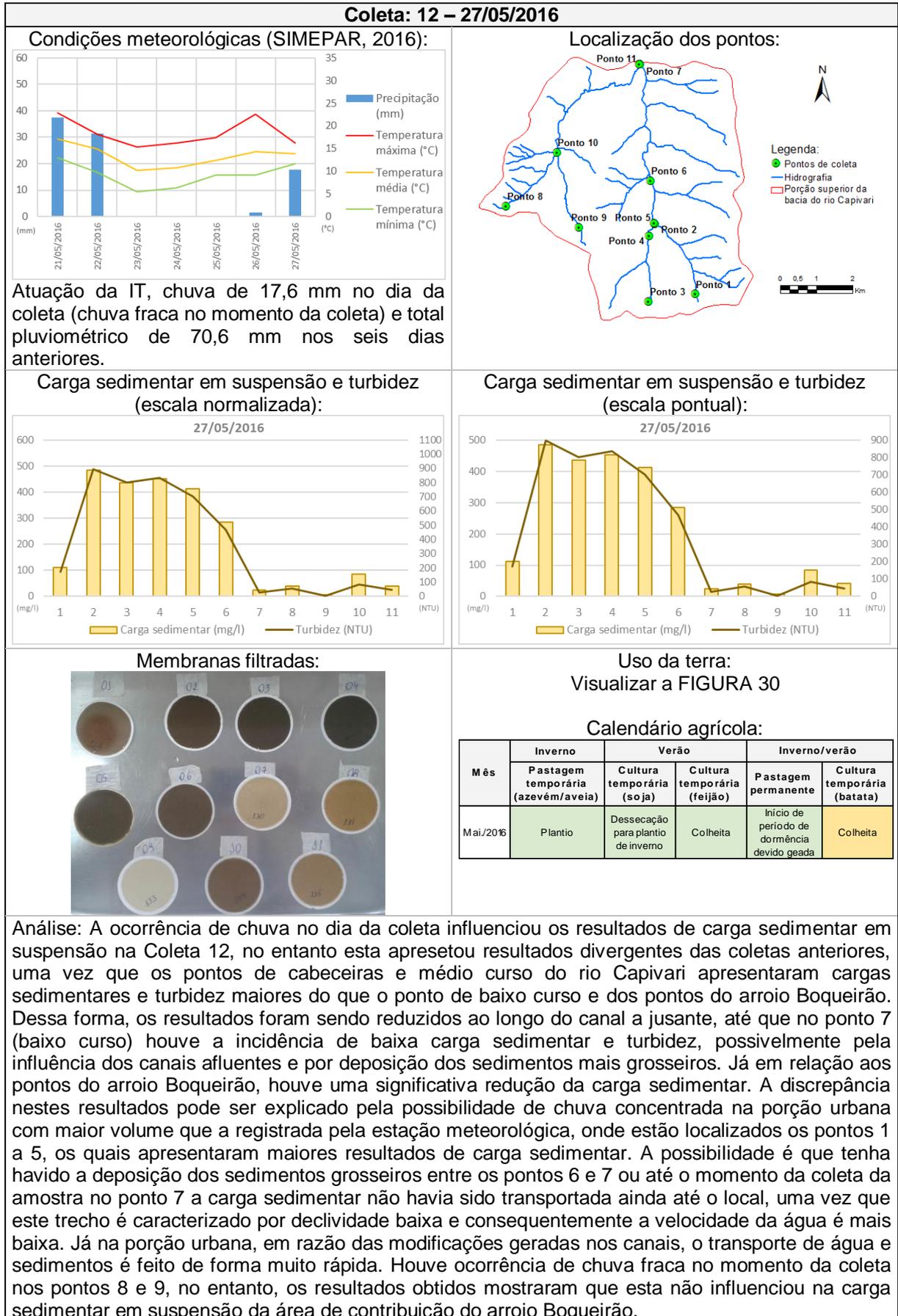
QUADRO 16 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 10



QUADRO 17 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 11

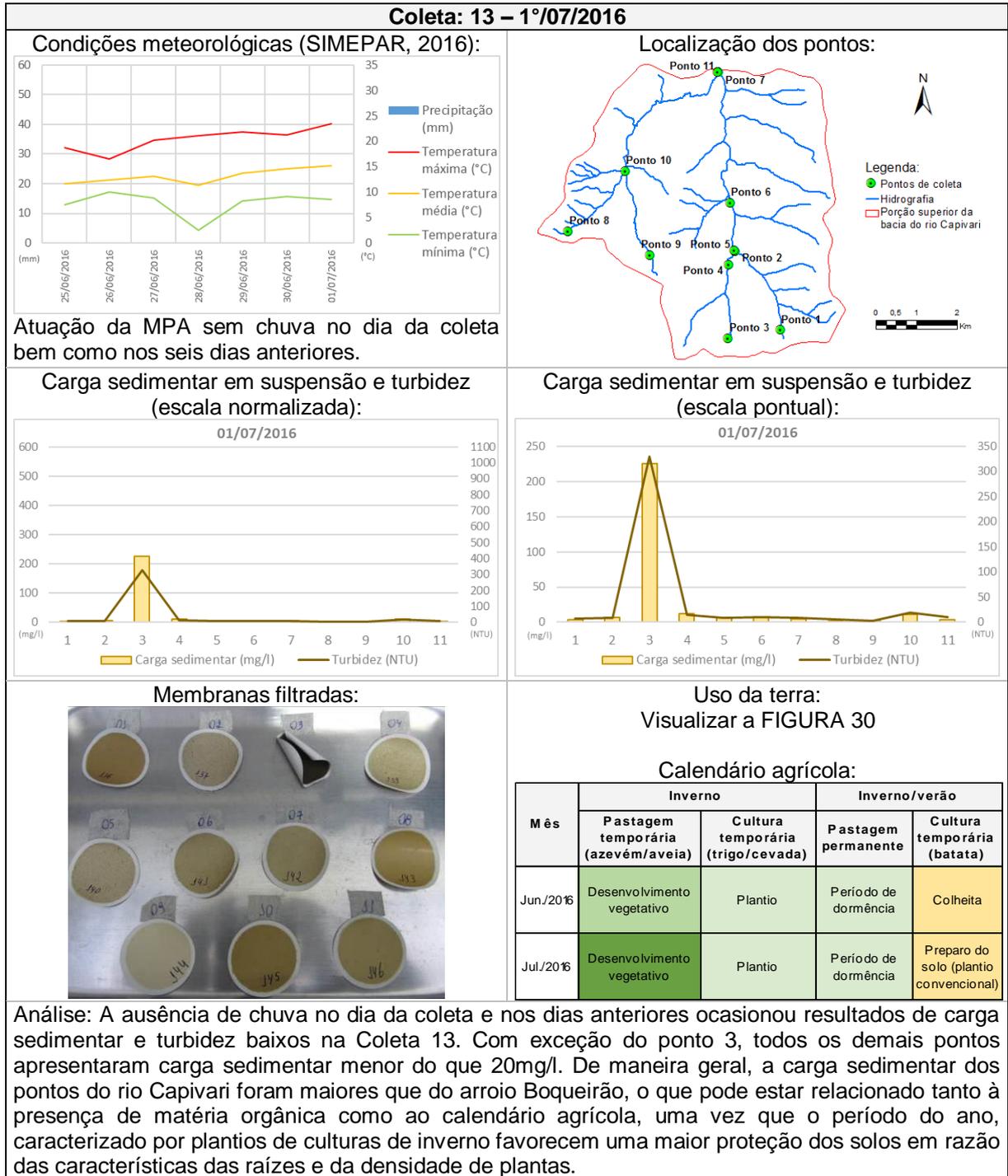


QUADRO 18 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 12

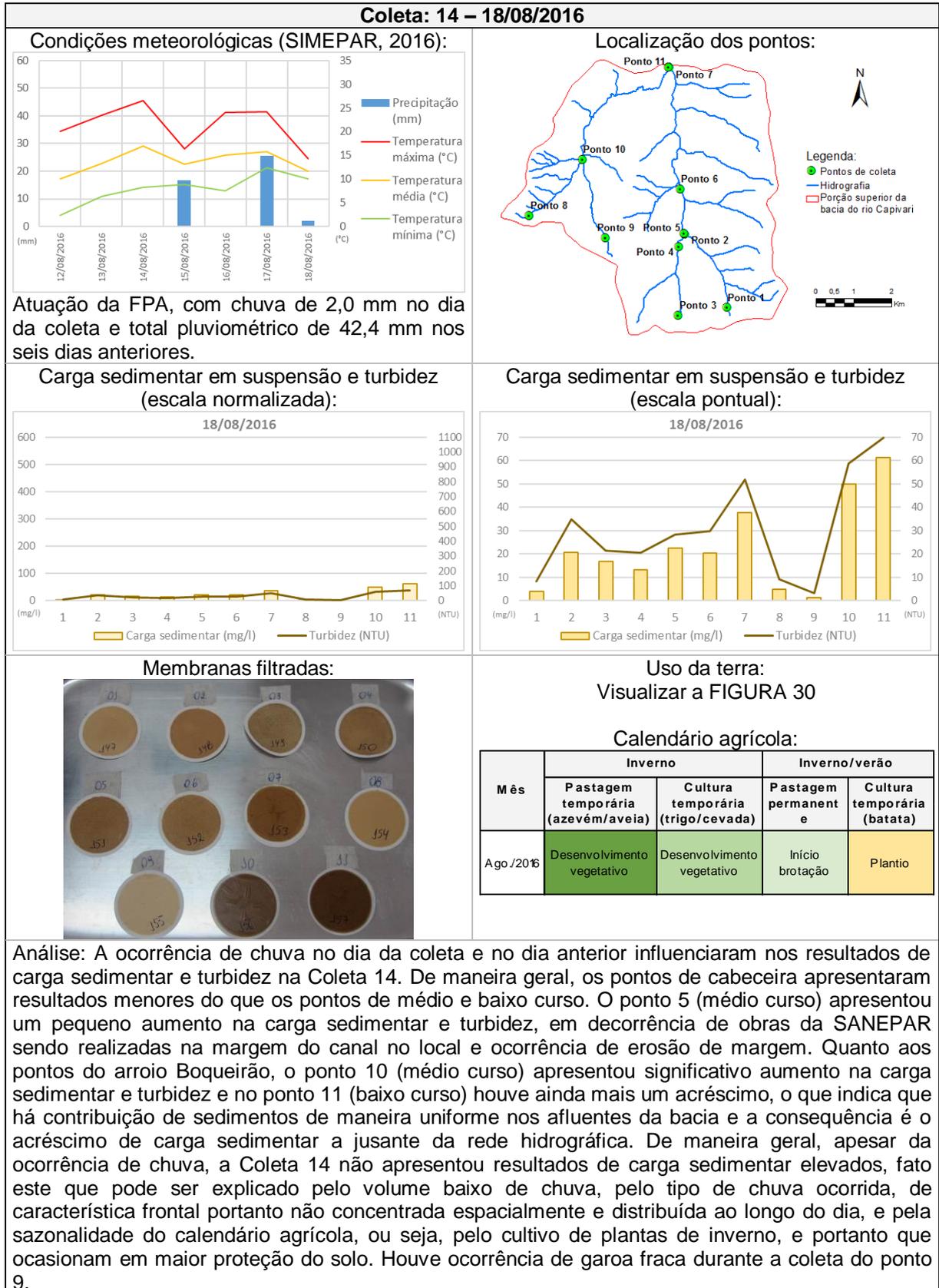


FONTE: A autora (2017).

QUADRO 19 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 13

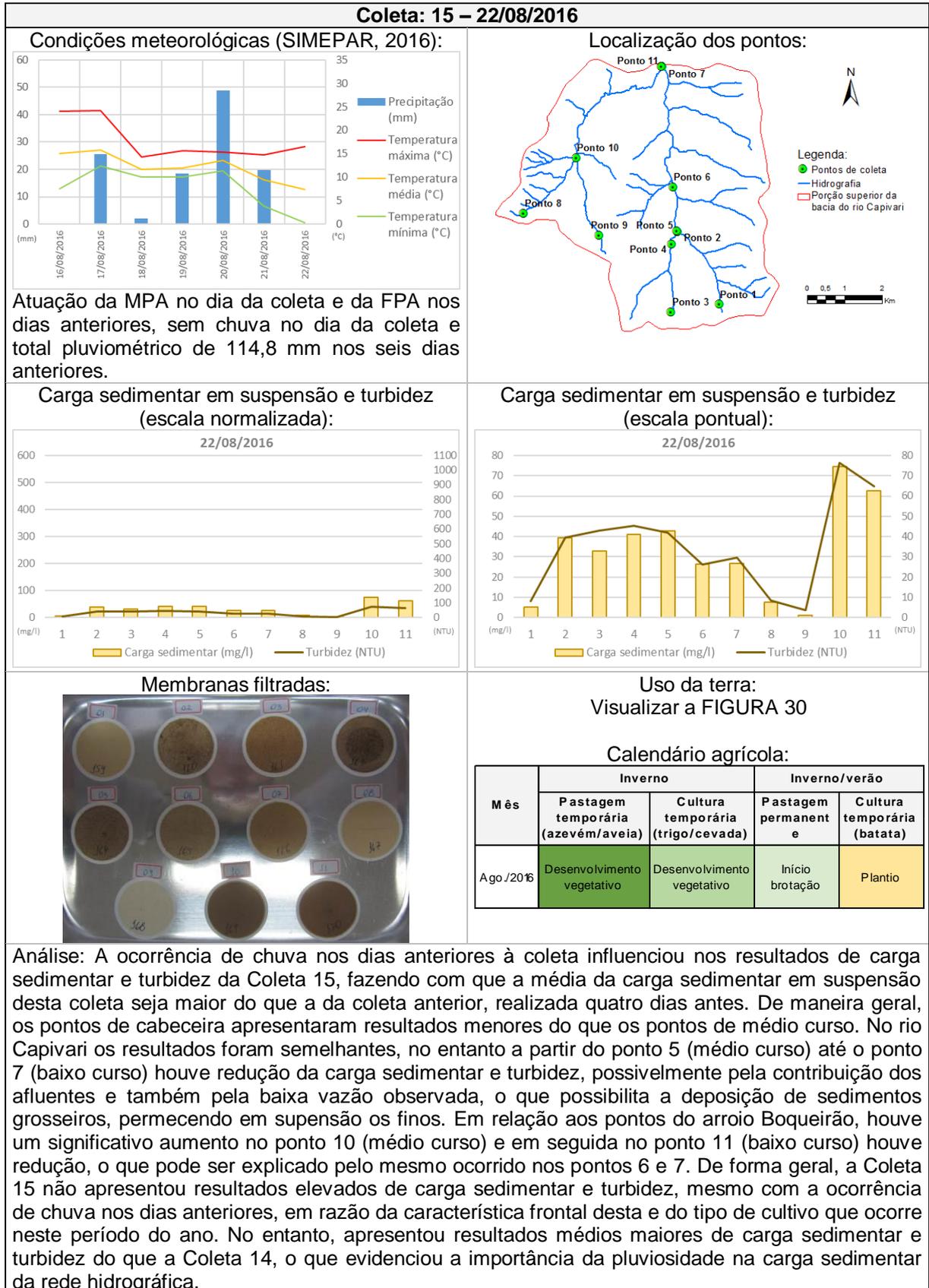


QUADRO 20 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 14



FONTE: A autora (2017).

QUADRO 21 – ANÁLISE DA CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DA COLETA 15

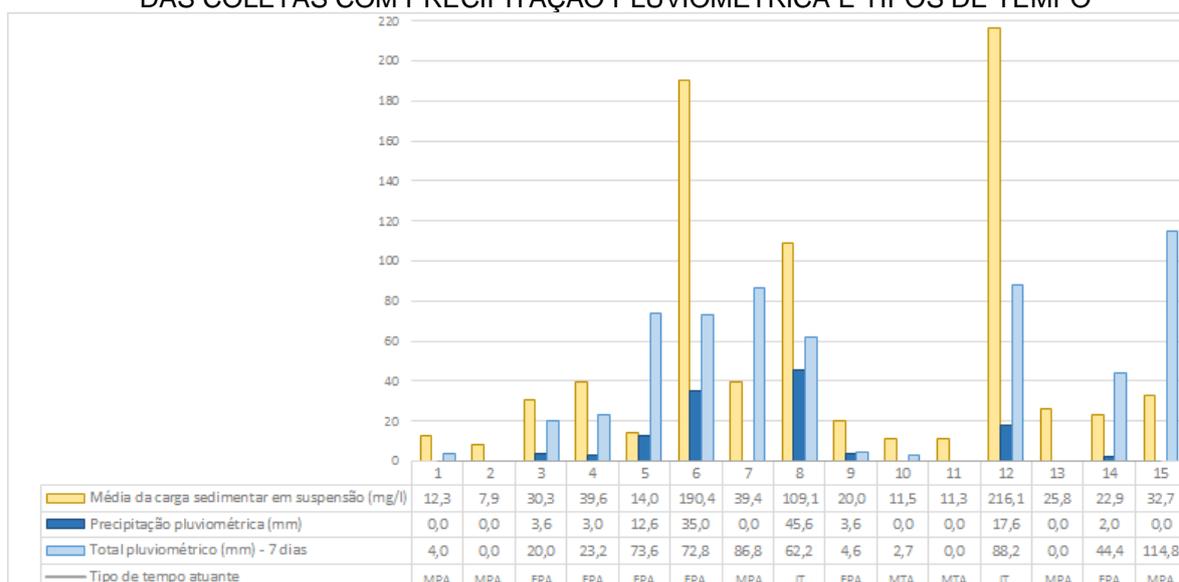


6.3 CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO, FATORES AMBIENTAIS E USO DA TERRA

6.3.1 Relação da carga sedimentar em suspensão com a pluviosidade e sistemas atmosféricos atuantes

Conforme observado no Item 6.2, as análises individuais das coletas de amostra de água para quantificação de sedimentos em suspensão e nível de turbidez mostraram que, além do uso da terra, as condições meteorológicas influenciam diretamente na carga sedimentar em suspensão da rede hidrográfica. Desta maneira, a FIGURA 46 apresenta uma correlação entre a carga sedimentar em suspensão e a precipitação pluviométrica conforme a coleta de amostra.

FIGURA 46 – CORRELAÇÃO ENTRE A CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ DAS COLETAS COM PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E TIPOS DE TEMPO



FONTE: A autora (2017).

LEGENDA: FPA – Frente Polar Atlântica

IT – Instabilidade Tropical

MPA – Massa Polar Atlântica

MTA – Massa Tropical Atlântica

Dentre as coletas que apresentaram os maiores resultados de carga sedimentar em suspensão (Coletas 6, 8 e 12), observa-se que o que determinou este resultado foi a precipitação pluviométrica ocorrida no dia da coleta, de maneira que estas coletas ocorreram nos dias em que houveram os maiores volumes de chuva. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2008) e Tiecher et al. (2014). Os

tipos de tempo relacionados com estes resultados altos de carga sedimentar em suspensão foram a FPA e a IT.

No entanto, conforme a análise do QUADRO 12, QUADRO 14 e QUADRO 18, a influência da chuva originada pela FPA foi em todos os pontos da área de estudo (Coleta 6). Já a influência da chuva originada pela IT (Coletas 8 e 12) foi em porções específicas da área de estudo, uma vez que os resultados de amostras de água para quantificação da concentração de sedimentos em suspensão não acusaram homogeneidade em toda a bacia, o que demonstra a possibilidade de ocorrência de chuvas concentradas, típicas deste sistema atmosférico.

Dentre as coletas cujo resultado de carga sedimentar foram mais baixos (Coleta 1, 2, 5, 10 e 11), a ausência de precipitação pluviométrica foi determinante. Com exceção da Coleta 5, em todas as outras a ausência de chuva foi causada pela atuação de massas de ar, a MPA no dia das Coletas 1 e 2 e a MTA nos dias das Coletas 10 e 11. No dia em que ocorreu a Coleta 5 havia a atuação de uma FPA, no entanto até o momento da coleta das amostras não havia chovido ainda (QUADRO 11).

Portanto, foi observada uma correlação entre a atuação de massas de ar, as quais têm características de ocasionarem tempo estável e ausência de pluviosidade, com os resultados mais baixos de carga sedimentar da área de estudo, durante o período analisado. Além disso, foi possível observar também a correlação entre a ocorrência de FPA e IT no aumento da carga sedimentar em suspensão e turbidez.

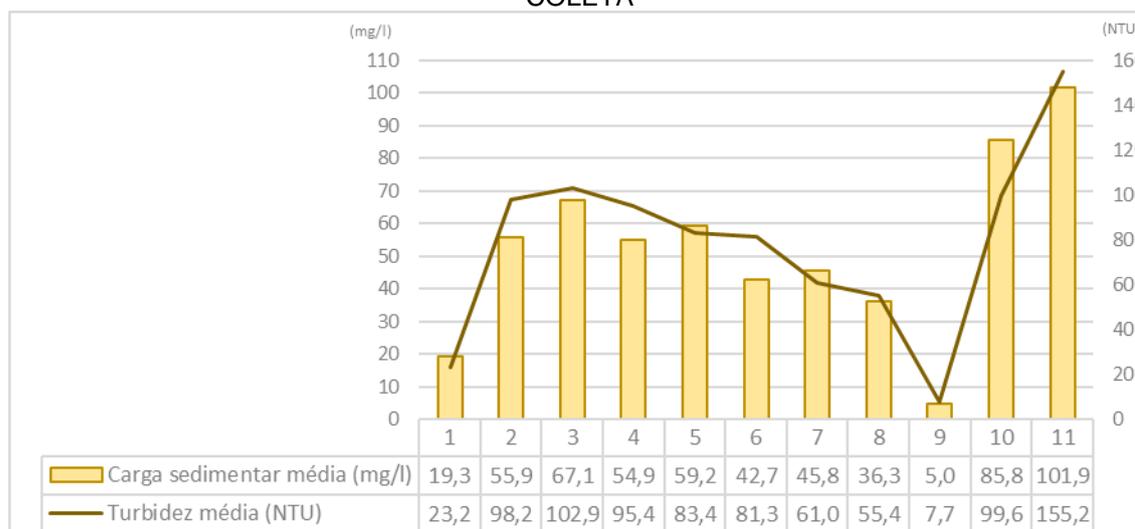
As demais coletas apresentaram resultados médios de carga sedimentar entre 20 e 40 mg/l (Coletas 3, 4, 7, 9, 13, 14 e 15). Estes resultados foram gerados pela ausência de pluviosidade, baixo volume de pluviosidade no dia da coleta ou ainda ocorrência de precipitação nos dias anteriores às coletas. Dentre os sistemas atmosféricos atuantes, houve principalmente a FPA com baixo volume de precipitação e a MPA com ocorrência de FPA em dias anteriores às datas das coletas.

Dessa forma, as diversas condições meteorológicas incidentes na área de estudo no período analisado influenciaram diretamente a variabilidade dos resultados médios de carga sedimentar em suspensão entre as coletas. No entanto, para a correlação com o uso da terra e a influência das porções urbanas e rurais na produção de sedimentos, faz-se necessária a análise mais detalhada dos resultados médios entre os pontos de coleta de sedimentos em suspensão na área de estudo.

6.3.2 Relação da carga sedimentar em suspensão com o uso da terra e fatores ambientais

A variabilidade nos resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez entre os pontos de coleta evidencia que há disparidades não somente devido às características das redes de drenagem, mas também em razão dos fatores ambientais existentes na área de contribuição destes pontos e do uso da terra, o que proporciona graus diferenciados de proteção ou susceptibilidade do solo aos processos erosivos. Na FIGURA 47 é possível visualizar a média de carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez dos onze pontos de coleta.

FIGURA 47 – MÉDIA DE CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ POR PONTO DE COLETA



FONTE: A autora (2017).

Os resultados analisados por pontos de coleta também evidenciam a correlação entre a carga sedimentar em suspensão e o nível de turbidez das amostras de água para quantificação de sedimentos. O coeficiente de correlação entre os dois atributos é de $r = 0,951$, o que novamente corrobora com os resultados encontrados por Morris e Fan (1997).

Dentre os quatro pontos de coleta localizados na cabeceira dos cursos hídricos, os dois que estão totalmente dentro do perímetro urbano são os pontos 1 e 3. O ponto 8 está totalmente localizado na porção rural do município e o ponto 9 está parcialmente localizado dentro do perímetro urbano, no entanto o uso da terra na

sua área de contribuição é predominantemente de característica rural (FIGURA 30 e FIGURA 41).

O ponto 1 apresentou uma média de carga sedimentar e turbidez abaixo do ponto 3 (FIGURA 47). Este resultado pode ser explicado pelo uso da terra na área de contribuição do primeiro ponto, onde 44,7% das classes deste são de característica urbana (edificações e vias) ao passo que no ponto 3 a contribuição destas classes é de 81,5%. Além disso, a área de contribuição do ponto 1 conta com 21,3% de vegetação natural florestal, a qual tem função de proteção do solo e da margem dos canais aos processos erosivos, contra apenas 0,8% de representatividade desta classe no ponto 3 (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Nas cidades, o processo de produção e transporte de sedimentos e as alterações no ciclo hidrossedimentológico podem ocorrer em função das construções de edificações e vias, da presença de solo exposto em terrenos onde ocorre terraplanagem, da presença de condutos para escoamento pluvial, da elevada impermeabilização do solo e da retirada de vegetação das margens dos canais fluviais (TUCCI e COLLISCHONN, 2000; TUCCI, 2003; POLETO, 2007).

O ponto 3 ainda apresentou um percentual de 3,3% de solo exposto (FIGURA 41), o que aumenta de forma significativa a susceptibilidade a processos erosivos e produção de sedimentos na bacia hidrográfica, uma vez que o solo se encontra sem nenhum tipo de proteção, ocasionando assim a remoção de material detrítico das vertentes e o transporte aos canais de drenagem.

Nos dois pontos foi identificada a presença de matéria orgânica de lançamento de esgoto de forma direta na rede hidrográfica, porém no ponto 3 isto ocorreu com mais frequência do que no ponto 1. Dessa forma, além do uso da terra identificado e classificado outros fatores contribuíram para os resultados da carga sedimentar destes pontos.

Quanto aos demais pontos de cabeceira, localizados em porções de características rurais, o ponto 8 apresentou uma média de carga sedimentar maior do que o ponto 9 (FIGURA 47), embora o primeiro tenha um percentual de 24,5% de vegetação natural florestal e campestre, classes estas que têm função de proteção aos processos erosivos, e o segundo tenha um percentual de apenas 16,1%. As classes de uso agrícola (culturas e pastagens) são mais representativas no ponto 9 (77,4%) do que no ponto 8 (53,5%) (FIGURA 30 e FIGURA 41).

No entanto, o que explica esta diferença significativa entre a carga sedimentar dos dois pontos é a localização das nascentes dos canais e a presença de vias nas áreas de contribuição. A nascente do trecho do canal do ponto 8 está localizada numa área de uso agrícola, já a nascente do canal do ponto 9 está localizada numa área de vegetação natural florestal (FIGURA 48 e FIGURA 30), sendo que o ponto de coleta está localizado a aproximadamente 50 metros desta área, numa porção de vegetação natural campestre (várzea).

FIGURA 48 – VEGETAÇÃO NATURAL FLORESTAL E LOCALIZAÇÃO DA NASCENTE DO CANAL FLUVIAL DO PONTO 9 – ARROIO SAMPAIO



FONTE: A autora (04/09/2015).

Esta localização proporciona uma maior proteção aos processos erosivos, mesmo a área de contribuição do ponto 9 tendo um uso agrícola maior. Resultados semelhantes da importância da vegetação na proteção dos cursos hídricos foram encontrados em outros estudos (D'HAEN, VERSTRAETEN e DEGRYSE, 2012; FOX et al., 2012; SILVEIRA, 2012; USDA, 2016).

Além disso, na área de contribuição do ponto 8 há mais vias (3,4%), tanto pavimentadas como não pavimentadas, do que na área de contribuição do ponto 9 (apenas 0,2%) (FIGURA 30 e FIGURA 41). Sendo as vias fluxos de transporte de sedimentos e conectoras entre vertentes e canais fluviais, e possuindo o ponto 8 duas vias cruzando o canal a montante do ponto da coleta, o resultado maior de carga sedimentar e turbidez deste ponto em relação ao ponto 9 é justificável (FIGURA 44). Cunha, Thomaz E Vestena (2013) e Thomaz, Antonelli e Dias (2011) também identificaram a influência das vias nos processos hidrossedimentológicos.

Quanto aos pontos de médio curso, o ponto 2 apresentou um importante crescimento de carga sedimentar (189,2%) e turbidez (323,4%) em relação ao ponto

1 (FIGURA 47), o que evidencia uma importante produção de sedimentos ocorrendo nesta área de contribuição, a qual está totalmente localizada no perímetro urbano e possui 39,4% de sua área composta de edificações e vias, 21,1% de uso agrícola e 29,4% de vegetal natural florestal e campestre (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Já entre os pontos 3 (cabeceira) e 4 (médio curso), houve um decréscimo de 18,2% de carga sedimentar e de 7,3% de turbidez (FIGURA 47) o que pode ser explicada pela presença de matéria orgânica, a qual tem a capacidade de depuração na água, fazendo com que ao longo do canal até chegar ao ponto 4, parte desta já tenha sido diluída. Na área de contribuição do ponto 4 as edificações e vias perdem representatividade em relação à área do ponto 3 (60,4%) e outros usos têm um pequeno crescimento, como vegetação natural e uso agrícola (FIGURA 30 e FIGURA 41).

Após a confluência dos dois trechos principais urbanos, representados pelos pontos 1 a 4, o ponto 5 apresentou um pequeno aumento de carga sedimentar em suspensão e turbidez em relação aos pontos a montante (FIGURA 47), o que pode ter ocorrido em razão do aumento da área de contribuição deste ponto em relação às áreas de contribuição dos pontos a montante e pelo ponto 5 ter importante influência da rodovia (FIGURA 30). Do ponto 1 (cabeceira) até o ponto 5 (médio curso) houve um aumento de 206,3% na carga sedimentar em suspensão e de 259,6% na turbidez. Já do ponto 3 (cabeceira) para o ponto 5 houve uma queda de 11,8% da carga sedimentar e de 18,9% na turbidez.

Quanto ao ponto de coleta de médio curso na porção rural (ponto 10), a taxa de aumento de carga sedimentar em suspensão do ponto 8 (cabeceira) ao ponto 10 foi de 136,1% e a de turbidez foi de 79,9% (FIGURA 47). Já a taxa de aumento entre o ponto 9 (cabeceira) e o ponto 10 foi de 1.616,0% para carga sedimentar e 1.198,3% para turbidez. Portanto, o aumento na produção e transporte de sedimentos na porção rural foi significativamente maior do que na porção urbana.

Dessa maneira, há forte indício de que a carga sedimentar do ponto 10 está relacionada com a grande representatividade do uso agrícola na sua área de contribuição (76,9%) (FIGURA 30 e FIGURA 41). Além disso, a FIGURA 30 demonstra que as áreas de preservação permanente dos canais fluviais e de seus afluentes não são sempre respeitadas, principalmente no trecho entre os pontos 8-10, onde diversos afluentes estão localizados em áreas de cultura agrícola ou pastagem. Já no trecho entre os pontos 9-10 há uma maior proteção do canal em

função da presença de área de preservação permanente, seja por vegetação natural florestal ou vegetação natural campestre.

Portanto, o principal contribuinte de carga sedimentar da porção urbana é o trecho entre o ponto 3 e o ponto 5, onde foram encontrados resultados mais altos do que o trecho entre os pontos 1 e 5. Já na porção rural, o canal com maior contribuição de carga sedimentar é o trecho entre os pontos 8 e 10, aonde foram constatados resultados mais altos de carga sedimentar em relação ao trecho entre os pontos 9 e 10.

Do ponto 5 ao ponto 6 (médio curso) houve um decréscimo de 27,8% na carga sedimentar média em suspensão e de 2,5% na turbidez média. Esta redução pode ocorrer em função de três processos, o primeiro é a diluição de parte da matéria orgânica da porção urbana até a chegada neste ponto de coleta. O segundo é a reduzida vazão neste trecho, a qual permite a deposição de sedimentos mais grosseiros, conforme apontado por Christofolleti (1981), o que explica a redução menor no resultado turbidez obtido.

O terceiro processo consiste na contribuição do afluente da margem direita do rio Capivari, o qual possui área de preservação na maior parte do seu trecho, portanto é um canal que tende a ter uma carga sedimentar mais baixa se comparado a outro que não tenha essa proteção (FIGURA 30). Assim, ao receber esta contribuição de água do seu afluente, o rio Capivari tem o volume d'água aumentado, no entanto o volume de sedimentos não aumenta proporcionalmente, o que acaba reduzindo a carga sedimentar em suspensão.

O ponto 7 (baixo curso) apresentou um leve aumento na carga sedimentar em suspensão em relação ao ponto 6, no entanto em relação ao ponto 5 apresentou decréscimo (FIGURA 47). Portanto, o ponto de coleta de baixo curso na bacia do Capivari não apresentou a maior média de carga sedimentar e turbidez, como ocorreu com a bacia do arroio Boqueirão. Este resultado pode ser explicado pelos mesmos processos ocorridos no ponto 6. Ou seja, a diluição da matéria orgânica da porção urbana, a contribuição dos afluentes e a deposição de sedimentos grosseiros em função da vazão.

Quanto ao ponto de coleta de baixo curso da bacia do arroio Boqueirão (ponto 11), este apresentou a maior média de carga sedimentar em suspensão e de turbidez na área de estudo no período analisado (FIGURA 47). Enquanto a média de carga sedimentar do ponto 7 foi de 45,8 mg/l, a média do ponto 11 foi de 101,9 mg/l,

resultado este ocorrido mesmo a bacia do rio Capivari sendo maior do que a bacia do arroio Boqueirão.

Do ponto 10 (médio curso) ao ponto 11 houve um aumento de carga sedimentar em suspensão média de 18,7% e de 55,9% de turbidez média. Portanto a taxa de aumento deste trecho foi menor do que no trecho entre os pontos de cabeceira (pontos 8 e 9) e o ponto de médio curso (ponto 10). Na FIGURA 30 é possível visualizar que no trecho entre os pontos 10 e 11 há mais área de preservação permanente do curso hídrico do que o trecho entre os pontos 8 e 10, o que pode explicar este resultado.

A disparidade dos resultados entre os pontos 7 e 11 pode ser explicada pela influência do uso da terra e dos fatores ambientais. Em relação ao uso da terra nos dois pontos de baixo curso, na área de contribuição do ponto 7 há a interferência da porção urbana do município, enquanto a área de contribuição do ponto 11 possui características predominantemente rurais. Na primeira há uma maior representatividade de classes com características urbanizadas, como edificações e vias (20,9%), enquanto na segunda essa representatividade é de apenas 2,3% (FIGURA 30 e FIGURA 41).

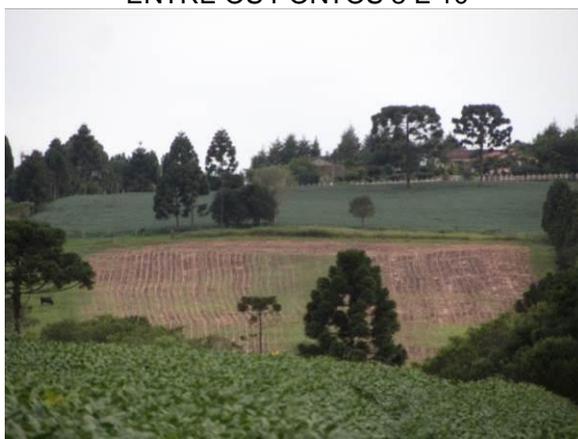
Apesar da área de contribuição do ponto 7 possuir uma proporção de vias, tanto pavimentadas como não pavimentadas, maior do que a área de contribuição do ponto 11, na segunda as estradas rurais estão mais próximas aos rios, sendo que cruzam estes em vários locais, tanto o arroio Boqueirão como seus afluentes. Já no rio Capivari, a partir do ponto 6 não há mais estradas rurais que o influenciam e possa fazer a conexão entre vertente e curso hídrico e acelerar o transporte de sedimentos.

Quanto à atividade agrícola, 47,4% da área de contribuição do ponto 7 é de culturas temporárias, pastagens temporárias e pastagens permanentes, contra 75,4% da área de contribuição do ponto 11 (FIGURA 30 e FIGURA 41), evidenciando que na segunda bacia a atividade agrícola possui uma maior importância do que na primeira.

Dessa maneira, apesar da adoção de práticas conservacionistas como plantio direto sobre palhada, os resultados mostram que outras medidas conservacionistas que não são adotadas na área de estudo, como o plantio em nível (FIGURA 49), podem estar contribuindo para os resultados de carga sedimentar em suspensão obtidos, uma vez que podem acelerar os processos erosivos. Merten e

Minella (2002) e Minella e Merten (2011) apontaram a influência do manejo do solo inadequado nos processos erosivos. Minella et al. (2015) identificaram taxas de escoamento superficial e perda de água significativamente menores em encostas com plantio direto com práticas mecânicas de controle do escoamento superficial (terraços) em comparação a encostas com plantio direto sem o terraceamento.

FIGURA 49 – PLANTIO DE CULTURA TEMPORÁRIA EM DESNÍVEL DE VERTENTE LOCALIZADA ENTRE OS PONTOS 8 E 10



FONTE: A autora (14/02/2015).

A área de contribuição do ponto 7 possui uma representatividade maior de classes com a função de proteção, como vegetação natural florestal e campestre, sendo que 22,5% da bacia é composta por esses tipos de vegetação, contra somente 12,4% na área de contribuição do ponto 11 (FIGURA 30 e FIGURA 41). Além disso, a FIGURA 30 mostra que a maior parte do rio Capivari e dos seus afluentes possuem área de preservação permanente nas suas margens, principalmente os afluentes da porção leste da bacia, enquanto na área de contribuição do ponto 11 há trechos onde não há área de preservação permanente ou a largura destas são muito pequenas.

A sazonalidade do uso da terra na área de estudo, em razão das especificidades do calendário agrícola (QUADRO 6) também apresentou evidências de ter influenciado nos resultados de carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez. Na TABELA 6 é possível observar que a carga sedimentar e turbidez no verão, quando se cultiva soja, milho e feijão, nas duas áreas de contribuição foi maior do que no inverno, quando se cultiva aveia, azevém, trigo e cevada. Este resultado pode estar relacionado tanto ao uso da terra na bacia hidrográfica como às condições meteorológicas de chuva, diferentes entre verão/inverno.

TABELA 6 – CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NOS PONTOS DE COLETA 7 E 11 CONFORME A SAZONALIDADE DO CALENDÁRIO AGRÍCOLA

Sazonalidade do calendário agrícola	Ponto 7 (Área de contribuição do rio Capivari)		Ponto 11 (Área de contribuição do arroio Boqueirão)	
	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Turbidez (NTU)	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Turbidez (NTU)
Inverno (junho a setembro) – aveia, azevém, trigo e cevada	28,8	37,9	34,2	40,0
Verão (outubro a maio) – soja, milho, feijão	57,1	76,5	147,0	232,1

FONTE: A autora (2017).

No verão um total de 28,0% da área de contribuição do ponto 7 é utilizada para culturas dessa época do ano, como soja, milho e feijão. Já no ponto 11 este percentual aumenta para 58,1% (FIGURA 30 e FIGURA 41). Portanto, as culturas de verão que são aquelas que mais contribuem aos processos erosivos em razão das suas características radiculares e de densidade de plantas ocorrem mais no ponto 11 do que no ponto 7.

As áreas onde estão localizadas as maiores porções de vegetação natural florestal na área de contribuição do ponto 7 estão na parte leste desta, onde também estão situadas as áreas de afloramento do Arenito Lapa (Grupo Itararé), o qual tem um grau de denudação menor do que siltitos, folhelhos, varvitos e conglomerados (também do Grupo Itararé), além dos sedimentos recentes, que compõem o restante da área de estudo (Item 4.2 e FIGURA 19).

Portanto, na parte leste da bacia, em função da geologia, há menor susceptibilidade a processos erosivos, o que pode ter contribuído para os resultados de menor carga sedimentar na área de contribuição do ponto 7, juntamente com outros fatores ambientais e o uso da terra. Além disso, nesta porção incide também parte da APA Estadual da Escarpa Devoniana, o que contribui para a maior representatividade da vegetação natural desta porção.

Outro fator ambiental que pode ter influenciado nos resultados de carga sedimentar das duas áreas de contribuição é o tipo de solo. Como não foi realizado um levantamento de solos na escala adotada nesta pesquisa, não é possível afirmar o tipo de solo que contribuiu para a susceptibilidade aos processos erosivos e produção de sedimentos. No entanto, é possível afirmar que o solo teve influência através da colocação das membranas, uma vez que na maior parte das coletas (Item 6.2) as membranas dos pontos 1 a 7 apresentaram uma tendência de coloração

diferentes do que as membranas dos pontos 8 a 11, o que pode estar relacionado tanto ao tipo de solo como à presença de matéria orgânica.

Dessa forma, pode-se afirmar que os fatores ambientais como clima, condições meteorológicas, geologia, geomorfologia, solos, características da rede hidrográfica, juntamente com o uso da terra influenciaram nos resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez da área de estudo no período analisado. Estes resultados reafirmam a necessidade de análise e planejamento de bacias hidrográficas como um todo na tentativa de resolução de problemas como assoreamento, poluição, inundações, dentre outros.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como foco a influência do uso da terra na produção de sedimentos na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, município da Lapa. A bacia como um todo possui uma área 15.151,00 ha, já a área de estudo, portanto sua porção superior, possui 3.774,91 ha. O rio Capivari é contribuinte direto do rio Iguaçu e possui a extensão de 22,18 km, no entanto na área de estudo sua extensão é de 7,49 km.

A bacia hidrográfica do rio Capivari possui suas principais nascentes localizadas na porção urbana do município, o que confere ao rio Capivari um estado de degradação devido à ausência de cobertura vegetal em alguns trechos e ao lançamento direto de efluentes domésticos sem tratamento já em sua cabeceira. Além disso, a agricultura é uma das atividades econômicas mais importantes do município e na bacia do rio Capivari estão localizadas diversas propriedades rurais onde há a prática da agropecuária.

Sendo uma bacia de uso misto, um percentual de 36,5% da área de estudo está localizado em área urbana e 64,5% em área rural, onde ocorre atividade agropecuária. Portanto, tanto a porção urbana como a porção rural têm potencial para produção de sedimentos, e o questionamento levantado nesta pesquisa foi no qual uso, rural ou urbano há maior produção de sedimentos na área de estudo, assim como a influência dos fatores ambientais neste processo.

O objetivo geral da pesquisa foi analisar a dinâmica da produção e do transporte de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari situada no município da Lapa/PR, durante o período de julho de 2015 a agosto de 2016. Através dos resultados da pesquisa foi possível evidenciar a dinâmica e as particularidades dos processos de produção de sedimentos e o transporte destes nas vertentes e na rede hidrográfica de acordo com as características de uso da terra e dos fatores ambientais na bacia hidrográfica.

Quanto aos objetivos específicos propostos, o primeiro se refere a compreender os aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos da área de estudo e relacionar estes atributos com a fragilidade à produção de sedimentos. Para tal, diversos dados secundários foram levantados, os quais evidenciaram as fragilidades do ambiente natural da área de estudo à produção de sedimentos.

Dessa forma, os sistemas atmosféricos atuantes na região, o clima do município que decorre de ausência de estação seca e o alto índice de vulnerabilidade a intemperismo e erosão das rochas do Grupo Itararé contribuem para a remoção de material detrítico das vertentes. Além disso, foi possível identificar particularidades na bacia, por exemplo, a presença de rochas areníticas na porção leste com grau maior de resistência a processos erosivos do que as rochas do restante da bacia, o que contribui para os afluentes desta porção apresentarem evidências de carga sedimentar em suspensão mais baixas que em outras porções, mesmo estando em áreas de altitude e declividade acentuadas onde os processos erosivos tendem a ser maiores.

Os diferentes tipos de solos da área estudo também propiciam diferentes fragilidades aos processos erosivos, no entanto o baixo nível de detalhe cartográfico deste tema impediu uma análise mais aprofundada da influência dos mesmos na dinâmica sedimentar. Quanto à hidrografia, o rio Capivari possui sua cabeceira e suas principais nascentes localizadas na porção urbana do município, já seu afluente, o arroio Boqueirão, possui sua cabeceira localizada na porção rural. Portanto estas duas áreas de contribuição possuem diferentes fragilidades aos processos erosivos, principalmente em função dos diferentes tipos de uso da terra predominantes em cada porção. Além disso, a porção urbana apresenta impactos nos canais fluviais típicos, como poluição, assoreamento, inundações, dentre outros.

O segundo objetivo específico proposto para a pesquisa foi analisar o uso da terra na área de estudo no período de julho de 2015 a agosto de 2016 e relacionar com as práticas agrícolas da região através do calendário agrícola e as principais implicações destes atributos quanto à susceptibilidade à erosão na bacia hidrográfica. Pode-se constatar que a importante representatividade da agropecuária na área de estudo requer uma análise mais criteriosa desta, principalmente pelo fato de que os cultivos agrícolas não ocorrem de forma homogênea ao longo do ano.

Na área de estudo são praticados rodízios entre as culturas, em razão da característica térmica sazonal da região. Dessa forma, de maneira geral foram identificadas culturas temporárias de inverno (junho a setembro), como azevém, aveia, trigo e cevada, e culturas temporárias de verão (outubro a maio), como soja, milho e feijão. Há ainda as pastagens permanentes e a cultura temporária de batata, os quais podem estar presentes durante todo o ano. Em razão das características de raiz e da maior densidade das plantas, as culturas de inverno promovem uma maior

proteção ao solo, em comparação às culturas de verão. Além disso, o sistema de manejo de plantio direto adotado na maior parte das propriedades da área de estudo também contribuem para a redução dos processos erosivos.

Quanto ao uso da terra na área de estudo, parte está localizada em porção urbana e parte está localizada em porção rural. De maneira geral, as áreas de cultura temporária (verão)/pastagem temporária (inverno), pastagem permanente e cultura temporária (verão/inverno) representam 56,4% da área de estudo. As áreas de vegetação natural florestal e campestre representam juntas 19,3% e as edificações e vias representam juntas 15,0%. Na porção urbana a classe de edificações predomina e na porção rural a classe de cultura temporária (verão)/pastagem temporária (inverno) possui maior importância. Dessa forma, as porções urbanas e rurais possuem dinâmicas diferentes de uso da terra repercutindo assim na susceptibilidade aos processos erosivos.

Em relação ao uso da terra das áreas de contribuição dos pontos de coleta de amostra água para quantificação da carga sedimentar em suspensão, as áreas de contribuição localizadas na bacia hidrográfica do rio Capivari têm uma maior influência de classes de uso urbanizados, como edificações e vias, do que as do arroio Boqueirão. No entanto, esta segunda possui uma maior influência das classes de características agrícolas do que a primeira. Quanto à vegetação natural florestal e campestre, a área de contribuição do rio Capivari possui um maior índice de áreas preservadas do que a área de contribuição do arroio Boqueirão, tanto identificadas como maciços florestais como vegetação ripária, o que confere uma maior proteção aos canais, mesmo havendo a influência urbana na bacia.

O terceiro objetivo específico proposto na pesquisa foi relacionar a carga sedimentar em suspensão e o nível de turbidez do canal fluvial em pontos específicos da rede hidrográfica na área de estudo com os fatores ambientais e o uso da terra na bacia, identificando assim o potencial de produção de sedimentos da porção urbana e da porção rural desta. Para tal, foram realizadas quinze coletas de amostras de água para quantificação da concentração de sedimentos em suspensão em onze pontos da rede hidrográfica do período de julho/2015 a agosto/2016.

Os resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez obtidos evidenciam a heterogeneidade quanto à produção de sedimentos na área de estudo, em razão das grandes variações entre os pontos e entre as coletas. A média dos resultados entre os dias de coleta evidenciou uma correlação entre os resultados de

concentração de sedimentos em suspensão e nível de turbidez, uma vez que o crescimento e redução de um dos parâmetros acompanha o outro. No entanto, ao se analisar mais detalhadamente os resultados individuais das coletas, podem haver divergências entre estes dois parâmetros.

De modo geral, a análise das coletas feitas de forma individual evidenciou que tanto os fatores ambientais, principalmente as condições meteorológicas, como o uso da terra e as características da rede hidrográfica interferiram nos resultados da carga sedimentar em suspensão e turbidez das coletas. Foram identificadas semelhanças e divergências em alguns pontos quanto à dinâmica da produção de sedimentos de acordo com a posição no canal fluvial, como por exemplo os pontos de cabeceira e os pontos de médio e baixo curso.

Foi identificada a influência das estradas rurais em pontos específicos, principalmente na bacia hidrográfica do arroio Boqueirão, as quais assumem papel de conexão entre vertente/canal fluvial, acelerando assim o processo de transporte de sedimentos. Além disso, outra especificidade identificada foi a influência do lançamento de efluente doméstico na rede de drenagem sem o devido tratamento nos pontos de coleta localizados na porção urbana, o que foi evidenciado pela coloração das membranas filtradas e pelos altos resultados de carga sedimentar em pontos de cabeceira, os quais tendem a apresentar baixa carga sedimentar se protegidos.

A precipitação pluviométrica influenciou diretamente os resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez obtidos. Dentre as coletas que apresentaram os maiores resultados (Coletas 6, 8 e 12), observou-se que o fator determinante para tal resultado foi a incidência de chuva no dia da coleta ou no dia anterior a esta, de correntes de sistemas atmosféricos como FPA e IT. Já as coletas que apresentaram os resultados mais baixos de carga sedimentar (Coletas 1, 2, 5, 10 e 11) a ausência de precipitação pluviométrica foi determinante em razão da atuação de massas de ar, como MPA e MTA na maioria delas. As demais coletas apresentaram resultados médios de carga sedimentar entre 20 e 40 mg/l (Coletas 3, 4, 7, 9, 13, 14 e 15), e resultaram principalmente da ausência ou baixo índice de pluviosidade.

A variabilidade nos resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez entre os pontos de coleta evidenciou que existe influência dos fatores ambientais e uso da terra da bacia, além das características da rede de drenagem. Dentre os

pontos de coleta de cabeceira (pontos 1, 3, 8 e 9), foi evidenciada a importância da proteção dos canais fluviais através da vegetação natural, uma vez que os canais que apresentaram maiores faixas de proteção de vegetação ripária (pontos 1 e 9) apresentaram menor carga sedimentar e turbidez do que os demais de cabeceira. Além disso, foi identificada a influência do lançamento de esgoto nos pontos da porção urbana (1 e 3) e a influência das vias no resultado do ponto 8.

Quanto aos pontos de médio curso, na porção urbana houve a redução da carga sedimentar nestes pontos em relação ao ponto a jusante, em função da possível diluição da matéria orgânica. Na área rural a tendência foi o aumento da carga sedimentar em direção a jusante, ou seja, dos pontos de cabeceira (pontos 8 e 9) em relação ao ponto de médio curso (ponto 10), em razão principalmente do uso agrícola na porção rural, além da ausência de vegetação ripária em alguns trechos. Em alguns pontos de médio curso, como por exemplo, do ponto 5 ao ponto 6 foi observado um decréscimo na carga sedimentar e turbidez, o que pode ter ocorrido em função da diluição de parte da matéria orgânica da porção urbana, da reduzida vazão neste trecho e na contribuição do afluente.

Em relação aos pontos de baixo curso, o ponto 7 (bacia do rio Capivari) apresentou uma média de carga sedimentar de 47,1 mg/l, enquanto o ponto 11 (bacia do arroio Boqueirão) apresentou uma média de 103,8 mg/l, diferença esta que pode ser explicada pela influência do uso da terra e dos fatores ambientais. A área de contribuição do ponto 7 possui influência urbana, com maior representatividade de classes como edificações e vias. Já a área de contribuição do ponto 11 possui características predominantemente rurais, com 75,4% da sua área destinada à atividade de agropecuária. Dessa maneira, apesar da adoção de algumas práticas conservacionistas na atividade agrícola, há forte evidência de que este tipo de atividade contribuiu de maneira importante para a produção de sedimentos na área de estudo.

Foi evidenciado também que entre os meses de outubro a maio, quando se praticam as culturas de verão na área de estudo, a carga sedimentar em suspensão e turbidez foi maior, tanto ponto 7 como no ponto 11, do que entre os meses de junho a setembro. Este resultado pode ser explicado tanto pelas características dos cultivos agrícolas praticados conforme a sazonalidade do calendário agrícola quanto às condições meteorológicas de maior incidência de chuva nos meses de outubro a maio.

A área de contribuição do ponto 7 possui uma representatividade maior de classes com a função de proteção dos solos, como vegetação natural florestal e campestre, do que a área de contribuição do ponto 11, tanto como vegetação ripária como vegetação em maciços. Isso ocorre principalmente na porção leste, onde estão presentes os afloramentos do Arenito Lapa, o qual tem uma menor fragilidade à erosão do que as rochas do restante da área de estudo, o que pode ter contribuído para os resultados de menor carga sedimentar na área de contribuição do ponto 7, além da influência dos solos, evidente pela coloração das membranas filtradas.

Além disso, na área de contribuição do ponto 11 as estradas rurais estão mais próximas e cruzam os rios em diferentes locais, o que pode ter contribuído para os maiores resultados de carga sedimentar nesta porção. Portanto, apesar da porção urbana da área de estudo apresentar também potencial de produção de sedimentos, a porção rural desta apresentou os maiores resultados de carga sedimentar, o que denota a importância da adoção de outras medidas conservacionistas na atividade agrícola.

O último objetivo específico proposto para a pesquisa se propôs a contribuir com a formação de base de dados primários para utilização pelos gestores para o planejamento e ordenamento da bacia hidrográfica, uma vez que a área de estudo se encontra em área de possível expansão urbana, e conseqüentemente sofrerá os impactos desta expansão. Para tal, os dados produzidos serão publicados e disponibilizados à comunidade em geral.

As principais recomendações para os gestores municipais é o planejamento da expansão urbana considerando os fatores ambientais da área, suas fragilidades e potencialidades; a possibilidade de parcerias com órgão de extensão rural e/ou cooperativas agrícolas atuantes na região para capacitação dos agricultores e conscientização da importância da adoção de medidas de conservação dos solos, como plantio direto e plantio em terraços, bem como conscientização da importância da vegetação ripária em suas propriedades; a correta manutenção das vias urbanas e estradas rurais de modo a dispor essas de infraestrutura de dissipação de energia e dispositivos para contenção de sedimentos; dentre outras medidas.

Dessa forma, a hipótese elaborada para a pesquisa – intervenções antrópicas de caráter urbano e rural existentes na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, representadas pelo uso da terra, influenciam de modo distinto a quantidade e concentração de sedimentos em suspensão no canal fluvial,

uma vez que os diferentes usos da terra podem acelerar os processos de remoção e transporte de partículas das vertentes - foi confirmada. Para tal, foram identificadas as intervenções antrópicas nas duas porções e as consequências destas intervenções nos resultados de carga sedimentar em suspensão e turbidez da área de estudo.

Portanto destaca-se a importância da análise de bacias hidrográficas como sistemas onde há entrada constante de matéria e energia e onde seus componentes estão interligados entre si, influenciando-se mutuamente. Os resultados alcançados nesta pesquisa destacam a importância de um planejamento territorial que englobe todas as características das bacias hidrográficas para a solução de problemas presentes tanto no meio urbano como no meio rural, bem como a importância de mais estudos no meio rural para a conservação do meio natural.

Como melhorias para pesquisas futuras, destaca-se a importância do monitoramento automático de concentração de sedimentos em suspensão e turbidez, bem como medição de vazões, com o objetivo de identificar diferenças sazonais, melhorar a precisão dos dados e estimar a produção de sedimentos na área de estudo. Além disso, a importância da diferenciação de carga sedimentar e matéria orgânica para uma maior precisão nos dados de produção de sedimentos, o que não pode ser realizada nesta pesquisa.

Outras sugestões para pesquisas futuras é a medição dos sedimentos transportados por arrasto, com o objetivo de constatar a influência geológica da área de estudo, a qual possui influência de arenitos e siltitos. Além disso, constatar a influência da areia utilizada nos paralelepípedos das vias do centro histórico da cidade na rede hidrográfica da área de estudo. Destaca-se também a importância de um mapeamento de solos em escala com maior nível de detalhe para a correlação deste fator ambiental com a produção de sedimentos.

Os resultados desta pesquisa apontaram a alta correlação entre os dados de carga sedimentar em suspensão e nível de turbidez, mostrando que para pesquisas futuras a estimativa da carga sedimentar em suspensão de um curso hídrico pode ser efetuada apenas através da medição de turbidez, caso haja impossibilidade da medição da carga sedimentar, reduzindo assim os custos operacionais, o tempo de campo e de laboratório e dinamizando o processo metodológico-operacional como um todo.

REFERÊNCIAS

- AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Dados de hidrografia, ottobacias e altimetria do Paraná** – Folhas 8428 e 8429. AGUASPARANÁ, 2011. Escala: 1.50.000.
- ALMEIDA, J. D. M. de.; SOUZA, J. O. P. de.; CORRÊA, A. C. de B. Dinâmica e caracterização fluvial da Bacia do Riacho Grande, Serra Talhada-PE: abordagem da conectividade da paisagem. **Geo UFRJ**, Rio de Janeiro, n. 28, p. 308-331, 2016.
- ANTONELLI, V. **Dinâmica do uso da terra e produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do arroio Boa Vista – Guaramiranga-PR**. 2011. 354f. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- ANTONELLI, V.; BRANDALIZE, F. F. Perdas de água e solo no cultivo de milho com diferentes formas de cultivo em agricultura familiar na Região Centro-Sul do Paraná. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 47, p. 85-94, set. 2013.
- ARAVENA, H. R. **Los desastres socionaturales**: Perspectivas de análisis ambiental y ecológico-políticos. Curitiba, 16 set. 2013. Material de disciplina ofertada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná.
- ARROIO JUNIOR, P. P. **Avaliação da produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Itaqueri, municípios de Itirapina e Brotas-SP**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Fundamentos, desenvolvimento e aplicações. 3 ed. Petrópolis: Vozes, 2008.
- BORDAS M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. p. 915-943.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1.

BRUTSAERT, W. **Hydrology: An Introduction**. New York: Cambridge University Press, 2005.

CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de.; HASUI, Y.; ZALÁN, P. V.; TEIXEIRA, J. B. G. Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozoico. In: HASSUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de.; BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 131-136.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.

CATEN, A. ten.; MINELLA, J. P. G.; MADRUGA, P. R. de A. Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 1006-1014, 2012.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. New York: Routledge, 2008.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **Geological Survey Professional Paper**, Washington/USA, n. 500-B, p. B1-B10, 1962.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hidrology**. New York: McGraw-Hill International Editions, 1988.

CHRISTOFOLETTI, A. **A mecânica do transporte fluvial**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1977.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Geomorfologia fluvial: Volume 1 - O canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1999.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 93-148.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2015/16, v. 3, n. 4. Brasília: CONAB, 2016.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CUNHA, M. C. da; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das Pedras, Guarapuava-PR. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2013.

CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

D'HAEN, K.; VERSTRAETEN, G.; DEGRYSE, P. Fingerprinting historical fluvial sediment fluxes. **Progress in Physical Geography**, Estados Unidos, v. 36, n. 2, p. 154-186, 2012.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de solos do Paraná**. EMBRAPA, 2008. Escala: 1:250.000.

FACHIN, P. A.; DIAS, W. A.; THOMAZ, E. L. Análise da produção de sedimentos por meio do efeito splash com uso de parcelas de erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

FARIAS, T. R. L. **Estradas rurais não pavimentadas como fonte de sedimentos Em bacia hidrográfica do semiárido**. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FOX, D. M.; WITZ, E.; BLANC, V.; SOULIÉ, C.; PENALVER-NAVARRO, M.; DERVIEUX, A. A case study of land cover change (1950-2003) and runoff in a Mediterranean catchment. **Applied Geography**. Estados Unidos, v. 32, n. 2, p. 810-821, 2012.

FRANÇA, A. B.; WINTER, W. R.; ASSINE, M. L. Arenitos Lapa-Vila Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, p. 43-56, 1996.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1985.

GUERRA, A. T. O. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

_____. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 149-209.

HASUI, Y. Compartimentação geológica no Brasil. In: HASSUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de.; BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 112-122.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em 3 set. 2016a.

_____. Instituto Agrônômico do Paraná. **Médias históricas Lapa**. Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Lapa.htm>. Acesso em 03 set. 2016b.

_____. Instituto Agrônômico do Paraná. **Zoneamento agrícola**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1044>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de clima do Brasil**. Brasília: IBGE, 2002. Escala: 1:5.000.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisa estadual do Brasil**. Brasília: IBGE, 2007. Escala: 1:2.500.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografias e Geociências. **Mapa Fitogeográfico do Paraná 1989/1990**. Curitiba: ITCG, 1989/1990.

_____. Instituto de Terras, Cartografias e Geociências. **Malha municipal do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2015. Escala: 1.50.000.

LAPA. Lei nº 1758, de 29 de dezembro de 2003. Institui o Plano Diretor, estabelece objetivos, instrumentos e diretrizes para as ações de planejamento no Município de Lapa e dá outras providências. **Câmara Municipal da Lapa**, Lapa, PR, 29 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.camaralapa.pr.gov.br/leis/2003/1758.pdf>>. Acesso em: 20/07/2017.

_____. Lei nº 2336, de 23 de junho de 2009. Delimita o perímetro urbano, da sede do Município e do Distrito de Mariental e dá outras providências. **Câmara Municipal da Lapa**, Lapa, PR, 23 jun. 2009. Disponível em: < http://sapl.lapa.pr.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/265_texto_integral>. Acesso em: 1º/08/2017.

_____. Prefeitura Municipal da Lapa. **Revisão da Legislação do Plano Diretor Municipal da Lapa**. Lapa: Prefeitura Municipal da Lapa, 2013.

MACDONALD, L. H.; SAMPSON, R. W.; ANDERSON, D. M. Runoff and road erosion at the plot and road segment scales, St John, US Virgin Islands. **Earth**

Surface Processes and Landforms, Medford/USA, v. 26, n. 3, p. 235-344, mar. 2001.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 154f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 67-87, jul./dez. 2008.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; TONER, L. G. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3-4, jul./dez. 1975.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. MOURA-BUENO, J. M.; TIECHER, T. Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 585-598, 2014.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G. de.; SOUZA, P. A. de.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, mai./nov. 2007.

MINELLA, J. P.; MERTEN, G. H. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 424-432, mar. 2011.

MINELLA, J. P.; MERTEN, G. H.; REICHERT, M.; SANTOS, D. R. dos. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1637-1646, 2007.

MINELLA, J. P. G.; BARROS, C. A. P. de.; DIDONE, E. J.; LONDERO, A. L.; RAMON, R.; SCHLESNER, A.; DEUSCHLE, D.; SCHNEIDER, F. J. A.; CANALE, T.; MERTEN, G. H. Dinâmica da erosão na escala de bacia hidrográfica: Uma experiência de pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil**: contextualizando as atividades agropecuárias e os problemas erosivos. Frederico Westphalen: URI, 2015. p. 69-121.

MINEROPAR. Serviço Geológico do Paraná. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

_____. Serviço Geológico do Paraná. **Mapa geológico do Paraná – Folhas Ponta Grossa e Mafra**. Curitiba: MINEROPAR, 2005a. Escala: 1:250.000.

_____. Serviço Geológico do Paraná. **Potencialidades e fragilidades das rochas do estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2005b.

_____. Serviço Geológico do Paraná. **Mapa geomorfológico do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2006. Escala: 1:650.000.

MINEROPAR. Serviço Geológico do Paraná; UFPR. Universidade Federal do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná – Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000**. Curitiba: MINEROPAR & UFPR, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação do Brasil**. Brasília: MMA, 2016. Escala: 1:5.000 a 1:100.000.

MONTEIRO, C. A. F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1969.

MORRIS, G. L.; FAN, J. **Reservoir sedimentation handbook: design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use**. New York: McGraw-Hill, 1997.

NUNES, J. O. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. de C. T.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Terra Livre**, Presidente Prudente, v. 2, n. 27, p. 119-130, 2006.

OLIVEIRA, F. A. de. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga sob a ótica da Geomorfologia**. 2006. 286f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____. A abordagem geomorfológica em estudos de hidrossedimentologia na região nordeste de Santa Catarina. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. (Org.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008.

PEDROTTI, D. E.; NETO, G. G. Flora ruderal da cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 2, p. 135-143, 1998.

PEREIRA, E.; CARNEIRO, C. D. R.; BERGAMASCHI, S.; ALMEIDA, F. F. M. de; Evolução das sinéclises paleozoicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: HASSUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de.; BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 374-394.

PINTO, N. L. de S. Introdução. In: PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgar Blücher, 1976.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. 159 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PRADO, T. B. G. **Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim**. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas, 2005.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terræ Didática**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

RODRIGUES, C. P.; FONTANA, D. C.; MORAES, O. L. L. de; ROBERT, D. R. NDVI e fluxo de CO₂ em lavoura de soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 1, p. 95-104, 2013.

ROFFE, T. G. **Dinâmica da produção de sedimentos devido a mudanças no uso da terra: estudo de caso na bacia de Chambas, Província Ciego de Ávila, Cuba**. 2012. 356f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia – FFCH/USP**, São Paulo, v. 6, p. 17-30, 1992.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. de P. C. **Neossolos Litólicos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html. Acesso em 3 mar. 2017.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial System**. Caldwell, New Jersey: The Blackburn, 2003.

SCHWARZ, R. A. **Perdas por erosão hídrica em diferentes classes de declividade, sistemas de preparo e níveis de fertilidade do solo na Região das Missões – RS**. 130 f., Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SILVA, A. M. da, SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J.C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1811-1820, 2009.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2007.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. p. 35-51.

SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. **Dados diários e horários de jun1997 a ago2016 da Lapa**. Acesso em 21 nov. 2016.

SNSA. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011**. Brasília: MCIDADES & SNSA, 2013.

SOUZA, J. D. de; BOGUSZ, J. de A.; MAFREI, A.; GERDARHT, C.; COSTA, C. M.; LESSA, G.; BUENO, J. P.; BRENSSEN, M.; MATSUSHITA, M.; HAMERSCHIMIDT, F. de A.; ANDRETTA, R.; NALINI, V. Base hidrográfica do estado do Paraná na escala 1:50.000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. p. 1-12.

TIECHER, T.; MINELLA, J. P. G.; MIGUEL, P.; ALVAREZ, J. W. R.; PELLEGRINI, A.; CAPOANE, V.; CIOTTI, L. H.; SCHAEFER, G. L.; SANTOS, D. R. dos. Contribuição das fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 639-649, 2014.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DIAS, A. Estimativa de proveniência de sedimento em cabeceira de drenagem com alta densidade de estradas rurais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 25-37, abr./jun. 2011.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003.

_____. **Gestão de águas pluviais**. Brasília: Ministério das Cidades, Global Water Partnerdhip, World Bank, UNESCO, 2005.

_____. Águas urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo, v.22 n.63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. da M. M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: EDUFRGS, 2000.

USDA – Natural Resources Conservation Service. Disponível em: <http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs143_024824.jpg>. Acesso em 3 set. 2016.

VANZELA, L. S.; SOUZA, R. A. de; PITARO, F. A. da M.; SILVA, P. A. F. e; SANCHES, A. C. Influência da ocupação do solo e do excedente hídrico sobre a vazão e transporte de sedimentos. **Irriga**, Botucatu, edição especial, p. 181-191, 2012.

WEMPLE, B. C. Investigations of runoff and sediment production from forest roads in western Oregon. 182 f. **PhD dissertation** - Oregon State University, Corvallis, OR, 1998.

**APÊNDICE 1 – CARGA SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ NAS
AMOSTRAS COLETADAS NA ÁREA DE ESTUDO**

Nº coleta	Ponto	Data coleta	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Média turbidez (NTU)
1	1	01/07/2015	4,8	5,9
1	2	01/07/2015	7,0	12,1
1	3	01/07/2015	23,2	14,8
1	4	01/07/2015	3,2	4,7
1	5	01/07/2015	9,4	9,1
1	6	01/07/2015	13,4	11,3
1	7	01/07/2015	14,6	17,0
1	8	01/07/2015	4,8	3,5
1	9*	-	-	-
1	10	01/07/2015	25,6	29,4
1	11	01/07/2015	17,4	20,6
2	1	02/08/2015	2,6	6,9
2	2	02/08/2015	6,8	13,2
2	3	02/08/2015	12,0	17,0
2	4	02/08/2015	3,2	6,5
2	5	02/08/2015	3,4	12,8
2	6	02/08/2015	10,6	9,2
2	7	02/08/2015	6,2	8,5
2	8	02/08/2015	3,0	5,9
2	9	02/08/2015	7,4	10,2
2	10	02/08/2015	19,4	24,1
2	11	02/08/2015	11,8	14,6
3	1	04/09/2015	8,0	10,6
3	2	04/09/2015	19,6	32,4
3	3	04/09/2015	45,60	44,8
3	4	04/09/2015	14,80	20,3
3	5	04/09/2015	22,2	17,2
3	6	04/09/2015	35,60	52,8
3	7	04/09/2015	82,40	111,2
3	8	04/09/2015	20,00	27,2
3	9	04/09/2015	3,00	2,6
3	10	04/09/2015	33,20	33,5
3	11	04/09/2015	48,40	59,5
4	1	04/10/2015	38,80	14,1
4	2	04/10/2015	6,00	39,5
4	3	04/10/2015	9,20	17,2
4	4	04/10/2015	26,80	47,1
4	5	04/10/2015	51,20	54,0
4	6	04/10/2015	27,60	55,8
4	7	04/10/2015	107,20	163,6
4	8	04/10/2015	24,40	27,3
4	9	04/10/2015	7,60	3,5
4	10	04/10/2015	39,60	51,4
4	11	04/10/2015	96,80	151,4
5	1	08/11/2015	15,60	10,8
5	2	08/11/2015	9,60	10,9
5	3	08/11/2015	24,80	18,5
5	4	08/11/2015	20,40	31,3
5	5	08/11/2015	8,40	15,4
5	6	08/11/2015	12,80	19,3
5	7	08/11/2015	10,00	12,4

Nº coleta	Ponto	Data coleta	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Média turbidez (NTU)
5	8	08/11/2015	6,40	9,5
5	9	08/11/2015	4,00	5,8
5	10	08/11/2015	22,00	25,7
5	11	08/11/2015	20,40	22,9
6	1	22/11/2015	22,80	35,4
6	2	22/11/2015	151,60	288,8
6	3	22/11/2015	64,00	88,6
6	4	22/11/2015	105,20	217,4
6	5	22/11/2015	158,80	238,2
6	6	22/11/2015	111,20	423,4
6	7	22/11/2015	220,80	307,4
6	8	22/11/2015	176,00	283,0
6	9	22/11/2015	16,40	17,5
6	10	22/11/2015	505,20	597,6
6	11	22/11/2015	562,00	1054,0
7	1	07/12/2015	14,40	13,4
7	2	07/12/2015	42,00	43,9
7	3	07/12/2015	20,40	40,7
7	4	07/12/2015	20,40	29,9
7	5	07/12/2015	76,00	36,5
7	6	07/12/2015	23,20	35,7
7	7	07/12/2015	78,80	95,9
7	8	07/12/2015	11,60	19,7
7	9	07/12/2015	4,00	6,2
7	10	07/12/2015	110,40	123,4
7	11	07/12/2015	32,40	49,4
8	1	10/01/2016	8,00	9,6
8	2	10/01/2016	27,20	33,2
8	3	10/01/2016	46,80	60,7
8	4	10/01/2016	76,80	115,4
8	5	10/01/2016	53,60	63,3
8	6	10/01/2016	40,40	51,9
8	7	10/01/2016	35,60	45,2
8	8	10/01/2016	209,20	328,6
8	9	10/01/2016	5,20	9,9
8	10	10/01/2016	198,00	235,6
8	11	10/01/2016	499,20	675,0
9	1	13/02/2016	42,40	34,3
9	2	13/02/2016	2,80	5,6
9	3	13/02/2016	15,60	11,1
9	4	13/02/2016	19,60	28,2
9	5	13/02/2016	6,40	7,4
9	6	13/02/2016	5,60	8,2
9	7	13/02/2016	15,20	15,5
9	8	13/02/2016	9,20	13,2
9	9	13/02/2016	2,40	16,5
9	10	13/02/2016	64,00	77,5
9	11	13/02/2016	36,40	51,8
10	1	20/03/2016	3,60	4,6
10	2	20/03/2016	7,60	5,3
10	3	20/03/2016	12,40	12,2
10	4	20/03/2016	5,60	5,7
10	5	20/03/2016	6,80	5,7
10	6	20/03/2016	11,20	8,9
10	7	20/03/2016	10,40	9,7
10	8	20/03/2016	16,80	20,3

Nº coleta	Ponto	Data coleta	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Média turbidez (NTU)
10	9	20/03/2016	4,80	10,4
10	10	20/03/2016	28,00	32,8
10	11	20/03/2016	19,60	20,8
11	1	24/04/2016	4,80	6,6
11	2	24/04/2016	6,80	7,5
11	3	24/04/2016	22,00	21,7
11	4	24/04/2016	8,80	8,1
11	5	24/04/2016	7,60	9,5
11	6	24/04/2016	11,20	10,0
11	7	24/04/2016	10,40	10,6
11	8	24/04/2016	10,40	12,3
11	9	24/04/2016	5,60	9,9
11	10	24/04/2016	21,20	22,5
11	11	24/04/2016	15,60	18,2
12	1	27/05/2016	110,80	171,8
12	2	27/05/2016	484,80	897,4
12	3	27/05/2016	436,00	802,2
12	4	27/05/2016	452,40	835,4
12	5	27/05/2016	412,40	702,8
12	6	27/05/2016	284,00	467,2
12	7	27/05/2016	25,20	28,0
12	8	27/05/2016	39,60	55,5
12	9	27/05/2016	6,40	4,7
12	10	27/05/2016	84,80	85,4
12	11	27/05/2016	40,40	45,3
13	1	01/07/2016	4,00	7,5
13	2	01/07/2016	6,40	8,8
13	3	01/07/2016	225,20	329,8
13	4	01/07/2016	12,00	15,1
13	5	01/07/2016	6,40	8,8
13	6	01/07/2016	7,20	10,2
13	7	01/07/2016	5,20	8,7
13	8	01/07/2016	1,20	6,6
13	9	01/07/2016	0,80	3,3
13	10	01/07/2016	11,20	19,4
13	11	01/07/2016	4,00	10,6
14	1	18/08/2016	4,00	8,2
14	2	18/08/2016	20,80	34,9
14	3	18/08/2016	16,80	21,3
14	4	18/08/2016	13,20	20,4
14	5	18/08/2016	22,40	28,5
14	6	18/08/2016	20,40	29,9
14	7	18/08/2016	37,60	51,8
14	8	18/08/2016	4,80	9,3
14	9	18/08/2016	1,20	3,3
14	10	18/08/2016	50,00	58,7
14	11	18/08/2016	61,20	69,7
15	1	22/08/2016	5,2	8,1
15	2	22/08/2016	39,2	39,6
15	3	22/08/2016	32,8	42,9
15	4	22/08/2016	41,2	45,4
15	5	22/08/2016	42,8	42,0
15	6	22/08/2016	26,4	26,2
15	7	22/08/2016	26,8	29,8
15	8	22/08/2016	7,6	8,5
15	9	22/08/2016	1,2	3,6

Nº coleta	Ponto	Data coleta	Carga sedimentar em suspensão (mg/l)	Média turbidez (NTU)
15	10	22/08/2016	74,4	76,5
15	11	22/08/2016	62,4	64,8

* No dia 01/07/2015 não houve coleta de água no ponto 9 devido à impossibilidade de acesso a este.