

Pesquisas Sobre os Impactos do Uso e Cobertura da Terra nos Recursos Hídricos: Caracterização, Estado da Arte, Limitações e Perspectivas Futuras



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 193

Pesquisas Sobre os Impactos do Uso e Cobertura da Terra nos Recursos Hídricos: Caracterização, Estado da Arte, Limitações e Perspectivas Futuras

Rachel Bardy Prado

Ricardo Figueiredo

Marcus Aurélio Soares Cruz

Lucília Maria Parron Vargas

Juliana Felizzola

Elenice Fritzsons

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Bernadete da Conceição C. G. Pedreira

Patrícia Porta Nova da Cruz

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de*

Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço Silva,

Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana

Sampaio de Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato

Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes Teixeira

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Enyomara Lourenço Silva*

Editoração eletrônica: *Moema de Almeida Batista*

Foto(s) da capa: *Rachel Bardy Prado*

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Pesquisas sobre os impactos do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos: caracterização, estado da arte, limitações e perspectivas futuras / Rachel Bardy Prado ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro, RJ : Embrapa Solos, 2017.

93 p. : il. color. – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN; 193).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes/>>.

Título da página da Web (acesso em 10 dez. 2016).

1. Solo - uso. 2. Recurso hídrico. I. Prado, Rachel Bardy. II. Figueiredo, Ricardo. III. Cruz, Marcus Aurélio Soares. IV. Vargas, Lucília Maria Parron. V. Felizzola, Juliana. VI. Fritzsos, Elenice. VII. Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso. VIII. Pedreira, Bernadete da Conceição C. G. IX. Portanova, Patrícia. X. Embrapa Solos. XI. Série.

CDD 631.47

© Embrapa 2017

Autores

Rachel Bardy Prado

Bióloga, doutora em Ciências da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Ricardo de Oliveira Figueiredo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia e Biotecnologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Marcus Aurélio Soares Cruz

Engenheiro civil, doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

Lucília Maria Parron Vargas

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

Juliana Feitosa Felizzola

Nutricionista, doutora em Química Ambiental e Analítica, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

Elenice Fritzsons

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Bernadete da Conceição C. G. Pedreira

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Patrícia Porta Nova da Cruz

Meteorologista, pesquisadora Pos-Doc junto à Embrapa Meio Ambiente pelo Programa CSF do CNPq, Jaguariúna, SP.

Agradecimentos

A equipe que atua nas bacias dos rios Cumaru e São João agradece a: Marcelo de Oliveira Lima e equipe (pesquisador do Instituto Evandro Chagas), Luciana Creão (bolsista de doutorado Fapespa da Embrapa Amazônia Oriental), Felipe Cruz (bolsista Embrapa graduação do departamento de engenharia química UFPA) e aos estagiários do IFPA.

A equipe que atua na bacia do Ribeirão da Onça agradece ao Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná.

A equipe que atua na bacia do Ribeirão das Posses agradece a Elias Gomes de Almeida, José Tadeu de Oliveira Lana e Ricardo Antônio Almeida Pazianotto, analistas da Embrapa Meio Ambiente, que auxiliaram na geração dos mapas e na aquisição dos dados para que a pesquisa na bacia do Ribeirão das Posses fosse feita. Ao Dr. Humberto Ribeiro da Rocha e sua equipe no IAG-USP, pela troca de informações e por disponibilizar dados meteorológicos na bacia, e ao Sr. Paulo Henrique Pereira, secretário de Meio Ambiente de Extrema, MG, pela parceria e cooperação com a equipe.

A equipe que atua na bacia Cará-Cará agradece a João dos Santos Vila da Silva e Edson Antônio Mengatto Júnior (pesquisador e bolsista do LABGEO da Embrapa Informática Agropecuária), Terêncio Rebello

Aguiar Junior (bolsista de doutorado CNPq da Embrapa Florestas), MarcosTrojan (bolsista de mestrado da UFPR).

A equipe que atua na bacia Guapi-Macacu agradece o apoio dos técnicos da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da Prefeitura (Pablo Ferraz e Thabta Matos), bem como à Emater de Cachoeiras de Macacu (Jocemir da Silva) e aos técnicos da Embrapa Fabiano Araújo, Adoildo da Silva Melo e Antônio Carlos Gonçalves; à Associação dos Produtores, Lavradores e Amigos do Faraó (em nome de Demerval Pereira de Souza, Sr. Valzinho) pelas informações fornecidas e participação nos projetos desenvolvidos na BHGM; aos diversos parceiros, como a pesquisadora da Embrapa Agrobiologia Mariella Uzeda; ao professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – CPDA JohnWilkinson e sua equipe; aos professores da UFRJ (Ana Maria Bicalho e ScottWilliam Hoefle); aos diversos pesquisadores da Embrapa Solos envolvidos nos projetos desenvolvidos e em desenvolvimento na bacia (Azeneth Eufrausino Schuler, Alexandre Ortega Gonçalves, Joyce Guimarães Monteiro, Alba Leonor Martins, Eliane Clemente, Aline Oliveira, Ademir Fontana, Ricardo Peixoto, Ana Paula Turetta, Fabiano Carvalho Balieiro, Guilherme Kangussu Donagemma, Evaldo de Paiva Lima, Cláudio Lucas Capeche). Agradece também aos pesquisadores e alunos da Universidade de Leipzig, Colônia e Jena da Alemanha (Lars Ribbe, Hartmut Gaese, João Carlos Torrico, Jürgen Heinrich, Jan Börner, Udo Nehren, Vanesa Rodríguez Osuna, Santiago Penedo, Annika Künne, Federico Werner, Sara Vera Aguirre, Josue Aké, Dietmar Sattler, Jens Wesenberg); aos alunos brasileiros da UERJ, UFF, UFRJ (Carlos Eduardo Ferreira, Thales Penha, Marllus Paiva e Lívia Furriel de Castro); e ao apoio financeiro recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A equipe que atua na bacia Siriri agradece aos parceiros envolvidos no desenvolvimento de cada etapa do estudo, como a Universidade Federal de Sergipe (UFS), o Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba, bem como colegas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, bolsistas Pibic e de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFS.

Apresentação

A presente publicação tem como propósito apresentar a experiência de pesquisadores da Embrapa e parceiros em estudar a influência do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos em sete bacias localizadas em diferentes contextos socioeconômicos e ambientais do Brasil, no âmbito da Rede de Pesquisas Agrohidro. São apresentados e discutidos aspectos relacionados à caracterização socioeconômica e ambiental das bacias estudadas, dando ênfase ao uso e cobertura da terra, bem como o estado da arte das pesquisas relacionadas ao tema nestas bacias, a infraestrutura que contam, os métodos aplicados, as limitações encontradas, os parceiros institucionais que possuem e as perspectivas futuras de atuação no tema.

Daniel Vidal Pérez
Chefe-geral da Embrapa Solos

Sumário

Introdução	11
Localização das Bacias Hidrográficas sob Estudo	13
Caracterização Fisiográfica das Bacias Estudadas	19
Caracterização Socioeconômica das Bacias Estudadas	42
Dados e Ferramentas Disponíveis	50
Estudos Realizados	60
Parceiros Institucionais da Pesquisa nas Bacias	74
Dificuldades Encontradas	74
Perspectivas Futuras	75
Conclusões	79
Referências	80
Literatura Recomendada	91

Pesquisas Sobre os Impactos do Uso e Cobertura da Terra nos Recursos Hídricos: Caracterização, Estado da Arte, Limitações e Perspectivas Futuras

Rachel Bardy Prado, Ricardo Figueiredo, Marcus Aurélio Soares Cruz, Lucília Maria Parron Vargas, Juliana Felizzola, Elenice Fritzsons, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Bernadete da Conceição C. G. Pedreira, Patrícia Porta Nova da Cruz.

Introdução

A água é um recurso natural essencial que molda paisagens e é vital para o funcionamento dos ecossistemas e para o bem-estar humano. Ao mesmo tempo, a água é um recurso sob forte pressão. Alterações no regime hidrológico devido a mudanças climáticas, demográficas e econômicas globais exercem graves consequências para as pessoas e para o ambiente (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2012).

Deficiências na gestão deste recurso no passado resultaram em rápido esgotamento de água em muitos países com o aumento da escassez crônica de água (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012). Além disso, as projeções com base nas taxas de crescimento econômico mundial mostram que a demanda de água vai aumentar em mais de 500% nas próximas décadas, impondo uma grande concorrência para os recursos disponíveis.

O uso e a cobertura da terra são aspectos fundamentais na composição e caracterização do ambiente tanto em escala global, como regional e ou local, e as suas alterações podem influenciar os ciclos biogeoquímicos da água (MEIXNER; EUGESTE, 1999). O levantamento e mapeamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos

do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreios dos lagos e reservatórios são consequências do uso inadequado da terra (SANTOS et al., 1981).

Sperling (1998) salienta que a qualidade da água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico e que os organismos aquáticos, em sua atividade metabólica, não só recebem influência do meio, mas podem também provocar alterações físicas e químicas na água.

Kira e Sazanami (1995) mencionam que o ambiente aquático é sensível às interferências que ocorrem na bacia hidrográfica que o abastece. A maioria das atividades antrópicas de uma bacia hidrográfica gera resíduos que são depositados nos corpos hídricos, sejam de forma pontual ou difusa, os quais, se não dispostos em locais adequados ou tratados, acabam por atingir os cursos d'água, alterando as suas propriedades naturais.

A obtenção de dados, sistematização e monitoramento em relação aos recursos hídricos, por meio da instrumentação de bacias hidrográficas em diferentes biomas brasileiros tem um papel fundamental na modelagem hidrológica, de perda de solos, de qualidade da água e capacidade de depuração dos rios, bem como na geração de cenários, sob diferentes condições de uso, cobertura e manejo da terra. Dados e informações relacionadas aos recursos hídricos são também importantes na compensação por serviços ambientais, que é uma abordagem bastante atual e em expansão no país, comprovada pelos diversos projetos em curso no Brasil, em que este tipo de compensação já é realidade, baseados no Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas (ANA) (SANTOS et al., 2010).

Existem diversos estudos que demonstram haver uma alta correlação entre a distribuição espacial das atividades humanas, o estado de conservação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica e o nível de degradação dos recursos hídricos (GERGEL et al., 2002; KIRA; SAZANAMI 1995; THORTON et al., 1990; TUFFORD et al., 1998). No Brasil podemos citar os estudos de Refosco (1994); Pião (1995); Krusche et al. (2005); Zeilhofer et al. (2006); Sartor et al. (2007); Prado e Novo (2007); Zampella et al. (2007); Bonnet et al. (2008); Neill et al. (2011); Prado e Novo (2015), dentre outros.

No entanto, muitas dificuldades são encontradas ao se realizar estes estudos, principalmente em escalas mais detalhadas, capazes de subsidiar o manejo e gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas. Desta forma, o presente trabalho se propôs a organizar e analisar pesquisas que avaliam os impactos do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos em algumas bacias hidrográficas estudadas no âmbito da Rede de Pesquisa da Embrapa Agrohidro, identificando suas principais lacunas e apontando perspectivas futuras.

Localização das Bacias Hidrográficas sob Estudo

As bacias hidrográficas analisadas encontram-se distribuídas em diferentes contextos e biomas brasileiros, conforme Figura 1 e suas características gerais na Tabela 1.

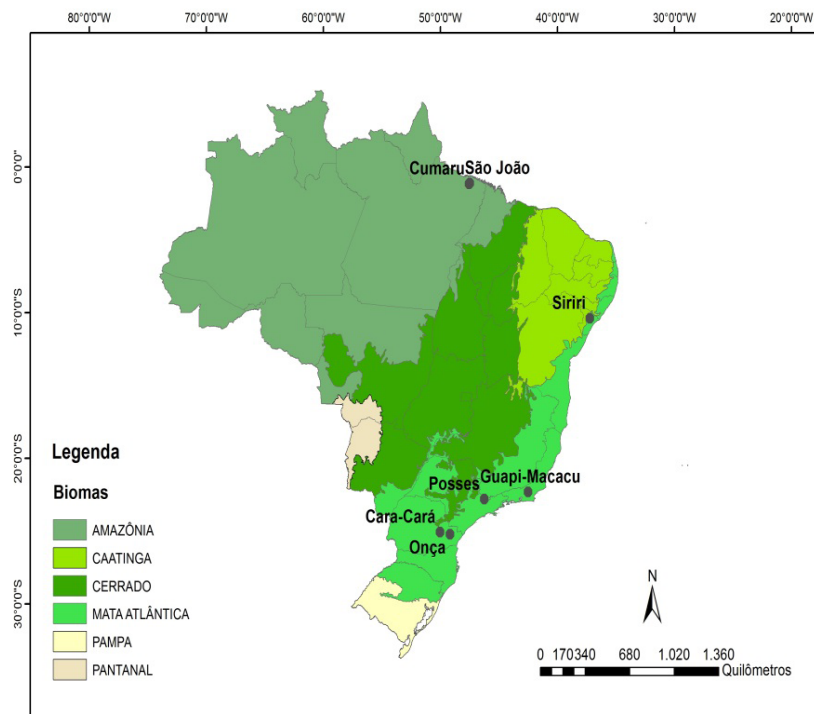


Figura 1. Mapa com a localização das bacias hidrográficas abordadas no presente trabalho, nos diferentes biomas brasileiros.

Tabela 1. Informações acerca da localização das bacias hidrográficas estudadas.

Nome da bacia	Lat	Long	Tamanho aproximado (ha)	Município (s)	Estado	Bioma	Unidade da Embrapa	Comitê de bacia que pertence
Cumaru	01°10'39" a 01°16'01"S	47°31'34" a 47°35'13" W	4.121	Igarapé-Açu	PA	Amazônia (Floresta Ombrofila Densa)	Embrapa Amazônia Oriental	Não tem
São João	01°08'48" a 01°12'07"S	47°28'33" a 47°32'33" W	2.664	Igarapé-Açu	PA	Amazônia (Floresta Ombrofila Densa)		Não tem
Ribeirão da Onça	25°15'00" a 25°17'30"S	49°09'00" a 49°13'00" W	2.256	Colombo	PR	Mata Atlântica (Floresta Ombrofila Mista – FOM)	Embrapa Florestas	CBH Alto rio Iguaçu/ afluente do Alto rio Ribeira
Cará-Cará	25°06'00" a 25°08'00"S	50°01'00" a 50°05'00" W	9.928	Ponta Grossa	PR	Mata Atlântica (Floresta Ombrofila Mista)		CBH do rio Tibagi
Ribeirão das Posses	22°49'45" a 22°53'30"S	46°14'00" a 46°15'30" W	1.200	Extrema	MG	Mata Atlântica	Embrapa Meio Ambiente	CBH PCJ
Guapi-Macacu	22°20'00" a 22°50'00"S	42°30'00" a 43°10'00" W	126.000	Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí	RJ	Mata Atlântica	Embrapa Solos	CBH Leste da Baía de Guanabara
Siriri	10°24'20" a 10°45'44"S	37°12'52" a 36°54'22" O	42.900	N. S. das Dores, Siriri, Rosário do Catete, Divina Pastora, Gal Maynard	SE	Mata Atlântica (Nordeste)	Embrapa Tabuleiros Costeiros	Comitê de bacia do rio Japarutaba

Bacias dos Igarapés Cumaru e São João

Os Igarapés Cumaru e São João, localizados na região do nordeste do Estado do Pará, são tributários da margem esquerda do Rio Maracanã, que apesar da pouca extensão, possui um caudal significativo que desagua diretamente no oceano Atlântico (Figura 2).

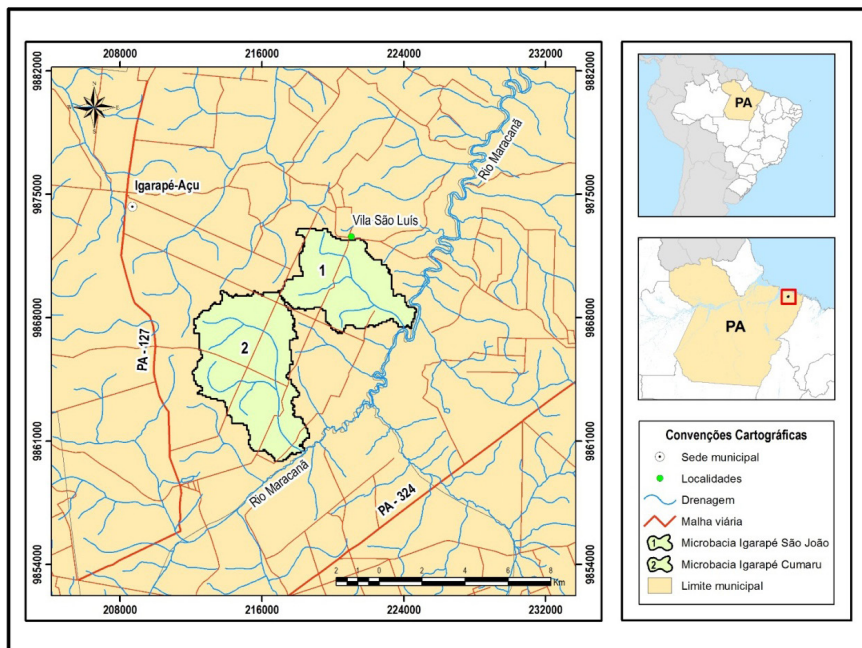


Figura 2. Localização das bacias dos rios Cumaru e São João, PA.

Bacia do Ribeirão da Onça

A bacia do Ribeirão da Onça está localizada a noroeste da cidade de Colombo, no Estado do Paraná (Figura 3).

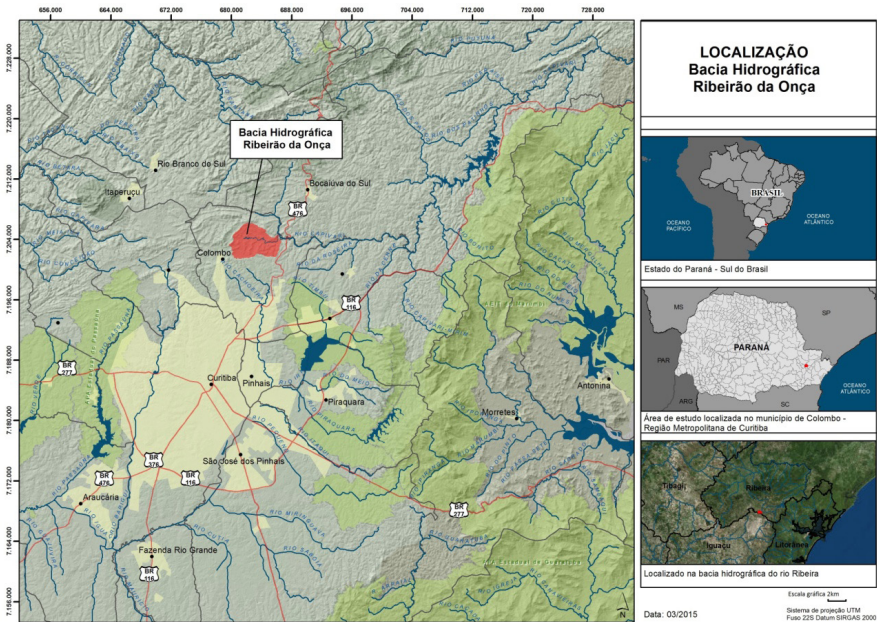


Figura 3. Localização da bacia do Rio da Onça, PR.

Bacia do Ribeirão das Posses

A bacia do Ribeirão das Posses é afluente da bacia do Rio Jaguari, no Município de Extrema, Minas Gerais, próximo à divisa com o Estado de São Paulo (Figura 4).

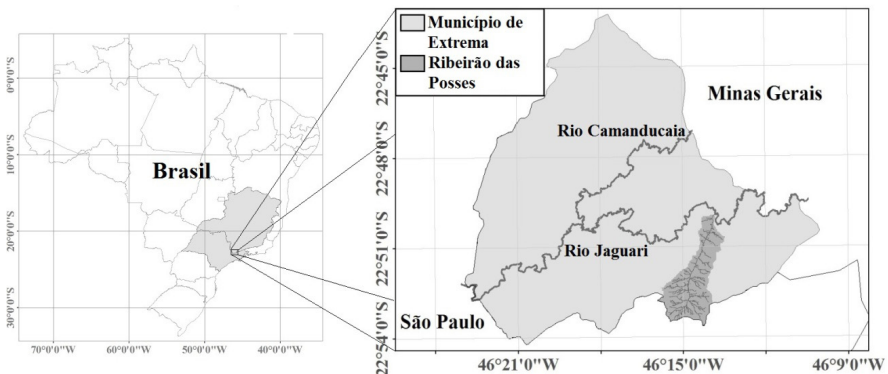


Figura 4. Localização da bacia do Ribeirão das Posses, MG.

Bacia do Rio Cará-Cará

O Rio Cará-Cará é afluente de 4ª ordem da margem direita do Rio Tibagi e faz parte da bacia hidrográfica do alto Rio Tibagi, em Ponta Grossa no Estado do Paraná (Figura 5).

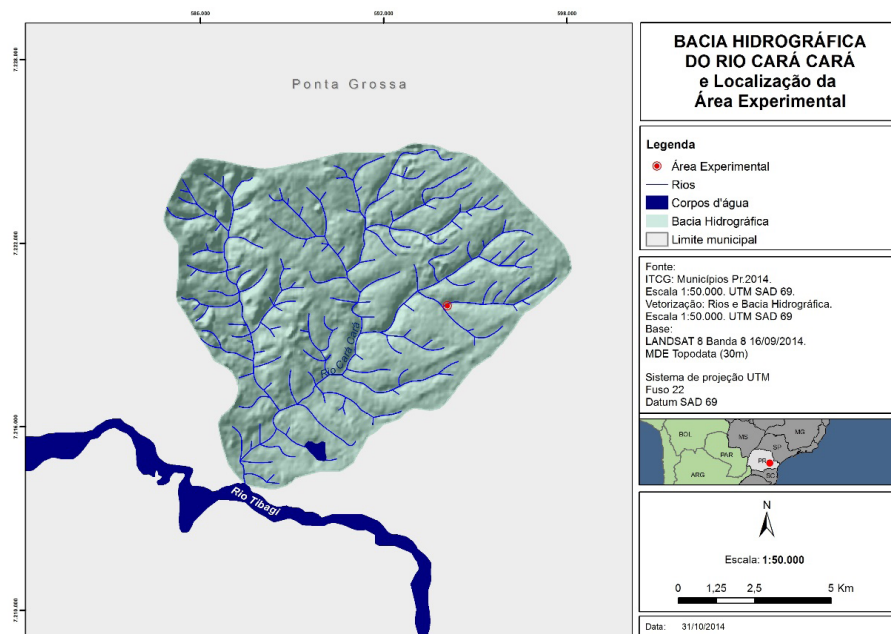


Figura 5. Localização da bacia do Rio Cará-Cará, PR.

Bacia Guapi-Macacu

Esta bacia é composta pelos rios Guapiaçu e Macacu, localizada na porção leste da região hidrográfica da Baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro (Figura 6).

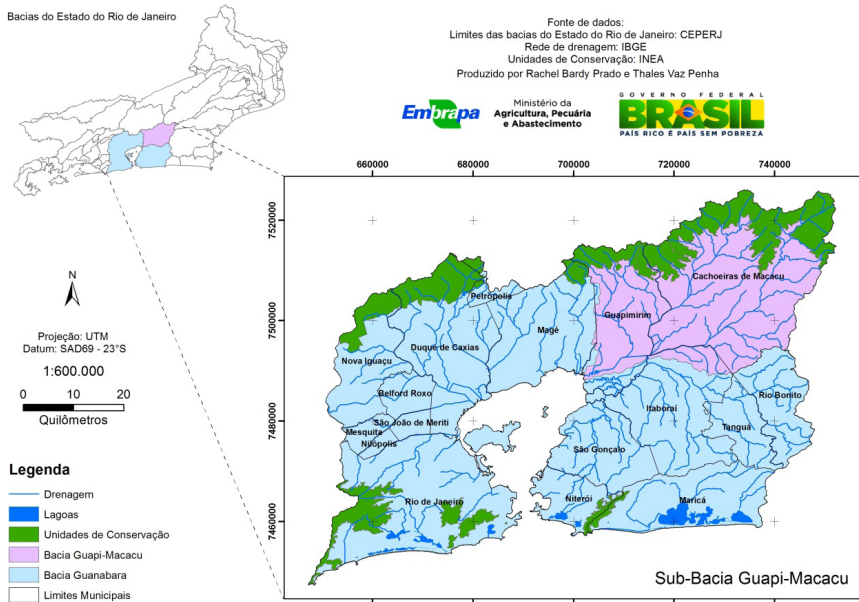


Figura 6. Localização da bacia Guapi-Macacu, RJ.

Bacia do Rio Siriri

O Rio Siriri tem sua nascente na região do Agreste (Nossa Senhora das Dores), porém o grande percentual da área da bacia hidrográfica está inserido na região litoral úmido. Abrange regiões de dez municípios sergipanos, com destaque para os municípios de Siriri, completamente inserido na bacia e outros parcialmente inseridos (Figura 7).

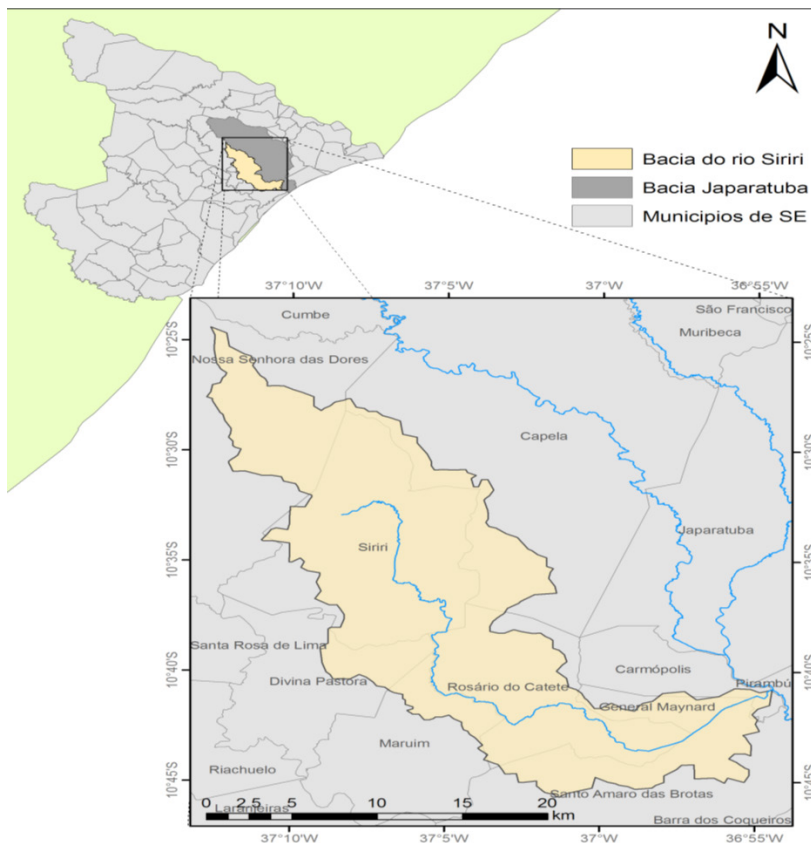


Figura 7. Localização da bacia Siriri, SE.

Caracterização Fisiográfica das Bacias Estudadas

Bacias dos Igarapés Cumaru e São João

Clima - O tipo climático predominante no Município de Igarapé-Açu, PA, corresponde ao Ami, segundo a classificação de Köppen, enquadrando-se como clima tropical chuvoso, com ocorrência de breve estação com deficiência hídrica de moderada intensidade. De acordo com a série pluviométrica analisada, foi possível perceber que entre os anos de 1994 e 2016, o total anual de chuva variou entre 1.690 mm (2015) e 2.857 mm (2004), sendo que os totais anuais de chuva não se distribuem

uniformemente durante o ano, apresentando períodos caracterizados como mais ou menos chuvosos. Em geral, os totais mensais de chuva com valores mais elevados concentram-se em fevereiro, março e abril; e os menos elevados em setembro, outubro e novembro. Na série analisada, o total mensal de chuva no período de menor índice pluviométrico variou entre 40,2 mm (outubro) e 64,3 mm (setembro); e no chuvoso oscilou entre 312,9 (fevereiro) mm e 411,3 mm (março).

Geomorfologia e Geologia - Estas bacias apresentam-se contíguas em suas características morfoestruturais do planalto rebaixado da Amazônia, região do Nordeste Paraense, sendo formadas por sedimentos aluviais antigos pertencentes ao Terciário, série Barreiras, e ao Pleistoceno. São ainda observados sedimentos aluviais recentes, ao longo dos cursos d'água, com pequena influência salina (CRUZ, 2006; LIMA, 2007). O relevo das bacias estudadas apresenta-se plano a suave ondulado, com pendentes longas, sendo os solos ocorrentes, diversificados pelas suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

Solos - Nos terraços aluviais antigos, os solos são representados por Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura arenosa; Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa; Argissolo Amarelo Distrófico concrecionário média/argilosa; e Latossolo Amarelo Distrófico, textura média. Tais solos são profundos, bem drenados, permeáveis, com boa capacidade de retenção de umidade, ácidos e quimicamente pobres; apesar disso, apresentam boa potencialidade para agricultura tropical, pois, a partir do uso de corretivos e fertilizantes, tornam-se mais produtivos. Em menor proporção, ocorrem solos hidromórficos, classificados como Neossolo Quartzarênico e Gleissolo Háptico Ta Distrófico, textura média, em sua grande maioria, ao longo dos cursos d'água e campos higrófilos.

Vegetação - A vegetação original do Nordeste Paraense era constituída substancialmente por Floresta Ombrófila Densa, a qual se constituiu numa paisagem marcante da região Amazônica como um todo (ALMEIDA et al., 2002). A Floresta Ombrófila Densa, de acordo com

a localização ambiental e posição topográfica que ocupa, recebe os nomes regionais de mata de terra firme, mata de várzea e mata de igapó. Atualmente, o inexpressivo remanescente florestal, formado em geral por matas ciliares de várzea e igapó, encontra-se empobrecido por diversos processos de utilização; bem mais marcante na paisagem, a vegetação secundária é encontrada em vários estádios de sucessão, com estrutura e densidade variáveis (WATRIN et al., 1998).

Uso e cobertura da terra

A paisagem das áreas estudadas encontra-se marcada pela classe vegetação secundária, sendo mais representativa em seus estágios sucessionais iniciais, pois ocorrem em áreas com marcante ocupação humana. Em oposição às áreas de sucessão secundária, que chegaram a ocupar quase a metade do total das microbacias de estudo (Igarapé Cumaru), as áreas da classe Floresta Antropizada (Floresta Densa) apresentam-se bem mais modestas, com percentuais sempre inferiores a 15% do total. Ainda no âmbito das formações vegetais, vale registrar para a microbacia do Igarapé São João o aparecimento da classe Campo Higrófilo (Formações Pioneiras), ocupando 3,04% da área total da mesma.

No contexto das classes de uso e cobertura da terra, como observado em muitas áreas na Amazônia, a feição de maior evidência em termos de área corresponde às pastagens em seus diferentes estados, ocupando entre 24,61% (Igarapé Cumaru) a 34,65% (Igarapé São João) da área destas bacias. Vale registrar a baixa estabilidade dos sistemas agropecuários empregados nas áreas de estudo, em sua maior parte, caracterizados por base tecnológica deficiente (WATRIN et al., 2009).

Ocupando áreas bem menos expressivas, apesar de sua importância econômica local, a classe Agricultura Anual apresentou taxas que variaram entre 3,08% a 6,02% em relação ao total, respectivamente para os Igarapés São João e Cumaru. De maneira análoga, a classe Agricultura Perene registrou também sempre áreas modestas, sendo as taxas de participação em relação à área total das bacias nunca superiores a 6,89% (Igarapé Cumaru) e 4,55% (Igarapé São João). As

Figuras 8 e 9 apresentam o mapa da distribuição das classes de uso e cobertura da terra nas bacias Cumamu e São João, respectivamente, a Tabela 2 apresenta a área das classes de uso e cobertura da terra para estas bacias e a Figura 10 ilustra a sua paisagem.

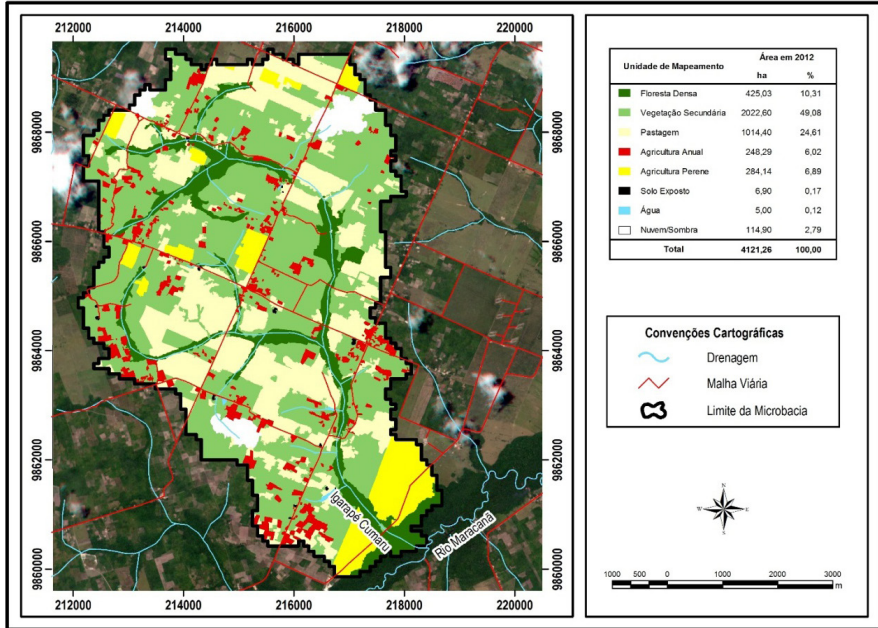


Figura 8. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Igarapé Cumarú, PA.

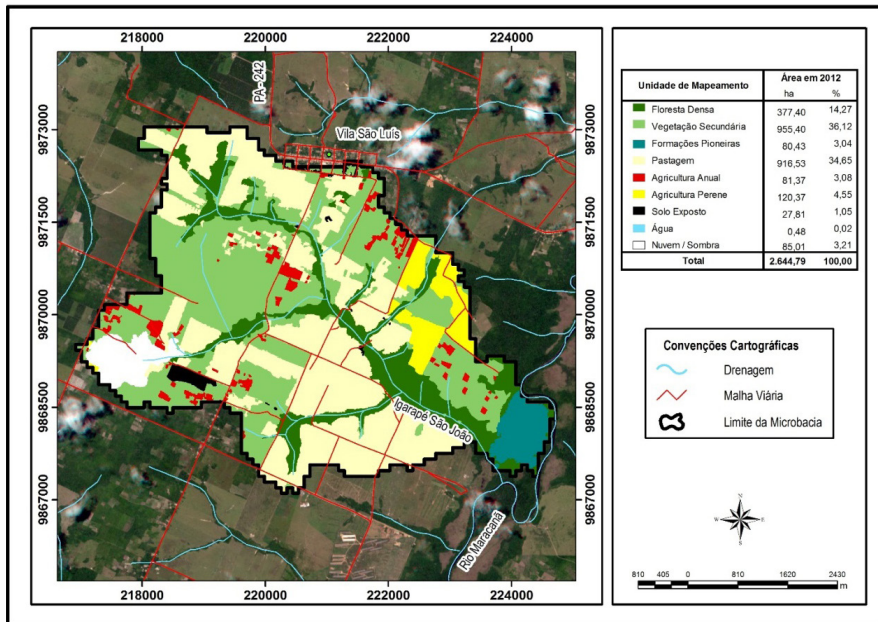


Figura 9. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Igarapé São João, PA.

Tabela 2. Área das classes de uso e cobertura da terra das bacias do Igarapé São João e Igarapé Cumaru.

Classes	Área (%)	
	Cumaru	São João
Floresta primária	10,31	14,27
Floresta secundária	49,08	36,12
Pastagem	24,61	34,65
Culturas anuais	6,02	3,08
Culturas perenes	6,89	4,55
Solo exposto	0,17	1,05
Água	0,12	0,02
Nuvem	2,79	3,21
Vegetação de pousio	*	3,04
Total	100,00	100,00



Figura 10. Paisagem das bacias: a) Igarapé São João, b) Igarapé Cumarú.

Bacia do Ribeirão da Onça

Clima - Segundo a classificação de Köppen, baseada na temperatura e pluviosidade, o tipo climático da região é Cfb. Este clima se define como: clima pluvial temperado, com mês mais frio entre +18 °C e -3 °C. As precipitações são regulares todos os meses do ano, podendo ocorrer geadas severas, raramente nevadas e, geralmente, não há estação seca (MAACK, 1981).

Geomorfologia e Geologia - Na bacia do Ribeirão da Onça, a altitude varia entre 916 a 975 m. Os domínios geológicos desta região são

do Grupo Açungui, o qual foi subdividido originalmente no setor por Bigarella e Salamuni (1958) nas Formações Setuva, Capiru e Votuverava, da base para o topo. O substrato geológico da região é o embasamento cristalino, grupo Açungui, formação Capiru. Esta Formação consiste fundamentalmente na sucessão de estratos dobrados, sob metamorfismo de baixo grau de litologias de filitos, metadolomitos e quartzitos, assim agrupados em ordem decrescente de área ocupada. Devido à carstificação das rochas carbonáticas (metadolomitos), ou seja, do intemperismo sofrido pelas rochas carbonáticas, há armazenamento de água subterrânea, o que torna as bacias adequadas para produção de água para consumo agrícola e humano. A área de abrangência das rochas carbonatadas no Estado do Paraná é de aproximadamente 5.570 km² (2,8% do estado).

Solos - De acordo com o Mapa de Solos do Paraná (BHERING et al., 2008), nesta área pode-se encontrar Cambissolos, Argissolos, Neossolos e Gleissolos.

Vegetação - A bacia do Ribeirão da Onça se insere no Primeiro Planalto Paranaense, na região fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista (FOM), do Bioma Mata Atlântica.

Uso e cobertura da terra

Foi composto o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 11) em escala 1:50.000. As tipologias para uso e cobertura da terra foram: 1. Floresta natural (FOM); 2. Floresta plantada; 3. Campos (pastagens); 4. Agricultura e 6. Edificações. Verificou-se que na bacia há forte presença de florestas, tanto naturais (41%), quanto plantadas (25%). Há reflorestamento de bracatinga, de pinus e eucalipto. A agricultura representa 23% e é dominada pela horticultura. Das edificações fazem parte galpões, residências e estradas. A mineração de metadolomitos está presente (0,9%) especialmente na porção norte da bacia. Há poucas áreas de pastagens (1,7%). A Tabela 3 apresenta a área das classes de uso e cobertura da terra para esta bacia e a Figura 12 ilustra a sua paisagem.

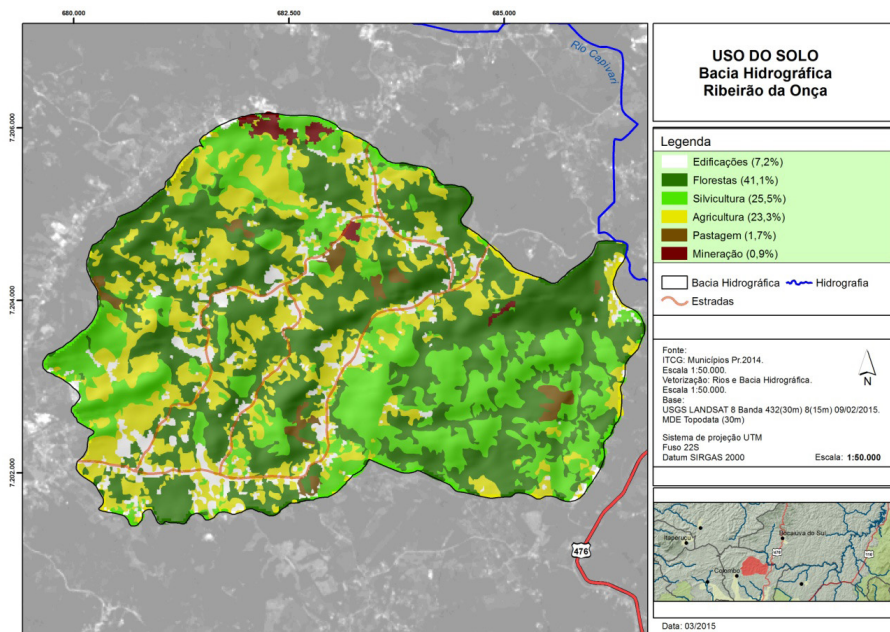


Figura 11. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Ribeirão da Onça.

Tabela 3. Área das classes de uso e cobertura da terra da bacia do Ribeirão da Onça.

Classes	Área (%)
Edificações	7,20
Florestas	41,10
Silvicultura	25,50
Agricultura	23,30
Pastagem	1,70
Mineração	0,90
Total	100



Fotos: Elenice Fritzsos.

Figura 12. Paisagem da bacia do Ribeirão da Onça, PR.

Bacia do Ribeirão das Posses

Clima - O clima na bacia hidrográfica do Ribeirão das Posses se caracteriza como mesotérmico de verões brandos e suaves e estiagem no inverno (Cwb na classificação de Köppen). As temperaturas médias mensais dos meses variam entre 25,6 °C para os meses mais quentes e 13,1 °C para os meses mais frios, tendo ocorrências de geadas e a precipitação anual varia entre 1.100 mm e 1.700 mm (SILVA, 2014).

Geomorfologia e Geologia - O relevo da bacia do Ribeirão das Posses possui um gradiente de topografia acentuado com altitudes que variam de 1.144 m a 1.739 m (LIMA, 2013) e três formações geológicas distintas: Granito Piracaia – Granitoide Alcalino, Paragnaisse Migmatizado e Suite Bragança Paulista (<http://www.agenciapcj.org.br/docs/pmrh/pmrh-extrema-relatorio-sintese.pdf>).

Solos - As classes de solos predominantes na bacia são: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) que corresponde a aproximadamente 40% da área total da bacia (ou seja, 477 ha), Cambissolo Háplico (CX) com 31% (382 ha), Cambissolo Húmico (CH) com 10% (124 ha), Neossolo Flúvico (RY) com 10% (119 ha) e Neossolo Litólico (RL) com 9% (104 ha).

Vegetação - Esta bacia hidrográfica teve sua paisagem mudada ao longo do século passado, desde florestas nativas até vegetação mais homogênea para pastagens e pequenas culturas e alguns fragmentos de plantações florestais com eucaliptos. Atualmente, o

projeto Conservador das Águas plantou algumas áreas pequenas com vegetação de espécies nativas, especialmente onde existem nascentes e no topo dos morros, para recuperação dos recursos hídricos (CRUZ et al., 2017).

Uso e cobertura da terra

O uso da terra predominante é a pastagem, sendo que muitas dessas pastagens encontram-se altamente degradadas e com lotação de gado acima da capacidade de suporte (SILVA et al., 2008). O uso da terra na bacia do Ribeirão das Posses, conforme levantamento realizado no ano de 2009, é assim dividido em termos de percentual da área total da bacia: Pastagem (71,04%); Vegetação Primária (13,52%); Vegetação Secundária (9,66%); Estrada (2,06%); Silvicultura (1,90%); Solo Exposto (1,30%); Infraestrutura (0,37%); e, Corpos de Água (0,15%). Na Figura 13, pode-se visualizar a predominância da classe pastagem sobre as demais classes de uso e cobertura da terra. Devido às ações do “Programa Conservador das Águas”, observa-se atualmente uma pequena diminuição da área de pastagem que cede espaço para a floresta secundária, onde o reflorestamento tem sido usado como uma das ferramentas para a conservação dos recursos hídricos da bacia. No entanto, trata-se de algo não muito diferente de 1-2% da área de pastagem (CRUZ et. al, 2017). Atualmente, estão sendo desenvolvidos novos mapas de uso e cobertura da terra na Embrapa Meio Ambiente para verificar se houve mudanças significativas em termos de área.

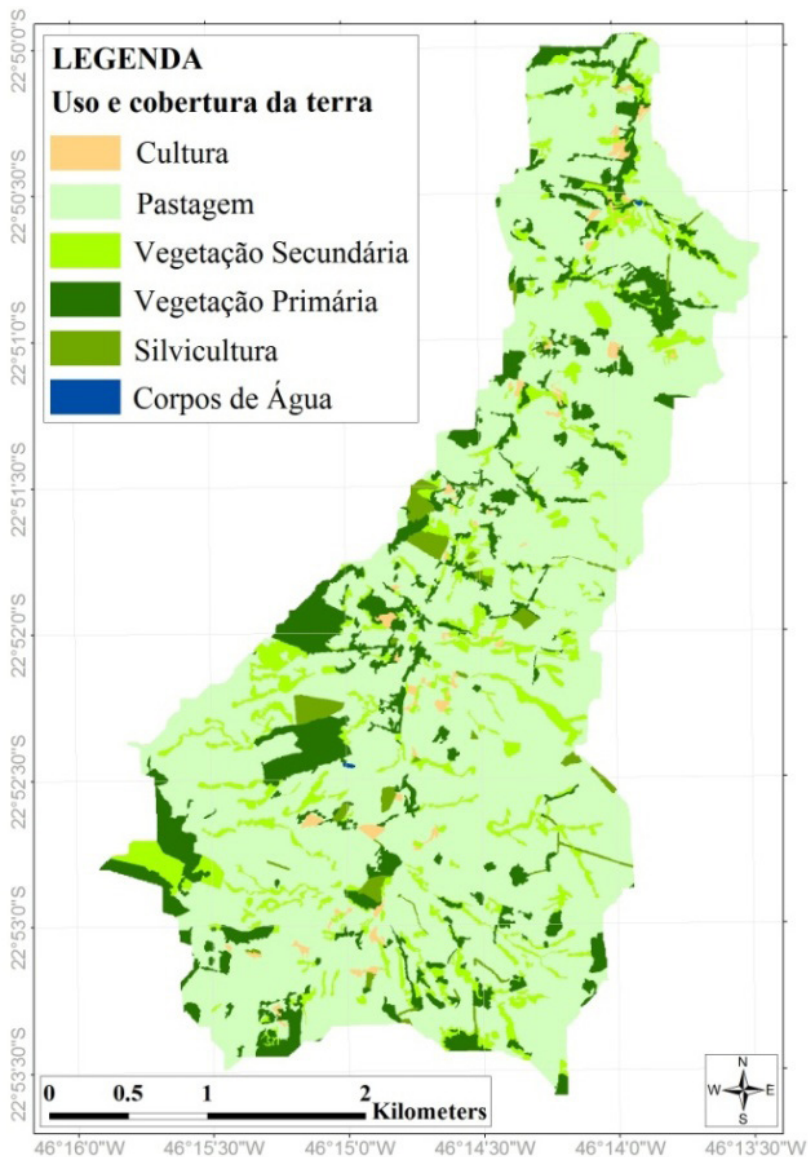


Figura 13. Mapa de uso e cobertura da terra do Ribeirão das Posses, SP.

A Tabela 4 apresenta a área das classes de uso e cobertura da terra para esta bacia e a Figura 14 ilustra a sua paisagem.

Tabela 4. Área das classes de uso e cobertura da terra da bacia do Ribeirão das Posses.

Classes	Área (%)
Solo Exposto	1,30
Estrada	2,06
Infraestrutura	0,37
Pastagem	71,04
Vegetação Primária	13,52
Vegetação Secundária	9,66
Silvicultura	1,90
Corpos de Água	0,15
Total	100,00



Fotos: Ricardo Figueiredo.

Figura 14. Paisagem da bacia do Ribeirão das Posses.

Bacia do Rio Cará-Cará

Clima - O clima da região é do tipo Cfb (Köppen), subtropical úmido, caracterizado por temperaturas médias mensais entre 13,9 °C e 21,4 °C, precipitação de 1.523 mm ano⁻¹ e evapotranspiração de 823 mm ano⁻¹ (período entre 1954-96), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2014).

Geomorfologia e Geologia - A altitude da bacia do Rio Cará-Cará varia entre 780 m a 1.027 m, sendo que as maiores altitudes ocorrem a leste e diminuem a sudoeste, para onde correm os principais canais. Na área da bacia são encontradas rochas sedimentares da formação Furnas, formação Ponta Grossa e sedimentos quaternários. A formação Furnas,

que é constituída por arenitos médios a grosseiros com estratificações cruzada e horizontal, ocorre a leste da bacia, nas nascentes da margem esquerda do Rio Cará-Cará. A formação Ponta Grossa formada por folhelhos e siltitos cinzentos, localmente betuminosos, com intercalações de arenitos muito finos e esbranquiçados, aparece nas porções sudeste e noroeste da bacia. Na foz do Rio Cará-Cará, são encontrados sedimentos de deposição fluvial com areia, silte e cascalhos quaternários (MINERAIS DO PARANÁ, 2005).

Solos - O relevo suave ondulado abriga uma grande extensão de solos profundos, bem estruturados, porosos e de boa drenagem (SANTOS et al., 2007). O teor de carbono total no horizonte A dos solos varia entre 0,72% e 1,35%. As classes de solos que ocorrem são os Latossolos (72%) Vermelho (LV) e Vermelho-Amarelo (LVA), Cambissolos (C) (25%) e solos hidromórficos (3%) (MIARA; OKA-FIORI, 2009). Todos apresentam textura média (entre 15% e 35% de argila) e diferem em fertilidade, em função do tipo de uso do solo. Os horizontes superficiais do LVA, LVs e Cambissolo variam entre 200 g kg⁻¹ a 300 g kg⁻¹ de argila. Os horizontes Bw do LV e do LVA tem textura média, 220 g kg⁻¹ a 340 g kg⁻¹ de argila. Os Cambissolos exibem textura média e argilosa no horizonte Bi com 240 g kg⁻¹ e 400 g kg⁻¹ de argila. Nos LV, o horizonte subsuperficial apresenta 380 g kg⁻¹ a 440 g kg⁻¹ de argila. Os LVA ocorrem com cor bruno-escura (7,5YR 3/3) no horizonte superficial e vermelho-amarelado (5YR 4/6) no horizonte latossólico (Bw). Nos LV, a cor predominante é bruno-escura (5YR 3/3) e vermelho-escura (2,5YR 3/6), nos horizontes A e Bw, respectivamente os Cambissolos Háplicos tem cor bruno-escura (7,5YR 3/3) no horizonte A e vermelho-amarelada (5YR 4/6) no horizonte subsuperficial (Bi). Os Cambissolo Háplico gleissólico e Cambissolos Húmicos apresentam cor bruno muito escura (10 YR 2/2) no horizonte Ap e bruno-amarelada-escura (10YR 4/5) no Bi (RACHWAL et al., 2015).

Vegetação - A vegetação original era constituída por campos naturais gramíneo-lenhosos, capões de floresta ombrófila mista com a ocorrência de araucária e matas ciliares ao longo dos cursos d'água (CERVI; LINSINGEN, 2007).

Uso e cobertura da terra

O mapa de uso e ocupação da terra para 2010 foi definido a partir da espacialização das classes definidas para o projeto da Rede AgroHidro e inseridas na bacia hidrográfica do Rio Cará-Cará. A Tabela 5 apresenta a área das classes de uso e cobertura da terra do Rio Cará-Cará e as Figuras 15 e 16 apresentam o uso e cobertura da terra e a paisagem desta bacia. A bacia apresenta 26% da área total da bacia classificada como área natural, representada pelos campos naturais gramíneo-lenhosos, capões de floresta ombrófila mista e mata ciliar. Os campos representam 16% da área natural.

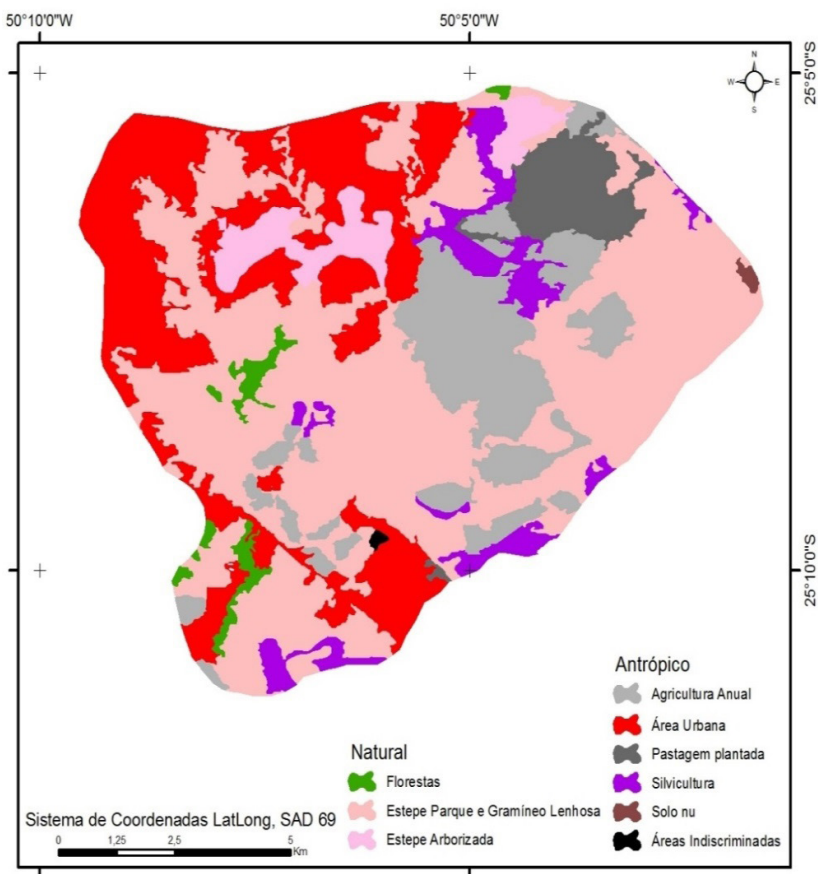


Figura 15. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do Rio Cará-Cará, PR.
Fonte: Mengatto et al., 2016.

As classes derivadas de atuação antrópica correspondem a 74% da área. As áreas urbanas e a agricultura anual representam cada uma, 30% da área. Para as classes definidas por áreas antrópicas, é possível a distinção das áreas derivadas de processo antrópico acentuado, como as áreas urbanas do Município de Ponta Grossa que ocorrem no sentido noroeste/sul.

Tabela 5. Área das classes de uso e cobertura da terra da bacia do Rio Cará-Cará.

Classes	Área (%)
Florestas	2,10
Estepe parque e gramíneo-lenhosa	16,10
Estepe arborizada	7,60
Agricultura anual	30,90
Agropecuária	12,90
Solo exposto	0,80
Reflorestamento	0,10
Influência urbana	29,40
Áreas indiscriminadas	0,09
Total	100,00

Fonte: Mengatto et al., 2016.

Fotos: Lucília M. Parron Vargas.



Figura 16. Paisagem da bacia do Rio Cará-Cará.

Bacia Guapi-Macacu

Clima - A bacia, segundo critério de Köppen (1948), apresenta um clima tropical do tipo Aw, ou seja, clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco).

A temperatura média anual estimada é de 21,4 °C. A amplitude térmica registrada varia de 8,0 °C a 9,8 °C. As maiores temperaturas médias do ar ocorrem no período de dezembro a fevereiro (GONÇALVES, 2014).

Geomorfologia e Geologia - Seu relevo pertence à área de transição entre as escarpas e reversos da Serra do Mar e as planícies costeiras, apresentando altitudes máximas em torno de 1.500 m. Trata-se da porção norte da Serra dos Órgãos. Os rios Guapiaçu e Macacu foram ligados artificialmente conforme apontado por Benavides et al. (2009). A união das duas bacias ocorreu a partir da construção do canal Imunana, que desviou o curso natural do Rio Macacu unindo-o ao Guapimirim, com objetivo de drenar as áreas da baixada. Os principais rios formadores dessa bacia são Guapimirim, Macacu e Guapiaçu sendo, portanto, conhecida como bacia hidrográfica dos rios Guapi-Macacu (BHRGM). É limitada ao leste pelas serras da Botija e de Monte Azul, ao sul pelas serras do Sambê e dos Garcias, ao norte e noroeste pela Serra dos Órgãos e a nordeste pela Serra de Macaé de Cima (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). O Rio Guapiaçu possui suas nascentes na Serra dos Órgãos, no Município de Cachoeiras de Macacu, em torno de 1.200 m de altitude e flui quase que paralelamente ao Rio Macacu, até se encontrar com ele no início do canal Imunana. Já o Rio Guapimirim tem suas nascentes na altitude de 2.000 m, com sua área de captação quase toda situada dentro do Município de Guapimirim. O rio recebe as águas do Macacu e do Guapiaçu ao final do canal de Imunana e seu trecho final passou a ser chamado de Guapi-Macacu. Após essa junção, suas águas atravessam a área do manguezal da APA de Guapimirim desaguardo na Baía de Guanabara. O Rio Macacu é o principal rio da região em questão. Sua nascente principal localiza-se na Serra dos Órgãos, na área do parque estadual de Três Picos, a cerca de 1.700 m de altitude e percorre aproximadamente 74 km até a sua junção à jusante com o Rio Guapimirim. Sua foz, juntamente com a de outros rios, encontra-se na APA de Guapimirim, criada em 1984 que visa proteger os manguezais remanescentes da Baía de Guanabara (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

Solos - Os solos predominantes são os Cambissolos nas áreas montanhosas, Latossolos nas planícies e Gleissolos nas várzeas, como consequência da inundação sazonal periódica (PENEDO et al., 2011).

Vegetação - Penedo et al. (2011) mencionam que a BHRGM pertence ao ecossistema denominado de Unidade Fitoecológica Floresta Ombrófila Densa. Possui fragmentos florestais ainda preservados, muitos localizados em unidades de conservação do Mosaico Central Fluminense de Mata Atlântica, o que favorece a produção de água. Seus recursos hídricos são ainda de boa qualidade, mas a remoção de vegetação ciliar, o uso inadequado das terras, a retificação e o assoreamento dos rios, a erosão, a expansão urbana, a falta de tratamento de esgotos sanitários e a instalação de indústrias vêm alterando a qualidade da água e a capacidade de armazenamento dessas bacias (HANSEL; PRADO, 2014).

Uso e cobertura da terra

Segundo Fidalgo et al. (2008), na BHRGM ocorre um predomínio de vegetação natural e áreas de pastagem, estando a vegetação natural concentrada nas partes mais altas, em fragmentos maiores e contínuos e nas baixadas, recobrando morros e morrotes sob a forma de fragmentos; enquanto que as pastagens ocupam as baixadas e recobrem os morros. Estudos recentes desenvolvidos na área permitiram observar que não estão ocorrendo alterações significativas em termos de área nas classes de uso e cobertura da terra identificadas.

Dentre as áreas antropizadas, predominavam as pastagens, aproximadamente 85%, seguidas pelas áreas agrícolas (10%) e urbanas (5%).

As pastagens implantadas apresentam diferentes tipos de manejo, incluindo áreas abandonadas e degradadas. Algumas áreas de pastagem apresentam uso esporádico com agricultura. As áreas de produção agrícola estão concentradas ao longo de rodovias e rios principais, em locais de mais fácil acesso, sendo que nas baixadas, em geral, são cultivadas olerícolas (inhame, jiló e quiabo), feijão, milho e aipim, e também, frutíferas (goiaba, maracujá, laranja, coco e banana).

O manguezal existente na área de estudo concentra-se na foz do Rio Guapi-Macacu, na confluência da BHRGM com a baía de Guanabara, constituindo Área de Preservação Permanente (APP) e está incluído na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

Também ocorrem áreas sujeitas a alagamento sazonal (campos inundáveis), constituídas por vegetação arbustiva ou herbácea natural da região ou introduzida, como exemplo, a taboa (*Typha dominguensis*).

Alguns núcleos de ocupação urbana se distribuem pela BHRGM, sendo que o principal é a sede do Município de Cachoeiras de Macacu. Porém, outras áreas urbanizadas dos municípios de Guapimirim e Itaboraí também se inserem na área da bacia.

Há, também, áreas onde a cobertura vegetal foi removida, deixando o solo exposto e que podem ser ocupadas por atividades como agricultura (terra arada para plantio), mineração (por exemplo, extração de areia), reforma de pasto, corte e aterro, ou ainda, áreas sob processos erosivos.

As unidades de conservação de proteção integral, que na BHRGM são representadas pelo Parque Estadual dos Três Picos, a Estação Ecológica Estadual do Paraíso, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos e a Estação Ecológica da Guanabara, ocupam, juntas, aproximadamente 25% da área da BHRGM.

As unidades de conservação de uso sustentável, que na BHRGM são representadas pelas Áreas de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu, de Guapi-Guapiaçu de Petrópolis, de Guapimirim e do Rio São João – Mico Leão Dourado, ocupam juntas, aproximadamente, 37% da área da BHRGM. A Figura 17 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra e a Figura 18 ilustra a paisagem da bacia.

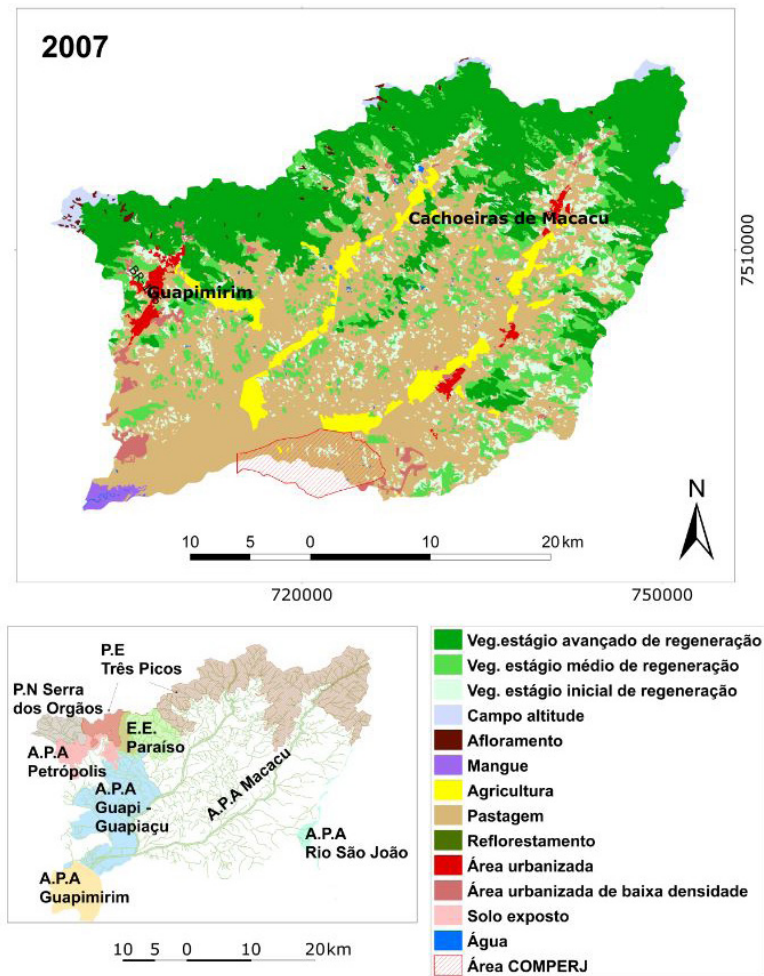


Figura 17. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu, RJ.

Fonte: Fidalgo et al. (2008).

A Tabela 6 apresenta o percentual de área das classes de uso e cobertura da terra para esta bacia e a Figura 18 ilustra a sua paisagem.

Tabela 6. Área das classes de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu.

Classes	Área (%)
Floresta Densa	42,4
Floresta Medio	2,3
Floresta Inicial	0,3
Mangue	0,5
Campo Inundado	1,5
Agricultura	4,8
Pastagem	43,6
Área Urbana	2,9
Solo Exposto	0,2
Afloramento	0,2
Campo de Altitude	1,3
Total	100



Fotos: Rachel Bardy Prado.

Figura 18. Paisagem da bacia Guapi-Macacu, RJ.

Bacia do Rio Siriri

Clima - Segundo a classificação climática de Köppen, predomina na bacia o clima tropical com estação seca de verão (As). O período chuvoso é compreendido entre abril e agosto com concentração nos meses de maio, junho e julho. Da área total da bacia, 77% pertencem à porção litoral úmido e 23% estão localizadas no agreste. A temperatura média anual na bacia é de 25 °C, a umidade relativa do ar é da ordem de 74% e o período chuvoso encontra-se assim descrito:

- *Litoral úmido* (precipitação média anual de 1.000 mm a 1.500 mm; período chuvoso entre abril e agosto; área de 334,12 km², representando 77% da bacia, temperatura variando de 19 °C a 32 °C).
- *Agreste* (precipitação média anual de 700 mm a 900 mm; período chuvoso entre abril e agosto; área de 99,72 km², representando 23% da bacia, temperatura variando de 18 °C a 33 °C).

Geomorfologia e Geologia - A bacia apresenta em sua porção mais a montante a predominância dos Tabuleiros Costeiros, classificados como Superfície Tabular Erosiva e Relevos Dissecados, com altitudes variando de 200 m a 110 m e presença de platôs. Na região intermediária até o seu encontro ao Rio Japarutuba, caracteriza-se por uma zona de transição para a Planícies Fluvio marinhas, com altitudes variando entre 90 m e 30 m. A geologia é composta por Bacias Sedimentares do Proterozóico do Cretáceo, do Paleogeno e do Quaternário. O Cretáceo compreende o Grupo Sergipe composto pelas formações Cotinguiba, de litotipo calcilitos e calcário e a Formação Riachuelo de composto por calcarenito, calciculito, calcirrudito e folhelho, além do Membro Angico de calcário e folhelho. O Grupo Barreiras, do tipo arenito, arenito conglomerático e argilito arenoso, predomina no Paleogeno; e no Quaternário, predominam os litotipos de areia e pelito (SERGIPE, 2015).

Solos - Os principais tipos de solos encontrados nessa bacia são os Latossolos, Neossolos, Vertissolos e Argissolos, esse último com maior cobertura. As manchas de solo encontradas nesta bacia e o seu respectivo percentual com relação a área total são as seguintes: Argissolo (56% - 242,80 km²); Latossolos (14,95% - 64,70 km²); Luvisolos (5,9% - 25,54 km²); Neossolos (4,22% - 18,28 km²); Vertissolos (18,78% - 81,28 km²) (SERGIPE, 2011).

Vegetação - Predominam na bacia as florestas estacionais, presentes na região da Mata Atlântica, com formações subperenifólias, encontrando nesta região árvores como palmáceas, bambus, leguminosas, canafístula e jatobá. Em direção ao litoral, surge vegetação herbácea, nas associações de praias e dunas, assentadas em areias quartzosas. Também há ocorrência de restingas, formadas por plantas arbustivas

associadas a cactáceas e orquídeas, ocorrendo também gramíneas. Na porção centro-norte da bacia, em regiões mais planas e de baixa ondulação, verifica-se a ocorrência de bosques de árvores em meio a campos de gramíneas, caracterizando-se como um cerrado sergipano. Percebe-se ainda degradação da vegetação primitiva, principalmente junto aos corpos hídricos (SERGIPE, 2015).

Uso e cobertura da terra

A bacia do Rio Siriri vem apresentando, ao longo dos últimos 10 anos, alterações significativas na sua qualidade ambiental, principalmente no que se refere aos recursos hídricos, onde se observa a presença de erosão, assoreamento de leito, poluição hídrica e modificações nos regimes hidrológicos de seus rios (ARAGÃO et al., 2014). Tais impactos podem estar diretamente relacionados às intensas alterações no uso e cobertura da terra na bacia, com retiradas significativas de matas ciliares e substituição de áreas de pastagens por áreas agrícolas, além da baixa taxa de coleta de esgotos domésticos nos centros urbanos.

O uso e cobertura da terra são caracterizados pela predominância de atividades agrícolas (pastagens e culturas agrícolas), presença de matas e áreas urbanas (Figura 19). A classe de uso predominante é pastagem, respondendo por cerca de 39% da área da bacia, seguida por culturas agrícolas (maior parte cana-de-açúcar), com 33%, além de florestas, com 19%, áreas úmidas, 6% e outras, como área urbana, solos expostos e corpos d'água, respondendo por 3% da área total (SERGIPE, 2011). A Tabela 7 apresenta a área das classes de uso e cobertura da terra para esta bacia e a Figura 20 ilustra a sua paisagem.

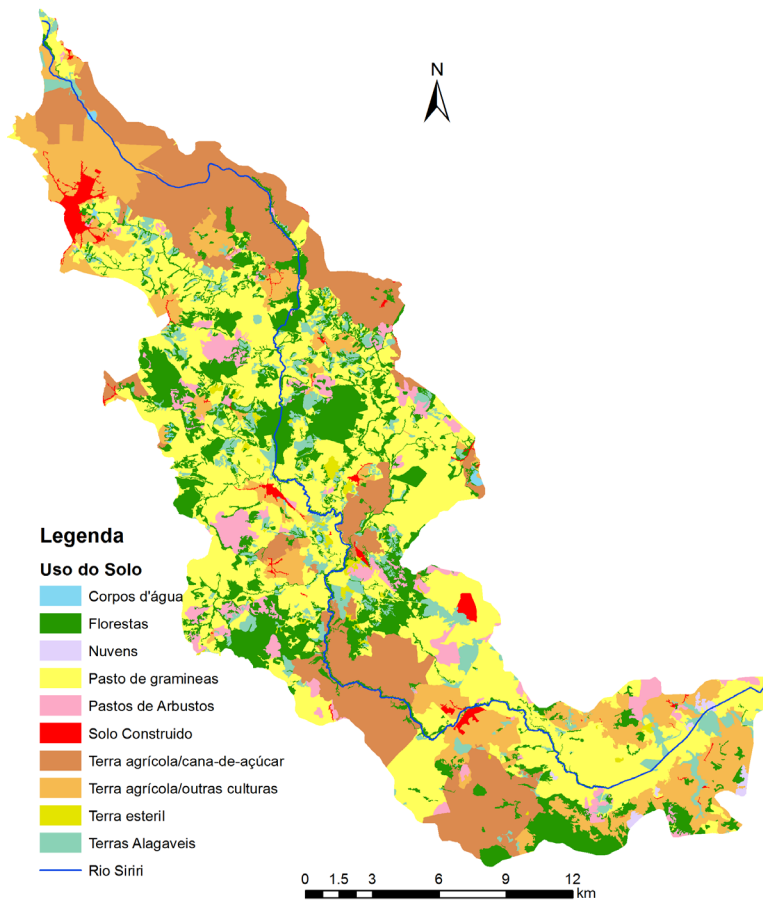


Figura 19. Mapa de uso e cobertura da terra da do Rio Siriri, SE.

Tabela 7. Área das classes de uso e cobertura da terra da bacia Siriri.

Classes	Área (%)
Água	0,33
Florestas	18,96
Pasto de gramíneas	34,65
Pastos de arbustos	4,53
Solo Construído	1,67
Terra agrícola/cana-de-açúcar	23,10
Terra agrícola/outras culturas	9,97
Terra estéril	0,93
Terras alagáveis	5,86
Total	100,00



Fotos: Júlio Amorim.

Figura 20. Paisagem da bacia Siriri, SE.

Caracterização Socioeconômica das Bacias Estudadas

Bacias dos Igarapés Cumaru e São João

A malha viária existente nas microbacias dos Igarapés Cumaru e São João não é pavimentada, apesar de relativamente densa, sendo subordinada à rodovia PA-424, conhecida localmente como ramal do Prata. Os sistemas produtivos adotados são geralmente conduzidos em pequenas propriedades com culturas temporárias de subsistência (mandioca, arroz, milho e feijão-caupi), sendo comum a prática de consórcio e o uso da vegetação secundária como elemento de pousio (WATRIN et al., 1998; 2009). O cenário da agricultura familiar no

Nordeste Paraense, além das lavouras de subsistência, com destaque para a mandioca, tem como variantes importantes o desenvolvimento de pastagens cultivadas e de cultivos semiperenes industriais, notadamente maracujá e pimenta-do-reino (KANASHIRO; DENICH, 1998; AMARAL, 2001).

A população estimada em 2015 para o Município de Igarapé-Açu é de 37.333 habitantes distribuídos numa área territorial 2015 (km²) de 785,983 com densidade demográfica 2010 de 45,66 (hab/km²) (IBGE). A população da zona urbana se destaca com um número maior de habitantes em torno de 20.986 habitantes dispostos em 8 bairros e demais ocupações. A rede hidrográfica de Igarapé-Açu abriga um grande número de igarapés em que o Rio Maracanã é o seu grande receptor. Entre os vários canais rasos (igarapés) presentes, os igarapés Cumaru e São João foram selecionados para a pesquisa devido ao aumento da pressão sobre o sistema agrícola de uso de solo e, pelo fato de que estes igarapés fazem parte da Microrregião Bragantina que teve seu início de desenvolvimento exploratório em 1883 através da estrada de ferro de Bragança, que é uma região que vem sendo explorada à 133 anos principalmente pela agricultura, pelo cultivo de corte e queima como plantações perenes como maracujá e pimenta, e mais recentemente, por grandes criadores de gado e produtores de dendê na região. A economia da região está voltada para agricultura familiar, sendo a mandioca a principal cultura agrícola, destacando-se outras culturas como: feijão caupi, milho e arroz de várzea. A produção de hortifrutículas como açaí, abacaxi, acerola, banana, cupuaçu, coco anão, limão, mamão, melancia e laranja fazem parte da economia agrícola do município.

A pecuária é uma das economias que vem crescendo a cada ano em que os rebanhos são oriundos da raça "Nelore", adaptados a pastos estabelecidos em solos de baixo teor mineral. Os búfalos também vem sendo criados na região em consórcio com plantios de dendê. Em relação ao abastecimento de água no município, o sistema é feito através do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), Prefeitura Municipal e SESP. No ano de 2005, Igarapé-Açu contabilizava 14

poços na área urbana e 09 nas agrovilas (FREITAS, 2005). A falta de saneamento básico tanto na área urbana quanto na rural contaminam os igarapés locais e, nos momentos de estiagem os agricultores furam poços artesanais para ter o acesso a água. A indústria e o extrativismo se caracterizam pela presença por plantios de dendê (PALMASA L.T.D.A, AGROPALMA L.T.D.A entre outras) atingindo a média de 18 a 22 toneladas de cachos de frutos secos (FFB) por ha, equivalente a 4.000 tons de óleo por hectare, sistema implantados por uma colônia de japoneses desde dos anos 1970.

Bacia do Ribeirão da Onça

A bacia de Ribeirão da Onça é uma bacia rural e a produção agrícola é composta, predominantemente, pelo cultivo de hortaliças, mas há também culturas tradicionais de milho e feijão produzidas em pequenas propriedades rurais, sendo normalmente utilizada a mão de obra familiar. Os produtores intensificam cada vez mais a produção por meio da utilização de agrotóxicos, adubos químicos e irrigação. O reflorestamento é feito com bracatinga, embora compareçam, esporadicamente, pequenos talhões de pinus e eucalipto. A mineração de metadolomitos, apesar de pequena em extensão de área, constitui uma atividade importante na região. Na região de Fervida (maior sub-bacia da bacia de Ribeirão da Onça), o tamanho médio das propriedades é de 5,5 ha e há cultivo em cerca de 3 ha (NASCIMENTO, 1997). Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são utilizados para a irrigação de hortaliças e águas subterrâneas são exploradas pela companhia de abastecimento de águas do Paraná para comercialização.

Bacia do Ribeirão das Posses

O uso predominante da cobertura da terra nesta bacia, como já mencionado anteriormente, é predominantemente pastagem, a qual é utilizada basicamente na pecuária leiteira (FREITAS, 2005; SILVA et al., 2008). Esta bacia contém cerca de 100 propriedades rurais, que desenvolvem atividades agrícolas e pecuária de leite, sendo que quando comercializada a produção, esta atende apenas localmente. Existem também, pequenas lavouras de batata, bucha e de pequenos cultivos de subsistência, assim como alguns fragmentos de plantios

florestais de eucalipto (SANTOS, 2014; TNC, 2009). Por sua localização próxima a grandes centros urbanos do sudeste brasileiro, esta área presenciou uma intensificação do desenvolvimento agrícola e crescimento populacional, provocando acentuadas modificações na quantidade e qualidade dos seus recursos hídricos.

Para enfrentar essa demanda, foi criado em Extrema (MG) o projeto “Conservador das Águas”, por meio da Lei Municipal nº 2.100 de 21 de dezembro de 2005, sendo esta a primeira iniciativa municipal brasileira a adotar como conceito principal o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Assim sendo, a prefeitura do município juntamente com os parceiros deste projeto comprometem-se a apoiar monetariamente os proprietários rurais aderirem às ações de restauração de áreas degradadas que margeiam os cursos d’água dentro da bacia do Ribeirão das Posses com o reflorestamento de vegetação nativa, assim como outras práticas de manejo conservacionista elencados pelo “Conservador das Águas” (PREFEITURA, 2010).

Esta iniciativa tem trazido benefícios diretos para a população de Extrema e para todos os consumidores das águas vindas desta microbacia, incluindo os consumidores do Sistema Cantareira. No entanto, os estudos científicos que qualificam e quantificam as melhorias preconizadas ainda se encontram em andamento (REIS et al., 2015a).

Bacia do Rio Cará-Cará

Ponta Grossa é o quarto município do Estado do Paraná em população urbana. Possui aproximadamente 350.000 habitantes, e destes, 98% vivem na área urbana. Sua proximidade em relação à região metropolitana de Curitiba, a infraestrutura do sistema viário e de transportes e diversificado parque agroindustrial são vantagens estratégicas na econômica estadual. As ocupações de emprego formal são propiciadas pelo setor de serviços e industrial. A indústria predominante é associada ao setor agrícola (processamento de soja, carne e cerveja), seguida de extração de talco, madeireira, metalúrgica, automação industrial, alimentícia e têxtil.

A ocupação dos campos naturais pela agricultura mecanizada, viabilizada pelo avanço tecnológico do plantio direto, promoveu uma mudança na paisagem da região onde se localiza a bacia hidrográfica do Rio Cará-Cará. Predomina o cultivo de soja e milho no verão e trigo e aveia no inverno. Em 2014, a produção e rendimento médio da soja foram 225.500 toneladas ano⁻¹ e 3.496 kg ha⁻¹ e a do milho foram 77.500 toneladas ano⁻¹ e 9.337 kg ha⁻¹ (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2016). A alta capacidade de investimento dos produtores também tem sido fundamental para compensar os solos frágeis, pouco férteis, arenosos, rasos e muito suscetíveis à erosão, de modo a obterem nessas áreas os mais elevados níveis de produtividade do estado.

Entretanto, a vulnerabilidade dos solos impõe limites para o desenvolvimento da agricultura. O elevado risco de esgotamento dos solos exige crescentes investimentos no processo produtivo, de forma que, em curto prazo, dificilmente será compatível com o retorno econômico. Apesar das dificuldades, a produção de grãos avança sobre importantes remanescentes de áreas de campo, acarretando prejuízos ambientais (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2016).

O abastecimento de água por rede atende a mais de 130.000 unidades e o atendimento de esgotos a 115.000 unidades. O Índice de Gini da Renda Domiciliar per Capita é de 0,5437. A disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do alto Rio Tibagi é de 75.724 L s⁻¹ e a demanda hídrica é de 4.475 L s⁻¹.

Na área urbana, há concentração de indústrias com potencial contaminante e baixa infraestrutura urbana quanto aos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2006). A quantidade de agrotóxicos utilizado na bacia em 2011 foi 9.280,602 kg. A carga de poluição orgânica (DBO) remanescente é de 19,922 kg dia⁻¹. A relação entre efluentes gerados e tratados em 2011 na bacia é de 87% (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2016).

A redução dos riscos ambientais em áreas urbanas, particularmente em relação à contaminação dos mananciais, depende em grande medida de uma oferta de serviços adequados de saneamento básico, abastecimento de água por rede, coleta de lixo, remoção e tratamento do esgoto doméstico.

Bacia Guapi-Macacu

Trata-se de uma bacia que ao longo do tempo vivenciou vários ciclos econômicos e agrícolas, como o extrativismo madeireiro e os ciclos do café e da cana-de-açúcar. Os municípios que a compõem sofrem grande influência da expansão urbana da região Metropolitana sobre sua dinâmica populacional (WILKINSON et al., 2012).

O perfil rural do principal município que compõe a bacia, Cachoeiras de Macacu apresenta padrão característico do contexto fluminense, com pouca expressividade em termos de produtividade técnica e econômica. A expressão econômica da atividade agropecuária da região é moderada e não tão relevante, se comparada à dos municípios localizados nas regiões Serrana e Noroeste Fluminense. Contudo, verifica-se significativa representatividade dos sistemas de agricultura familiar na base da economia local (WILKINSON et al, 2011). De acordo com a Pesquisa Agropecuária Municipal (IBGE) em 2010, Cachoeiras de Macacu apresentava 66,6% das propriedades rurais com menos de 10 ha, 29,6% com 10 ha a 100 ha e 3,8% acima de 100 ha.

No Município de Cachoeiras de Macacu há o predomínio das seguintes culturas: banana, coco, goiaba, aipim, cana-de-açúcar e batata-doce (IBGE, 2009). Estudos mais recentes (WILKINSON et al., 2012) mencionam a produção de cítricos, milho verde e palmito em maior escala e a produção de abacaxi, abóbora, abobrinha, caqui, feijão, jiló, berinjela, pimentão, pimenta, quiabo, inhame, maracujá, vagem, pepino, maxixe e manga em menor escala. É importante ressaltar que há divergências entre a produtividade das diferentes culturas pelas bases de dados federais, estaduais e municipais, principalmente pelo fato de que parte da mesma, no momento da comercialização, não é devidamente registrada (para efeitos fiscais) como sendo produzida no município de origem.

Segundo os dados da Produção Pecuária Municipal (IBGE, 2016), no período de 1974 a 2015, em Cachoeiras de Macacu, o efetivo do rebanho bovino de corte aumentou de 9.361 cabeças (1974) para 30.895 cabeças em 2015 (IBGE, 2016). Há também neste município em menor escala a criação de equinos, codornas e aquicultura (IBGE, 2016).

Atualmente, a bacia hidrográfica Guapi-Macacu sofre um aumento das pressões antrópicas, principalmente relativas ao processo de expansão urbana não planejada da região metropolitana, acentuada pela instalação de grandes empreendimentos como é o caso do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Petrobras) denominado de Comperj. Esse empreendimento, localizado no Município de Itaboraí, ocupa uma área: 45 km² e tem como objetivo estratégico expandir a capacidade de refino da Petrobras para atender ao crescimento da demanda de derivados no Brasil, como óleo diesel, nafta petroquímica, querosene de aviação, coque e GLP (gás de cozinha).

Com o início da implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) em 2006/2007, a expectativa era de que a dinâmica de ocupação e uso das terras na bacia hidrográfica do Guapi-Macacu sofreria grande influência desse empreendimento. Porém, a efetivação desse Complexo não aconteceu face à descontinuidade das obras e o contínuo adiamento do início do seu funcionamento. A Petrobras iniciou em 31 de março de 2008 as obras de terraplanagem do COMPERJ e estava previsto para entrar em operação no início de 2012, o que não se confirmou, sendo postergado para 2014. Segundo informações constantes no site da Petrobras¹, foi seguido o cronograma estabelecido pelo Plano de Negócios e Gestão 2014-2018, tendo alcançado cerca de 82% de avanço físico nas obras em fevereiro de 2015. Atualmente as obras do Comperj estão paradas e sua continuidade é incerta conforme notícias divulgadas pela imprensa².

Do ponto de vista econômico, o setor de serviços é o responsável pela ocupação da maior parte da população da bacia em estudo (BENAVIDES et al., 2009).

¹ Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/complexo-petroquimico-do-rio-de-janeiro.htm>>. Acesso em 14 fev 2017.

² www.petronoticias.com.br

A bacia hidrográfica Guapi-Macacu é responsável pelo abastecimento de água de quase 2 milhões de habitantes dos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói, que também usam a água para irrigação e criação de peixes (PEDREIRA et al., 2009). A captação para o abastecimento de água é feita no canal de Imunana gerenciado pela Companhia Estadual de Água e Esgoto (CEDAE) (BENAVIDES et al., 2009).

O aumento populacional observado nesta bacia (Tabela 8) também traz preocupações em relação à degradação dos recursos hídricos, especialmente no Município de São Gonçalo que é o maior consumidor da água da BHRGM.

Tabela 8. População residente nos municípios consumidores da água produzida na BHRGM.

Município	População residente		
	2000	2010	Aumento (%)
Cachoeiras de Macacu	48.543	54.273	11,8
Guapimirim	37.952	51.483	35,7
Itaboraí	187.479	218.008	16,3
Niterói	459.451	487.562	6,1
São Gonçalo	891.119	999.728	12,2
Total	1.624.544	1.811.054	11,5

Fonte: elaborado a partir de dados disponíveis em IBGE (2017).

Bacia do Rio Siriri

A população na bacia fica em torno de 100.000 habitantes (IBGE, 2009). Os tributários do Rio Siriri respondem por um grande percentual em volume de água a ser utilizado na indústria sucroalcooleira, alimentícia, de mineração, bem como para consumo humano. Os maiores centros urbanos são Nossa Senhora das Dores, Siriri e Rosário do Catete.

Várias atividades são realizadas na bacia, mas o extrativismo (petróleo e gás natural), a agricultura (laranja, cana de açúcar, coco) e a pecuária são predominantes, dadas as condições de solos fértil, água em relativa

abundância e relevo suave em algumas regiões da bacia. A região tem tradição na criação de gado e na agricultura de cana-de-açúcar/ algodão, mas, a partir de 1961, foi dado início à exploração de petróleo e gás – Petrobras, sendo esta bacia uma das grandes produtoras de petróleo do Brasil (FONTES, 1997).

Além da extração de petróleo, tem-se a extração de potássio na cidade de Rosário do Catete desenvolvida pela Companhia Vale do Rio Doce (VALE) para a produção de fertilizantes. Todas estas atividades têm causado impactos sobre o meio ambiente uma vez que as plantações de cana-de-açúcar requerem grandes áreas, assim como a pecuária. Para tanto, a mata nativa vem sendo retirada, restando, aproximadamente, 17% da área total com mata nativa (SERGIPE, 2011), que são áreas que não puderam ser aproveitadas para agricultura por limitações de relevo (FONTES, 1997).

Dados e Ferramentas Disponíveis

Bacias dos Igarapés Cumaru e São João

No que tange aos aspectos fisiográficos, as bacias dos Igarapés Cumaru e São João tem disponíveis uma série de dados, incluindo mapas dos solos e do uso e cobertura da terra, na escala de 1:50.000. Os mapas de solos foram gerados a partir de imagens de média resolução espacial (SRTM/Topodata e TM/Landsat). As de uso e cobertura da terra consideraram imagens TM/Landsat (2002, 2003 e 2004) e RapidEye (2012). Para o processamento e análise dos dados espaciais, foram utilizadas as plataformas SPRING 5.3 e ArcGiS 10.1. No período entre 2014 e 2015, iniciou-se o monitoramento de 2 anos de duração, através do início da rede de pesquisa Agrohidro-projeto Embrapa e parceiros, as microbacias pareadas em relação a usos de solo (queimadas, trituração, pastagens e vegetação ripária) dos Igarapés Cumaru e São João foram selecionadas devido ao histórico de desenvolvimento agropecuário para a pesquisa em nível pontual em relação a nutrientes inorgânicos e orgânicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos e parâmetros hídricos e meteorológicos, vazão e precipitação, respectivamente, em águas fluviais (3 pontos de monitoramento no Igarapé Cumaru e 4

pontos no Igarapé São João e subterrâneas (30 poços distribuídos nas duas microbacias). Foram também inseridos no monitoramento a avaliação de solução de solo e litter em cada sistema de uso de terra acima mencionado. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar os parâmetros avaliados de acordo com o uso de terra praticado em cada microbacia e entre as microbacias focando em investigações a longo prazo e efeitos ambientais nas mudanças de uso de terra.

Bacia do Ribeirão da Onça

Para monitorar a qualidade de água, foram escolhidos sete pontos ao longo dos rios, sendo seis deles em Ribeirão da Onça e um na bacia vizinha, em Várzea do Capivari (ponto 0), que foi adicionado ao estudo para controle. A coleta iniciou-se em fevereiro de 2014 e até agora houve 26 campanhas de campo para coleta dos sete pontos. Os parâmetros analisados nas coletas foram: cor, pH, condutividade, sólidos dissolvidos, alcalinidade, presença ou ausência de coliformes totais e fecais, nitrato e cloreto.

De forma paralela, os dados de precipitação diários do período de monitoramento foram obtidos de duas estações pluviométricas que estão situadas próximas das bacias, sendo uma estação manual (Várzea – código 02549108) e a outra uma estação automática (Colombo Copel – código 02549090) presentes na região. Estes dados estão sendo disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná (2015).

Bacia do Ribeirão das Posses

Inicialmente, adotou-se um mapa de uso da terra disponibilizado pela prefeitura de Extrema. O mapa temático, com resolução de 2,5 m x 2,5 m, foi feito no *software* ArcGIS através da classificação supervisionada utilizando o método manual de interpretação de alvos. A partir das características da área do Posses, as classes de uso da terra adotadas foram: Mata Nativa, Reflorestamento, Pastagem, Solo exposto, Infraestrutura, Sem dados, Ruas, Silvicultura e Corpos de água (Figura 21a).

No entanto, para servirem como dados de entrada para os modelos utilizados na pesquisa em andamento - os modelos AgES-W e SWAT,

foi necessário simplificar o mapa no intuito de compreender melhor os processos simulados e diminuir o tempo computacional utilizado.

O mapa de tipo de solo, por outro lado, foi adaptado de Lima (2013), sendo este primeiramente digitalizado e georeferenciado no *software* ArcGIS 10.3. O produto gerado possui 15 metros de resolução e apresenta cinco classes predominantes, já mencionadas na caracterização fisiográfica da bacia.

Por sua vez, as informações de topografia e relevo foram obtidas através de um modelo de elevação digital do terreno (DEM) de 5 metros de resolução obtido junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela Prefeitura de Extrema (Figura 21a).

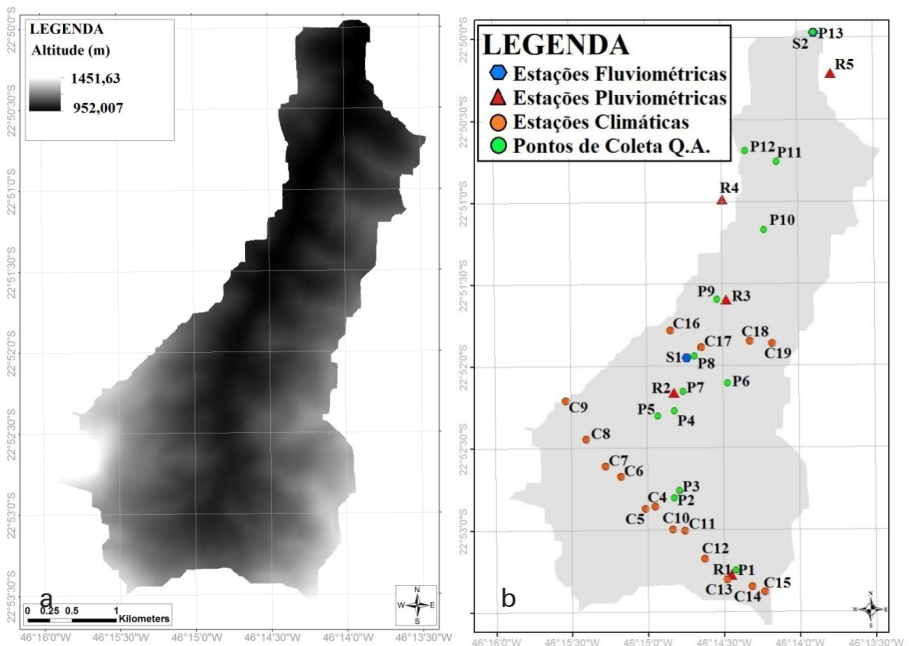


Figura 21. Mapas de: a) Modelo de Elevação Digital (DEM) e b) Distribuição espacial de dados observados.

Desde maio de 2011, dados de qualidade de água fluvial da bacia do Ribeirão das Posses tem sido gerados em estudos do CENA/USP e da

Embrapa Meio Ambiente em 13 estações de amostragem. A sequência dos pontos é dada a partir da cabeceira do Ribeirão das Posses (P1) até a sua foz (Figura 21b). A Figura 11b mostra também a distribuição espacial das estações de coleta de dados de vazão, climáticos e pluviométricos. A Agência Nacional das Águas (ANA) possui duas estações no Ribeirão das Posses com dados diários de vazão desde de 2008. Entretanto, os dados não são consistentes e a estação Portal das Estrelas (S1) possui muitas falhas. Sendo assim, estão sendo utilizados apenas os dados da estação localizada na foz (S2). A ANA também possui cinco estações pluviométricas na referida bacia e arredores, cuja localização pode ser observada no mapa da Figura 9b, cujos códigos são precedidos pela letra R. Estas estações geram dados diários de precipitação e seus dados são coletados desde 2008.

Adicionalmente a bacia foi contemplada por estações meteorológicas (C4 até C19) instaladas e mantidas pelo IAG/USP, gerando dados de clima a cada 2 minutos desde Agosto de 2014. Estas estações medem as seguintes variáveis: umidade relativa do ar, temperatura mínima e máxima, precipitação, vento (direção e intensidade), radiação solar e pressão.

Bacia do Rio Cará-Cará

O monitoramento da qualidade de água da bacia do Rio Cara-cará ocorreu em forma experimental ao longo de três anos (setembro de 2013 a setembro de 2015) através de coleta e análise físico-química e biológica mensal de amostras em três pontos de um braço do Rio Cará-Cará e em cinco poços piezométricos. Os parâmetros de qualidade de água monitorados foram: turbidez, cor, condutividade, pH, alcalinidade, carbonato, bicarbonato, dureza, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato e coliformes fecais. A maioria dos pontos foi considerada de boa qualidade e os resultados apontam que não há restrições ao uso dessas águas para abastecimento público, industrial e irrigação e dessedentação de animais.

Também foi realizado um estudo que avaliou o comportamento de pesticidas (atrazina, clorpirifós, lambdacialotrina, fluazifop-p-butil e

lactofen) e nutrientes (fósforo e nitrogênio) provenientes de área de produção agrícola (plantio direto) em campos hidrófilos de altitude. Os resultados mostraram o potencial desses ambientes como uma ferramenta natural para redução dos impactos dos poluentes, atuando como um sumidouro para os pesticidas e nutrientes (BORTOLOZO, 2015; BORTOLOZO et al. 2016). Outro estudo avaliou os benefícios de zonas-tampão ripária na melhoria da qualidade de rios em áreas agrícolas onde predomina o uso do plantio direto, utilizando poços de monitoramento. A largura e o tipo de vegetação foram fatores importantes para a remoção de nitrato, nitrogênio, fósforo totais, e de cinco pesticidas (atrazina, clorpirifós, lambdacialotrina, fluazifop-p-butil e lactofen). A menor largura de mata ripária (12 m) promoveu menor redução da concentração de nutrientes e pesticidas, comparada com a de maior largura (60 m). Quanto ao tipo de vegetação, zonas ripárias compostas por árvores têm uma taxa de remoção maior de nitrato, nitrogênio, fósforo totais e pesticidas, em comparação com áreas com vegetação arbustiva e graminosa (AGUIAR JUNIOR, 2015a, AGUIAR JUNIOR et al., 2015b).

Bacia Guapi-Macacu

Em relação aos dados fisiográficos históricos secundários da bacia Guapi-Macacu, a Tabela 9 apresenta um resumo das informações disponíveis.

Por meio de uma parceria envolvendo dois projetos: “Dinâmica da paisagem associada a indicadores para subsidiar o planejamento agroambiental em áreas de Mata Atlântica” (registro na Embrapa número 0209010210000), liderado e desenvolvido pela Embrapa Solos e parceiros e o projeto “Climate change, landscape dynamics, land use and natural resources in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro” (DINARIO) desenvolvido por universidades alemãs (Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia, Universidade de Leipzig e de Jena) e financiado pelo Ministério Federal Alemão de Educação e Pesquisa (BMBF), que ocorreu de 2009 a 2012, foi possível instalar uma rede de monitoramento de recursos hídricos na bacia (PENEDO et al., 2011).

Tabela 9. Dados secundários disponíveis para a bacia Guapi-Macacu.

Dados	Fonte	Local	Período
Precipitação	ANA ¹	Dez Estações na região	1965-2012
Vento	INMET/ SINDA	Estação Rio de Janeiro e Teresópolis	2002-2013
Vazão	ANA ¹	Estação Parque Ribeira	1996-2009
Temperatura	INMET/ SINDA ²	Quatro Estações na região	2001-2013
Umidade Relativa	INMET/ SINDA ²	Estação Rio de Janeiro e Teresópolis	2002-2013
Radiação Solar	INMET/ SINDA ²	Estação Rio de Janeiro e Teresópolis	2002-2013
Qualidade de Água	ANA ¹	Estação Japuiba	2001-2010
Mapas	Ano	Fonte	Escala
Mapa Solos	2003	Carvalho Filho et al.	1:250.000
Mapa de uso e Cobertura da terra	2008	Fidalgo et al.	1:50.000
Mapa de Aquíferos	2002	DRM ³	1:50.000

¹ Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH – Agência Nacional de Águas (ANA): <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>. ² Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): <http://www.inmet.gov.br/portal/>, ³ Departamento de Recursos Minerais (DRM).

Fonte: Penedo et al., 2016.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi derivado dos dados do IBGE e corrigido com informação da Missão Topográfica Radar Shuttle (FIDALGO et al., 2008). Em relação aos dados primários de qualidade da água, 11 pontos foram monitorados ao longo da bacia, com coletas bimensais nos anos de 2010 a 2012. Os pontos foram selecionados com o objetivo de capturar a heterogeneidade da bacia, tentando representar os principais usos da terra e seus impactos no teor de nitrogênio na água. Os parâmetros analisados em campo com uma sonda multiparamétrica foram a condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura, assim como a turbidez com o uso de um turbidímetro. Foram analisados no laboratório da Embrapa Solos nitrato, nitrito, amônia, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total a partir de um espectrômetro, assim como foram analisados cátions utilizando ICP. Os sólidos dissolvidos, suspensos e totais foram determinados utilizando método gravimétrico. Também foram instaladas três

estações hidrossedimentológicas e meteorológicas nas microbacias de Manuel Alexandre, Batatal e Caboclo, cujo uso e cobertura da terra eram representativos da BMGM (PENEDO et al., 2016) (Figura 22).

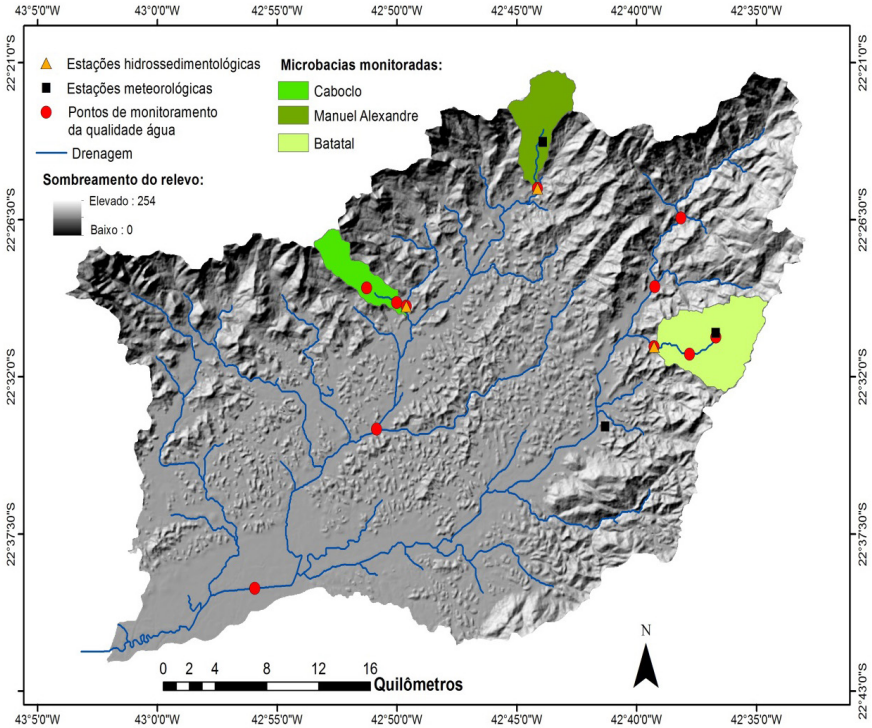


Figura 22. Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água e estações hidrossedimentológicas e meteorológicas instaladas na bacia Guapi-Macacu.

No âmbito da Rede Agrohidro e com apoio financeiro do programa Rio Rural, continuou-se o monitoramento da qualidade da água apenas na microbacia Batatal, a que possui maior diversidade em termos de uso e cobertura da terra, bem como é a mais populosa, em termos de microbacias rurais. Foram realizadas coletas no mês julho, setembro e outubro de 2014 e janeiro e março de 2015. Foram amostrados 12 pontos dispostos ao longo da microbacia Batatal, sendo três alocados em seu curso principal e nove em afluentes. O ponto 1 está localizado na parte

mais elevada da microbacia; o ponto 5 é um ponto intermediário no curso do Rio Batatal; o 11 é o mais próximo ao exutório da microbacia do Batatal; o 12 foi selecionado como ponto de referência, por estar em córrego afluente cuja área de contribuição possui cobertura vegetal nativa preservada; e os demais pontos localizam-se nos exutórios de cada unidade hidrográfica da microbacia (Figura 23).

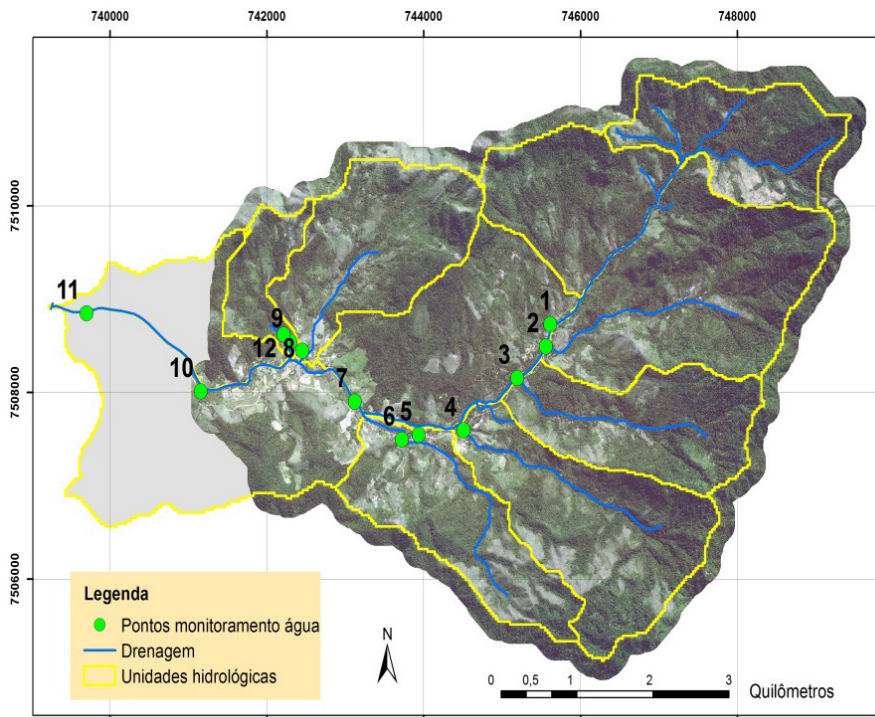


Figura 23. Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água na microbacia Batatal, sobre imagem de alta resolução do satélite World View-2, adquirida em 2010.

Os parâmetros condutividade e pH foram medidos em laboratório e a turbidez a partir de um turbidímetro portátil. Nitrito e nitrato foram analisados em cromatógrafo de íons e o cálcio em Espectrômetro de Emissão por Plasma (ICP-OES). Os dados de pluviosidade foram obtidos a partir de estação meteorológica instalada na porção mais elevada

da microbacia. A análise dos resultados foi feita correlacionando os resultados dos parâmetros com as fontes de poluição presentes na microbacia, bem como levando em conta a disposição do uso e cobertura da terra e os dados de pluviosidade. Também foram confrontados os resultados com os limites preconizados pelo CONAMA 357 para a Classe 2, uma vez que o Rio Batatal não possui enquadramento segundo Lei de Recursos Hídricos número 9.433. (CASTRO et al., 2015).

Nesta segunda etapa, a partir de 2013, o monitoramento hidrológico automático (nível e precipitação) continuou sendo realizado apenas no exutório da bacia de Batatal. Também sensores de temperatura e infiltração do solo estão sendo adquiridos para instalação nesta bacia.

Bacia do Rio Siriri

O monitoramento hidroclimatológico é feito através de duas estações fluviométricas (Siriri - cod. 50046000; e Rosário do Catete - cod. 50047000) operadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), duas estações pluviométricas convencional (Capela - cod. 01037078; Santa Rosa de Lima - cod. 01037049), duas estações pluviométricas automáticas (telepluviométricas), instaladas nos municípios de Nossa Senhora das Dores e de Capela (SERGIPE, 2011). Duas estações agrometeorológicas, sendo uma instalada no Município de Japarutuba (SRH-SE/CEMESE) e outra em Rosário do Catete (Companhia Vale do Rio Doce).

A avaliação da qualidade das águas na bacia do Rio Siriri foi realizada por meio do monitoramento de cinco pontos com coleta de amostras de água, incluindo os dois onde há monitoramento de vazão pela Agência Nacional de Águas, estações Siriri (cod. 50046000, 140 km²) e Rosário do Catete (cod. 50047000, 300 km²).

Os cinco pontos de coleta foram escolhidos considerando a diversidade das atividades do uso da terra e do solo. O primeiro ponto é caracterizado pelo cultivo de cana-de-açúcar e pastagem. O segundo, pela presença de baixa densidade da cobertura vegetal. No terceiro, ocorre à ausência de mata ciliar, formação de bancos de areia, pouca vegetação nativa, presença de grandes usinas e extração de

petróleo. O quarto ponto apresenta cultivo de cana-de-açúcar e erosão acentuada. O último ponto localiza-se em área urbana, com cultivo de capim de corte em sua margem e lançamento de esgoto doméstico sem tratamento adequado.

A localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do Rio Siriri e suas características principais dos pontos estão apresentadas na Tabela 10 e Figura 24. As coletas mensais foram iniciadas em outubro/2014 e finalizadas em setembro/2016, totalizando vinte e quatro campanhas realizadas.

No momento da coleta foram realizadas as medidas de temperatura da água (Temp.), pH, Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio dissolvido (OD), Nitrato (NO_3^-), Turbidez e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) por meio de uma sonda multiparâmetro modelo Aquaread AP 2000. Foram analisados em laboratório os seguintes parâmetros, segundo metodologias recomendadas por *Standard Methods* (CLESCERI; GREENBERG, 2005): pH, OD, CE, Turbidez, NO_3^- , Fósforo Total (P), Nitrogênio Total (N), SDT, clorofila-*a* e Coliformes Termotolerantes (CTT) (GONÇALVES et al., 2015).

Tabela 10. Pontos de coleta e suas respectivas coordenadas.

Pontos	Descrição	Município	Latitude	Longitude	Área (km ²)
1	Riacho Sangradouro	Siriri	10°31'46.4"S	37°6'18.9"W	46.65
2	Rio Siriri	Siriri	10°36'34.2"S	37°5'54.6"W	156.13
3	Rio Siriri	Siriri	10°38'15.4"S	37°5'18.5"W	228.08
4	Rio Siriri	Rosário do Catete	10°41'2.2"S	37°4'45.6"W	286.10
5	Rio Siriri	Rosário do Catete	10°41'49.0"S	37°2'8.7"W	307.77

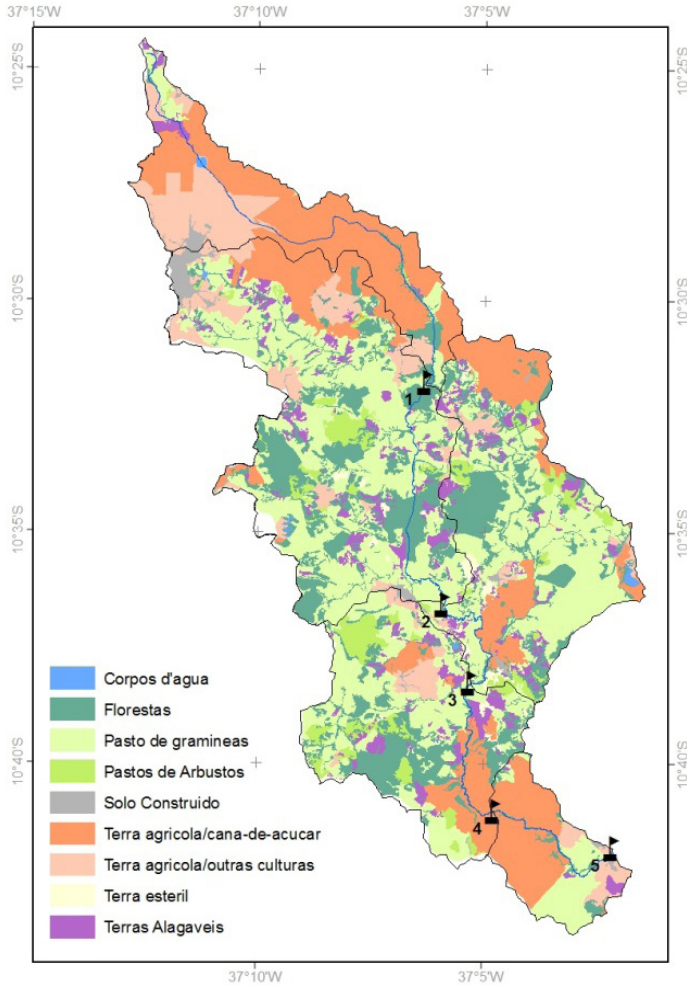


Figura 24. Localização dos pontos de coleta na bacia do Rio Siriri.

Estudos Realizados

Bacias dos Igarapés Cumaru e São João

Estudos nessas bacias anteriores a rede Agrohidro encontram-se sintetizados em Figueiredo (2009). Em sua síntese, Figueiredo concluiu que a conversão de florestas em pastagens, em geral a primeira prática no manejo de grande parte das propriedades amazônicas, tem grande

potencial para gerar impactos sobre a hidrologia e biogeoquímica nas bacias de drenagem, cuja dimensão ainda não pode ser mensurada tanto em termos de funcionamento dos ecossistemas aquáticos quanto em relação à sua abrangência geográfica, muito embora sinais na hidroquímica fluvial desapareçam em grandes bacias. E mais, que a recente expansão da fronteira agrícola na Amazônia por meio do avanço do plantio de grãos, associada ao desmatamento da vegetação ripária, tem promovido impactos sobre o funcionamento de ecossistemas aquáticos e na qualidade da água de pequenos igarapés utilizados pelas comunidades ribeirinhas, tendo sido os fluxos de água, nutrientes e carbono alterados. Grandes pesquisas foram realizadas nesta região nos períodos entre 2000 e 2002 através do projeto SHIFT (Studies of Human Impacts and Floodplains in the Tropics) em parceria com a Embrapa Amazonia Oriental e instituição de pesquisas germânicas com o objetivo de estudar a estrutura e funções do ecossistema tropical e de desenvolver um conceito de uso sustentável de uso da terra pela recuperação de áreas degradadas e abandonadas correlacionando ações humanas e os riscos ambientais. Esta pesquisa foi aplicada em 3 drenagens de primeira ordem na bacia hidrográfica do Igarapé Cumaru sendo que as duas primeiras com usos de terra com trituração e queimadas e a terceira serviu com microbacia de referência e, não foram observadas diferenças significantes entre a microbacia triturada e a microbacia de controle no fluxo de nutrientes e no balanço hídrico.

Entretanto, houve algumas diferenças de saídas de potássio, cálcio, sulfato e nitrogênio no período de transição de seca para chuvoso originários do dossel da floresta ripariana e, em nível pontual, houve significantes perdas de nutrientes para as águas subterrâneas, dependendo do recente tipo de uso de terra mais elevadas sob plantações perenes (WICKEL, 2004). A relação entre a concentração de cálcio e vazão foi correlacionada com o tipo de uso de terra, cobertura vegetal e tipo de solo nos Igarapés de Cumaru e São João, no qual foram estudadas nos períodos de 1994, 1996-2007 (MARKEWITZ, 2011) em que o tipo de solo, o uso da terra e a ordem do rio influenciam diretamente na concentração de cálcio e as estações do ano e o tipo de vegetação, que explicam a variância em torno da regressão linear entre o elemento cálcio e vazão.

Por sua vez, em Igarapé-Açu as atividades desenvolvidas ao longo do monitoramento executado pela Rede AgroHidro revelam que as concentrações de nutrientes como carbono orgânico dissolvido, carbono inorgânico dissolvido e nitrogênio total se elevam nos pontos de foz dos igarapés das duas microbacias. As áreas de vegetação ripária se mostram com grandes concentrações destes nutrientes nas amostras de solução de solo e nas amostras de água coletadas de litter, indicando que a biomassa de folhas possa controlar os fluxos de entrada de carbono orgânico dissolvido e também de nitrogênio. Em áreas onde ocorreram os processos de queimada, foi observado um grande lixiviamento de nitrato do solo para a água subterrânea (poços). Com relação aos metais pesados, o cobre se destacou nas nascentes dos igarapés em ambas as microbacias. Em torno destas nascentes, há plantações de frutíferas e mandioca e o uso de pesticidas ou fungicidas a base de sulfato de cobre é uma das hipóteses da presença de cobre nestes pontos. O ferro, potássio e o manganês se destacam principalmente na estação chuvosa. A paisagem e a vazão dos igarapés (mín=1,10 L.s⁻¹; máx=401,12 L.s⁻¹) interferem diretamente nas concentrações de metais e nutrientes. Com destaque os SAF's (sistemas agroflorestais) apareceram como armazenadores de carbono no solo, mostrando poucas concentrações nas amostras de solução de solo à 30 cm e 60 cm de profundidade em acordo com pesquisas de Figueiredo, 2009.

Bacia do Ribeirão da Onça

A hidrografia foi delimitada e foram demarcadas as bacias hidrográficas em função dos pontos de coleta, considerando os pontos de coleta como exutórios das sub-bacias. Na base hidrográfica, foi gerado um buffer de 5 metros para cada lado dos rios e a área criada foi intersectada com a classificação de uso do solo, demonstrando assim o conflito de uso em área de preservação permanente fluvial. Este mapa foi feito em escala 1:50.000.

As áreas de floresta ciliar foram discriminadas e as áreas de conflito das APPs ciliares foram marcadas e quantificadas para cada tipologia de uso da terra. Considera-se que há conflito nas áreas onde deveria haver floresta ciliar e elas estão ausentes. Neste trabalho se optou por quantificar o conflito de APP fluvial em cada uma das seis sub-bacias,

as quais foram delimitadas em função dos seis pontos de coleta. Isto foi feito, pois o objetivo final deste trabalho é tentar correlacionar o uso e cobertura da terra e a presença e ausência de florestas ciliares à qualidade de água fluvial, uma vez que a falta da floresta ciliar deve alterar a qualidade de água dos rios, especialmente em épocas de precipitações torrenciais.

Para os dados de precipitação foi composta a precipitação acumulada em cinco, em sete e em dez dias antes do dia da coleta. Isto foi feito para verificar a influência da precipitação na alteração dos parâmetros de qualidade de água, conforme já demonstrado em outros trabalhos (FRITZSONS, 2015a).

Com os dados resultantes desta amostragem de qualidade de água foram feitas as seguintes análises: análises descritivas (valor máximo, mínimo, média e desvio padrão) e as multivariadas: de agrupamento (cluster), de correlação múltipla e de componentes principais.

A metodologia para discriminar as florestas ciliares possibilitou executar o trabalho proposto e chegar a um resultado numérico que permite a comparação com outras bacias no estado ou mesmo pode ser utilizado para monitoramento da bacia em estudo, ao longo do tempo, para verificar a situação em que se encontram as florestas ciliares.

De posse do resultado de conflito de uso das APPs por sub-bacia e também dos resultados do monitoramento da qualidade de água verificados com a análise estatística, pode-se comparar a qualidade de água em cada sub-bacia e verificar se há correspondência entre a qualidade de água e o conflito em área de APP.

Ao final deste estudo, espera-se ter um diagnóstico atual e circunstanciado da qualidade de água superficial desta porção do Carste paranaense, próxima a um grande centro urbano, que é submetido à exploração agrícola intensiva e em plena expansão. Além disso, espera-se poder estimar a importância da presença da floresta ciliar para minimizar os impactos nos cursos d'água.

Bacia do Ribeirão das Posses

Os estudos realizados no Ribeirão das Posses pela Embrapa Meio Ambiente em parceria com o *Agricultural Research Service* (ARS) e o CENA-USP podem ser divididos em dois tipos: modelagem hidrológica e avaliação da qualidade de água. Em relação à modelagem hidrológica, os dados mencionados no item anterior são utilizados como dados de entrada de dois modelos hidrológicos.

O primeiro deles é o modelo AgroEcoSystem-Watershed (AgES-W) tem sido desenvolvido pelo *Agricultural Research Service* (ARS) no âmbito da plataforma "Modeling System Object" (OMS). Este modelo hidrológico é distribuído espacialmente (ASCOUGH et al., 2015) com as componentes principais tiradas do modelo J2000 (KRAUSE et al., 2006) e J2000-SN (FINK et al., 2007) e foi aplicado inicialmente nas regiões de cultivo agrícola no Estado do Colorado, Centro-Oeste americano. O AgES simula a transferência totalmente distribuída de água e de nitrogênio entre as áreas terrestres da bacia hidrográfica e o leito do rio. Uma característica do AgES é que existe interação tanto hidrológica quanto química entre áreas terrestres definidas, denominadas como Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs, sigla em inglês), de forma que este modelo simula o acoplamento de processos em superfície e sub-superfície inerentes ao ciclo hidrológico numa bacia hidrográfica. Esta característica do modelo tem o potencial de trazer melhorias significativas na gestão de água e de nutrientes, pois se pode determinar com certa precisão o balanço de água e de nutrientes dentro de cada HRU.

A Figura 25 mostra os principais componentes do balanço de água no solo simulado no modelo AgES, desde os dados de entrada no modelo como as informações meteorológicas, de solos, de vegetação e de manejo agrícola até os dados simulados pelo modelo como: infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e recarga de água subterrânea.

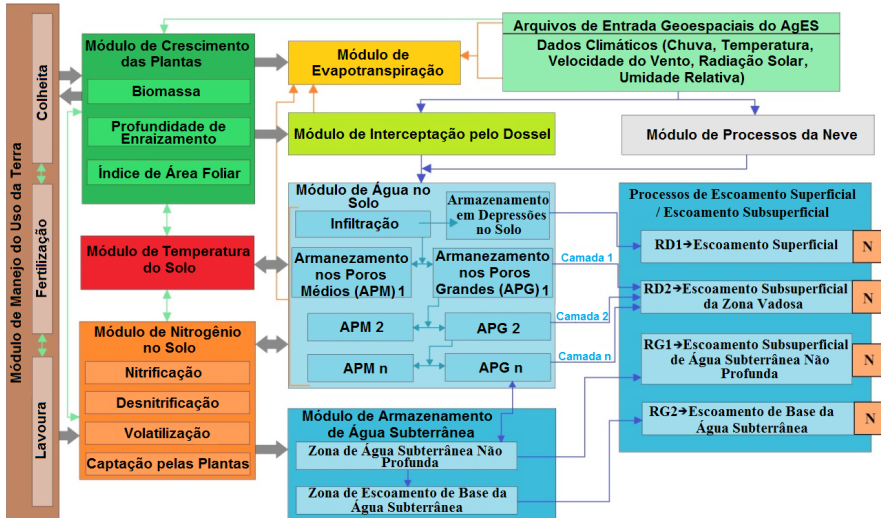


Figura 25. Fluxograma do modelo AgES.

Fonte: Adaptado do Ascough et al. (2015).

O outro modelo hidrológico utilizado é *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*, pelo *Agricultural Research Service (ARS)* em parceria com a *Texas A&M University*, nos Estados Unidos da América, e tem como objetivo prever o impacto do uso e manejo do solo sobre o ciclo hidrológico, transporte de sedimentos e qualidade da água em bacias hidrográficas. Uma das principais características deste modelo matemático é permitir modelar diretamente diferentes processos físicos associados ao movimento de água, movimento de sedimentos, crescimento de culturas, ciclagem de nutrientes e transporte de nutrientes no canal principal (ARNOLD et al., 1998; NEITSCH et al., 2005) e em diferentes escalas de bacias.

Assim, como o modelo AgES, o SWAT não utiliza a vazão fluvial como dado de entrada. Os dois modelos simulam as vazões através dos dados meteorológicos já citados na descrição do AgES e das características físicas da bacia hidrográfica como: topografia (modelo de elevação digital do terreno) com informações da altitude para delimitar a área da bacia e a velocidade do fluxo da água na mesma; tipo de solo com informações das características das componentes de

solo (como por exemplo: teor de areia, argila e silte); capacidade de infiltração do solo e outras características que podem influenciar tanto no escoamento superficial como na recarga do lençol freático; e, uso da cobertura vegetal que vai influenciar na quantidade e qualidade de água evapotranspirada para a atmosfera e a capacidade de infiltração de água no solo.

A Figura 26 mostra as principais etapas para modelar no SWAT a vazão numa bacia hidrográfica: delimitação das bacias hidrográficas, a análise do HRU, escrever as tabelas de entrada com dados climáticos, executar o SWAT e avaliar o modelo.

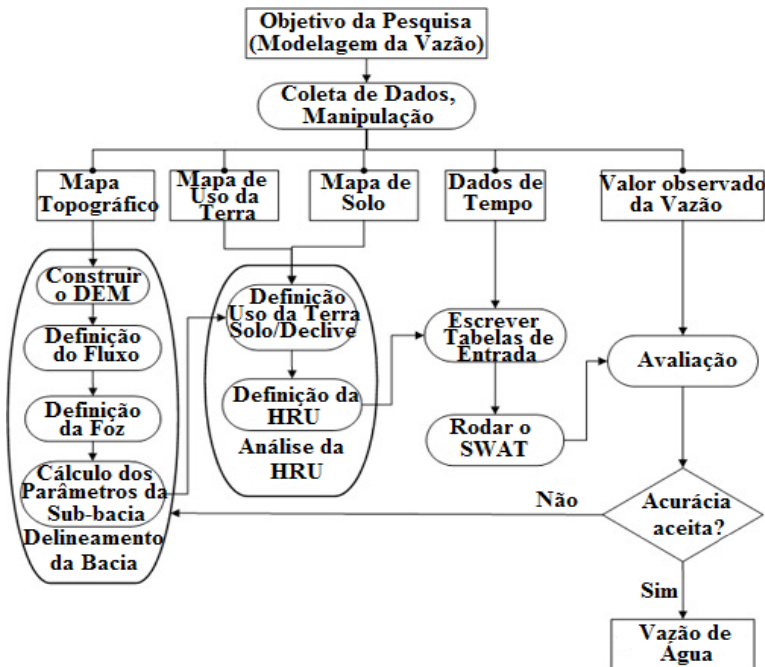


Figura 26. Fluxograma da modelagem do SWAT para vazão de água numa bacia hidrográfica.

Fonte: Weekly et al. (2012).

Em relação à análise da qualidade da água, é feito o monitoramento da qualidade da água no Ribeirão das Posses sendo possível

identificar as possíveis alterações na qualidade da água de acordo com as modificações do ambiente no entorno; entender como ocorre a variação da qualidade e quantidade da água ao longo de um ano hídrico, assim como durante a ocorrência de eventos significativos de precipitação, e a interferência do ambiente nesta variação; e por fim analisar possíveis impactos do programa de PSA na microbacia. Para isso está sendo monitorada mensalmente a água fluvial em nascentes, nos tributários, no canal principal do Ribeirão das Posses, avaliando-se parâmetros como temperatura ambiente e da água, oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica (CE), carbono orgânico dissolvido (DOC), carbono inorgânico dissolvido (DIC), nitrogênio total dissolvido (TN) e demanda biológica de oxigênio (DBO), além de análises cromatográficas de cátions e ânions e ainda coletas de sedimento transportado, onde se procederá uma análise isotópica para verificação da origem desse material. O experimento conta ainda com um amostrador automático capaz de realizar amostragens em determinados períodos pré-estabelecidos e medidas de parâmetros, tais como OD, pH, CE e vazão. Esse equipamento foi instalado na foz do Ribeirão das Posses, com isso será possível um monitoramento contínuo do comportamento da bacia, inclusive durante eventos extremos (chuvas e secas), comparando-se com dados de outra bacia vizinha (ribeirão Salto de Cima) em pesquisa recém iniciada.

Bacia do Rio Cará-Cará

O trabalho avaliou a vulnerabilidade do aquífero Furnas à contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos por nutrientes e pesticidas agrícolas em função do uso e ocupação do solo. A área experimental é um sistema agrossilvipastoril (iLPP) (25°5'11"S e 50°9'38"O) conduzido pela Embrapa em Ponta Grossa, nos Campos Gerais. A geologia da região é dominada por sequências sedimentares paleozóicas que compõem a base da bacia do Paraná. Numa extensa área, afloram arenitos e conglomerados da Formação Furnas, que abriga o aquífero Furnas, importante manancial de água subterrânea na região de Ponta Grossa. Os arenitos são fraturados e apresentam dissolução de minerais, o que comumente gera cavidades subterrâneas. O aquífero é poroso, o que facilita a infiltração da água.

O sistema iLPF é composto por fileiras alternadas de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* e *grevílea (Grevillea robusta)*) em linhas simples com espaçamento de 14 m x 3 m, plantadas transversalmente à declividade do terreno. Nas entrelinhas são cultivadas no verão, milho e soja em rotação bianual. No inverno são cultivadas, em consórcio, aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), e pastejadas por novilhas Purunã. Entre 2013-14 foram realizadas coletas mensais de amostras de água (utilizando *bailers* descartáveis) em cinco poços de monitoramento (PM1 a PM5) posicionados em topossequência no sistema agrossilvipastoril.

Os poços possuem quatro polegadas de diâmetro e 10 a 21 metros de profundidade. PM1 está à montante da área experimental, PM2 e PM3 no interior da área, PM4 no final da encosta, e PM5 na encosta oposta (área controle). As coletas de água também foram feitas em três pontos do córrego Arroio Água da Onça, um braço do Rio Cará-Cará (AS1= a montante, AS2= no meio e AS3= a jusante da área experimental). As análises dos parâmetros químicos (alcalinidade total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrogênio total, nitrato, bicarbonato, cálcio, magnésio, sódio e potássio) e biológicos (coliformes fecais e coliformes totais) da qualidade da água e avaliação em GC-MS dos compostos Atrazina (herbicida), Fluazifop-p-butyl (herbicida) e Clorpirifós (inseticida) foram realizadas no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR (Tabela 11). As análises microbiológicas não identificaram a presença de bactérias do grupo coliformes nas amostras de água subterrânea e superficial.

O fluxo da água e, por conseguinte dos contaminantes, ocorre tanto pelos poros existentes entre os grãos da rocha sedimentar (permeabilidade primária), como por descontinuidades (permeabilidade secundária), na forma de fraturas, cisalhamentos e cavidades de dissolução que ocorrem associados. Por isso, os contaminantes podem percorrer distâncias relativamente longas em curto espaço de tempo, o que explica sua presença na água superficial ao longo da área durante períodos de estiagem. Devido a estas características, conclui-se que o aquífero Furnas apresenta grande vulnerabilidade à contaminação por

agroquímicos e que sistemas produtivos nessa região devem possuir atributos que protejam os recursos hídricos.

Tabela 11. Concentração média de parâmetros e compostos químicos na água subterrânea e superficial (agosto a dezembro de 2013).

Descrição	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	AS1	AS2	AS3
Alcalinidade total (mg L ⁻¹)	8,20	6,20	5,50	4,90	14,60	3,80	6,00	3,00
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrogênio orgânico (mg L ⁻¹)	0,10	0,10	0,20	0,30	0,20	0,50	0,10	0,20
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,10	0,10	0,04	0,10	0,01	0,01	0,06	0,03
Bicarbonato (mg L ⁻¹)	10,10	7,60	6,80	5,90	17,80	4,60	7,00	3,70
Cálcio (mg L ⁻¹)	1,30	1,30	1,00	0,20	3,30	0,70	0,70	0,40
Magnésio (mg L ⁻¹)	0,60	0,50	0,40	0,70	0,70	0,40	0,60	0,20
Sódio (mg L ⁻¹)	1,60	1,10	1,50	0,80	0,70	4,40	1,70	1,50
Potássio (mg L ⁻¹)	0,40	0,70	0,80	0,60	1,30	1,80	0,70	0,80
Atrazina (µg L ⁻¹)	0,00	22,40	22,60	20,60	0,00	1,10	47,90	60,00
Fluazifop-p-butyl (µg L ⁻¹)	0,00	11,70	12,10	14,60	0,00	0,70	25,70	21,80
Clorpirifós (µg L ⁻¹)	0,00	8,20	10,00	9,30	0,00	0,70	18,30	16,00

PM= poço de monitoramento, AS= água superficial.

Fonte: Trojan, 2015.

Bacia Guapi-Macacu

A partir dos dados obtidos no item anterior, diversas metodologias de análise espacial e de modelagem foram aplicadas gerando os seguintes resultados: Mapa de vulnerabilidade dos recursos hídricos na bacia Guapi-Macacu, utilizando sistema de suporte à decisão espacial (FERREIRA, 2012); Mapa de áreas prioritárias à intervenção no âmbito de pagamento por serviços ambientais hídricos (RODRÍGUEZ OSUNA et al., 2014; RODRÍGUEZ OSUNA et al., 2016); espacialização da estimativa da erosividade (FIDALGO et al., 2012); Mapa de vulnerabilidade dos solos à erosão e estimativa da perda de solos, a partir da aplicação do modelo InVest (THOMPSON; FIDALGO, 2013); Modelo calibrado e aplicado de perda de nitrogênio, a partir da aplicação do modelo JAMS2000-S (PENEDO et al., 2011; PENEDO et al., 2016). Também nesta

bacia foi aplicado o Índice de Qualidade de Zonas Ripárias (WERNER, 2012) e avaliado o nível de governança dos recursos hídricos (VERA-AGUIRRE et al., 2013).

Nessa bacia também foi desenvolvido o Projeto “Entre Serras e Águas: Consolidação do Corredor Central Fluminense através da elaboração do plano de manejo da APA da bacia do Rio Macacu” que teve como objetivo a construção participativa do plano de manejo da APA da bacia do Rio Macacu por meio de uma estratégia de planejamento regional que compreende o mosaico de unidades de conservação existentes no seu entorno, além da identificação de possibilidades de conexões com a formação de corredores e do planejamento agroecológico. Essa estratégia visou compatibilizar a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos, respeitando a vocação agropecuária das unidades produtivas existentes na APA (IBIO, 2009). O projeto foi desenvolvido por meio de uma parceria entre o governo, a sociedade civil (instituições de pesquisa e de representação da sociedade civil, como Embrapa, UFRJ, REGUA, JBRJ, UERJ, FIOCRUZ) e o Instituto BioAtlântica (IBIO, 2009).

O plano de manejo da APA do Rio Macacu foi elaborado a partir de diversos estudos (aspectos do meio físico, biológico e social), estabelecendo as restrições de uso, as ações a serem desenvolvidas no manejo dos recursos naturais da bacia do Guapi-Macacu, visando minimizar os impactos negativos sobre a APA e sua área de influência e garantir a manutenção dos processos ecológicos e dos sistemas naturais. Conforme (IBIO, 2009), entre outros aspectos, esse Plano inclui: Informações gerais sobre a Unidade de Conservação; Contexto legal e regional da APA; Levantamentos diversos (fauna e flora, uso e cobertura da terra, atividades socioeconômicas (agropecuária, turismo), entre outros; Zoneamentos da APA, principalmente, de caráter agroecológico; Diagnóstico da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica Guapi-Macacu; Questões gerenciais e de Planejamento da APA.

Também foi desenvolvido no Município de Cachoeiras de Macacu um estudo diagnóstico para identificar a sua potencialidade e limitações

para o desenvolvimento do agroturismo, considerando os aspectos: ambiental, socioeconômico, histórico-cultural e de infraestrutura turística descritos em Pedreira et al., 2014a. O conjunto de dados inventariados e a síntese do diagnóstico obtido serviram de base para a elaboração de um Plano preliminar de orientação para o agroturismo no município. Esse plano representa um primeiro passo para orientar o planejamento do agroturismo integrado à produção agropecuária de base familiar no município (PEDREIRA et al., 2014b). A premissa que norteou esse estudo foi reunir subsídios para promover ações visando conciliar o desenvolvimento rural com a conservação dos recursos naturais, históricos e socioculturais locais.

Bacia do Rio Siriri

A avaliação da influência das alterações no uso e cobertura da terra na bacia do Rio Siriri tem sido realizada por meio, principalmente, de modelagem hidrossedimentológica. Para simular os processos hidrossedimentológicos na área da bacia e a influência do uso e cobertura da terra sobre estes processos, tem sido empregado o modelo SWAT - Soil and Water Assessment Tool (NEITSCH et al., 2005). Neste modelo, a bacia é dividida em sub-bacias e trechos de canais e cada elemento, plano ou canal, poderá ter seu próprio conjunto de parâmetros que o caracteriza adequadamente (NEITSCH et al., 2005) (Figura 27).

Neste estudo específico, foram utilizadas classificações de uso e cobertura da terra na bacia para o período de 1987 a 2014, dados climáticos (precipitação, evaporação, temperatura, velocidade do vento) provenientes da estação Capela (latitude 10°29 Sul e longitude 37°04 Oeste) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002). O modelo digital do terreno utilizado (resolução espacial de 30 m), é oriundo dos dados da missão topográfica SRTM (ARAGÃO et al., 2013) e foi empregado na discretização da sub-bacia para uso no modelo.

Os dados de uso e cobertura da terra no período 1987, 1997, 2000, 2001, 2006, 2012 são provenientes de Sergipe (2004), Sergipe (2012) ou produzidos nesta pesquisa a partir da classificação de imagens de satélite. Os dados relativos ao solo (tipo, textura do solo, granulometria,

profundidade e quantidade de horizontes do solo) são oriundos de Sergipe (2004) ou, quando estes não foram disponibilizados, empregou-se valores disponíveis na literatura (NEITSCH et al., 2005).

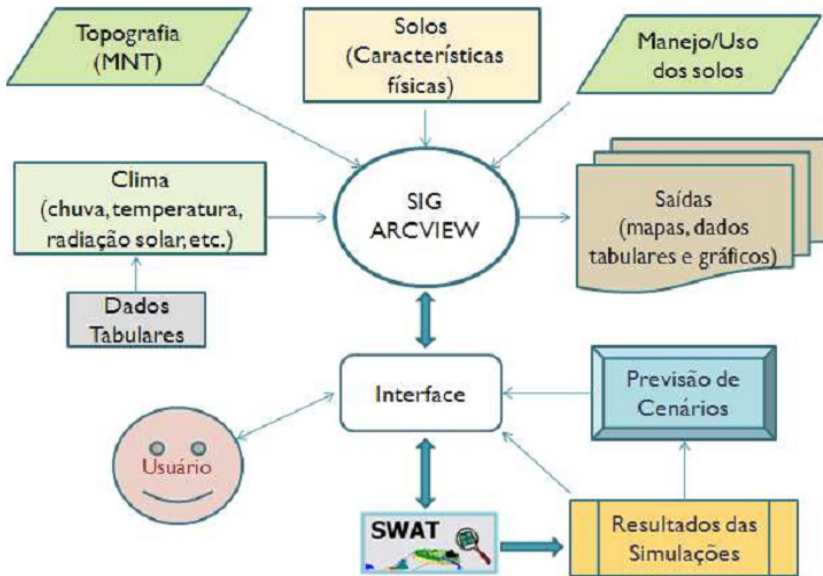


Figura 27. Estrutura de entradas e saídas de planos de informação no SWAT.

Fonte: Neitsch et al., 2005.

Foi avaliada a influência de cenários de uso e cobertura da terra tanto na quantidade como também na qualidade dos recursos hídricos e na produção de sedimentos. Para esta finalidade, utilizou-se uma funcionalidade do ambiente ArcSWAT denominada de Land Use Update (LUP), Winchell et al. (2009), que permite a atualização do tipo de uso e ocupação ao longo da modelagem. Foi considerada uma variação gradual da condição inicial de uso do solo de 1987 até 2014. Considerou-se que, nesta condição, a cultura/vegetação vai paulatinamente crescendo e expandindo tomando lugar de outros usos, comportamento bem diferente de considerar um cenário fixo.

O ponto de partida para as simulações foi o ano de 1987 e a mudança para floresta, pastagem ou cana aconteceu na passagem dos anos 1990, 1997, 2000, 2005, 2010. Assim, considerando os mapas

de uso e ocupação dos anos 1987, 1997, 2000, 2001, 2006, 2012. Os seguintes cenários foram avaliados: a) o uso e cobertura da terra se manteve constante desde 1987 até 2014, e foi tomado como base para comparação; b) a progressiva substituição, a partir de 1987, da pastagem e da plantação de cana-de-açúcar por floresta replantada; c) a progressiva substituição, da pastagem e da floresta nativa por cana-de-açúcar; d) a progressiva substituição, da floresta nativa e da cana-de-açúcar por pastagem. Para os cenários, considerou-se que dos usos acima citados, apenas a área relativa a corpos de água, solo construído e terras estéreis se mantiveram constante. A análise foi efetuada via comparação dos seguintes dados simulados: a vazão média anual (Q_{sup}), a produção de sedimentos média anual ($SedYield$), recarga para o aquífero raso ($Shal_{aq}$), recarga total para o aquífero ($TotAqrec$), carga de nitrogênio ($OrgN$), fósforo ($OrgP$) e nitrato (NO_3).

Os resultados mostraram que o escoamento superficial para a ocupação progressiva de floresta foi bem menor (14,22%) se comparado aos outros usos em questão para o período analisado, sendo dentre os usos aqui mostrados o que oferece menor impacto ao processo hidrossedimentológico. Este fato pode ser constatado observando-se o valor da produção total de água, da produção de sedimentos e dos parâmetros de qualidade de água, nitrogênio, fósforo e nitrato, cujas cargas foram menores. Em se tratando de uso progressivo para cana de açúcar, neste todos os parâmetros analisados atingiram os maiores valores dentre os três usos, notando-se que o escoamento superficial teve um aumento de 17%, a carga de nitrogênio, fósforo e nitrato que chega ao rio atingiu os maiores valores, conseqüentemente, poluindo os cursos de água. Também foi fixado um maior valor de nitrogênio e fósforo no solo o que pode não ser benéfico. No que diz respeito ao uso progressivo para pastagem, os valores dos parâmetros analisados foram, na sua maioria, intermediários entre o uso floresta e o uso cana-de-açúcar. Ou seja, este uso, guardadas as proporções e o manejo do solo, chega a ser mais benéfico para a bacia do que o plantio de cana, visto que a pastagem cria uma grande área de proteção para o solo contra os impactos das gotas chuva, reduzindo a erosão por desagregação e pelo escoamento.

Parceiros Institucionais da Pesquisa nas Bacias

Bacias	Parceiros
Bacia dos rios Cumaru e São João	Instituição Evandro Chagas (IEC); Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Bacia do Rio Ribeirão da Onça	Laboratório de Pesquisas Geológicas da Universidade Federal do Paraná (LPH/UFPR)
Bacia do Rio Ribeirão das Posses	Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP); Laboratório de Hidrologia Florestal da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP); Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP); The Agricultural Research Service (ARS)/ United State Department of Agriculture (USDA); Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Extrema/ MG
Bacia do Rio Cará-Cará	Universidade Federal do Paraná (UFPR), Iapar-Ponta Grossa, Embrapa Produtos e Mercados, Laboratório de Pesquisas Geológicas da Universidade Federal do Paraná (LPH/UFPR)
Bacia Guapi-Macacu	Secretarias de Agricultura e Meio Ambiente de Cachoeiras de Macacu, Emater de Cachoeiras de Macacu, Secretarias estaduais de Agricultura e Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, Associação dos Produtores, Lavradores e Amigos de Faraó, Moradores e produtores de Faraó, Embrapa Agrobiologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-CPDA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade de Leipzig, Colônia e Jena – Alemanha.
Bacia Siriri	Universidade Federal de Sergipe, Universidade Federal de Campina Grande, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Comitê de Bacia do Rio Japarutuba

Dificuldades Encontradas

De um modo geral, ao se buscar estudar a relação uso e cobertura da terra com os recursos hídricos, em bacias hidrográficas brasileiras, em diferentes escalas temporais e espaciais, as dificuldades encontradas em termos da pesquisa são bastante similares, sendo as principais elencadas:

- Custos elevados na implementação das redes locais de monitoramento (equipamentos - aquisição e manutenção).
- Falta de apoio técnico em campo e laboratório.
- Custo elevado (licenças de *softwares* e imagens de alta resolução espacial) e muito tempo para a obtenção de mapas de uso e cobertura da terra e sobre as características fisiográficas em escala adequada.
- Inexistência ou deficiência nas séries históricas de dados hidrometeorológicos.
- A elevada variação espacial natural nos sistemas hídricos a serem monitorados, aliada à diversidade de sistemas produtivos a serem avaliados, geram dificuldades no delineamento amostral em campo.
- Carência de dados públicos sistematizados e disponibilizados sobre hidrologia e abastecimento de água, dentre outros.

Perspectivas Futuras

Bacia dos Igarapés Cumaru e São João

Monitoramento da qualidade de água em relação a compostos orgânicos (CRUZ, 2006), pesticidas, com equipamentos modernos e recursos disponíveis para um estudo de 3 a 4 anos para futuras modelagens.

Bacia do Ribeirão da Onça

Um aspecto que não foi abordado neste trabalho se refere à questão de agrotóxicos, pois sistema de cultivo tradicional de hortaliças utiliza uma grande quantidade de agrotóxicos. Um trabalho futuro poderia abordar esta questão avaliando o impacto do sistema de produção de hortaliças na qualidade de água.

Bacia do Ribeirão das Posses

Como perspectiva futura, espera-se, com os dados coletados pela Embrapa, CENA-USP, IAG-USP e de outras fontes, quantificar e avaliar os efeitos das atividades agrícolas em relação a entradas de nutrientes e de sedimentos terrestres para os corpos hídricos da bacia. Além

disso, as práticas de conservação e recuperação ambiental adotadas pelo Programa Conservador das águas serão utilizadas como dados de entrada dos modelos AgES-W e SWAT para avaliar a qualidade de água (N e P) e os impactos destas práticas na mesma. Cenários, a partir do modelo, utilizando diferentes situações quanto ao uso e cobertura da terra e seus consequente efeitos sobre os recursos hídricos serão também simulados, objetivando apoiar a gestão ambiental municipal. Dessa maneira, espera-se gerar conhecimento sobre a eficácia de políticas públicas como essa do município de Extrema a gestão dos recursos hídricos, em termos de melhoria de sua qualidade e aumento (ou regularização temporal) em quantidade.

Com este trabalho, espera-se, paralelamente, adaptar a modelagem de bacias hidrográficas para situações edafoclimáticas e socioambientais similares. Da mesma forma, o estudo poderá apontar quais práticas de conservação possuem maior potencial para melhorar a qualidade da água, dentre aquelas contempladas nas ações de recuperação adotadas em Extrema. Em suma, espera-se que com os resultados dessa pesquisa sejam obtidos avanços marcantes na adaptação desses modelos na simulação dos efeitos das práticas de conservação, dos processos hidrológicos, da erosão do solo, da ciclagem de nutrientes, do transporte de sedimentos e do crescimento de cultivos agrícolas.

Adicionalmente, serão simuladas numa próxima etapa os efeitos combinados das alterações climáticas projetadas sobre a produção agrícola, uso da água e transporte de nitrato, avaliando-se as possíveis adaptações do sistema de cultivo em campo para a escala de bacias. Nesse contexto, por meio do AgES, será avaliado o impacto das mudanças no clima, associadas ao aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, sobre a produção agrícola, a quantidade e qualidade da água.

Dependendo do cenário de emissões dos gases de efeito estufa, é esperado um aumento na concentração de CO₂ atmosférico que atualmente é de 330 ppm para algo entre 540 ppm e 970 ppm no final do século 21 (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2012). Uma gama de CO₂ limite superior de 540 ppm a 970 ppm será utilizada para este estudo. Esta projecção corresponde ao cenário de

emissões A1FI, descrevendo um planeta com perspectivas futuras de crescimento econômico muito rápido, população global atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida, e uma rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. O AgES está sendo aperfeiçoado pelo ARS para permitir um aumento contínuo da concentração de CO₂ em toda a simulação. Portanto, as simulações de 100 anos, com e sem perturbações climáticas serão executadas com o intervalo de concentração de CO₂ de 540 ppm a 970 ppm. Mudanças em outras variáveis do clima (por exemplo, temperatura e precipitação) são projetadas com base nesses níveis de CO₂. Esta metodologia vai dar uma visão sobre como o aumento das concentrações de CO₂ atmosférico afetará a produção agrícola, escoamento, e de nutrientes na bacia do Ribeirão das Posses.

O cálculo da evapotranspiração será modificado para explicar as variações do uso da radiação no crescimento da planta e na transpiração devido a mudanças nas concentrações de CO₂ na atmosfera. O impacto do aumento de produtividade da planta e a diminuição das necessidades de água da planta devido ao aumento dos níveis de CO₂ será considerada conforme Neitsch et al. (2005). Para a estimativa da evapotranspiração, o método de Penman-Monteith atualmente utilizado no AgES será modificado para contabilizar a alteração dos níveis de CO₂ na atmosfera através da evapotranspiração.

A versão modificada do AgES que produz a resposta do crescimento da planta em relação às mudanças na concentração de CO₂ na atmosfera será atualizado e aplicado utilizando às mudanças nas precipitações e temperaturas projetadas pelo GCM, permitindo a análise no efeito de mudanças do crescimento das plantas, na dinâmica de nutrientes e da perda de solo. Uma vez que o objetivo é investigar os potenciais impactos das futuras mudanças climáticas nas regiões das bacias hidrográficas agrícolas, o uso da terra será inicialmente mantido inalterado. O rendimento das culturas anuais e todos os rendimentos anuais de poluentes agrícolas estimados a partir dos cenários de mudanças climáticas serão comparados com a referência (ou seja, o cenário calibrado).

Bacia do Rio Cará-Cará

No contexto de simular cenário de desenvolvimento da bacia do Rio Cará-Cará, visando auxiliar no planejamento e gerenciamento dos recursos da bacia, está sendo executado um trabalho de aplicação e calibração de um modelo hidrológico para utilização dos dados de qualidade de água. O modelo utiliza dados de qualidade de água (nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, turbidez, coliformes fecais e pesticidas), obtidos no projeto AgroHidro. Também há previsão de avanço nos estudos sobre a influência do uso de sistemas agrossilvopastoris na conservação dos recursos hídricos da bacia.

Bacia Guapi-Macacu

No âmbito do projeto Agrohidro, estão sendo gerados cenários de mudança de uso da terra e disponibilidade hídrica na bacia em questão. Estes estudos terão continuidade em novos projetos, um deles submetido na Chamada SEG 2016 intitulado: “Alternativas de manejo e uso da terra para a adequação agroambiental e a provisão de serviços ambientais no bioma Mata Atlântica: estudo de caso na bacia hidrográfica dos rios Guapi-Macacu, RJ”, contando com a parceria da Embrapa Agrobiologia, Embrapa Florestas, Embrapa Cerrados e Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Esta iniciativa tem como propósito também aplicar os resultados gerados até o momento para gerar modelos e alternativas para subsidiar a adequação agroambiental da bacia em questão e outras bacias similares da Mata Atlântica, com foco na provisão de serviços ecossistêmicos.

Também a equipe que atua nesta bacia está participando de um outro projeto liderado pelo INEA e financiado pela Agência Nacional de Águas, visando a implementação de um Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais na bacia, o que permitirá a aplicação de todo o conhecimento científico gerado na mesma nos 10 últimos anos. O fato da equipe participar do Comitê da Baía de Guanabara, onde se insere a bacia Guapi-Macacu e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, bem como do Arranjo da Embrapa intitulado “Serviços Ambientais na Paisagem Rural”, favorecerá a efetividade das ações futuras na mesma bacia, com reflexos no bem-estar da população envolvida.

Em 2015 foi realizado na bacia Guapi-Macacu um Seminário onde foram apresentados para a comunidade e atores locais os principais resultados advindos de 10 anos de pesquisa das unidades da Embrapa: Solos, Agrobiologia e Agroindústria de Alimentos. Dentre esses, pode-se mencionar estudos sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra, o monitoramento e modelagem da qualidade dos solos, da água e do clima; a perda de solos e processos erosivos, o potencial do turismo rural na região, bem como estudos focados nos sistemas produtivos e nas questões socioeconômicas relacionadas ao homem do campo, que nesta bacia se caracteriza na grande maioria como agricultor familiar.

Nesta ocasião foram compiladas e disponibilizadas todas as publicações resultantes da pesquisa na bacia. As mesmas podem ser acessadas em: <https://www.embrapa.br/solos/10-anos-de-pesquisas-da-embrapa-na-bacia-guapi-macacu>.

Bacia do Rio Siriri

Vários cenários de uso e cobertura da terra já foram simulados e avaliados na bacia do Rio Siriri no âmbito do projeto AGROHIDRO, indicando o comportamento do regime hidrológico do rio bem como as alterações sazonais em parâmetros de qualidade. Com o modelo SWAT calibrado e validado, abre-se a oportunidade para avaliação da influência das mudanças no clima sobre a disponibilidade hídrica e qualidade das águas, bem como sobre os resultados que podem ser obtidos por meio da aplicação de ações de mitigação dos problemas ambientais, como ampliação de áreas florestadas e inserção de técnicas de manejo agrícola mais sustentáveis.

Conclusões

Pode-se observar nesta publicação que a quantidade de informação levantada e organizada nestas bacias hidrográficas é bastante relevante, bem como os métodos, modelos e tipos de estudos realizados e respostas geradas para suporte à decisão, no que tange à gestão e sustentabilidade dos recursos hídricos. Porém, em nenhuma bacia foi mencionada a elaboração de uma estrutura de base de dados, o que aponta uma fragilidade. As características de uso e cobertura da terra e contexto socioeconômico e ambiental são bastante diferentes, dependendo de cada bioma e região.

Contudo, o delineamento amostral e monitoramento das bacias são bastante similares, variando em termos de parâmetros monitorados, de acordo com a infraestrutura e recursos humanos e financeiros que cada equipe dispõe. As principais pressões antrópicas e problemas relacionados aos recursos hídricos apontados foram: expansão urbana, desmatamento, queimada de florestas, presença de fontes de poluição pontual e difusa da água, utilização intensiva de insumos na agricultura, presença de processos erosivos, ausência de matas ciliares, monocultivos que esgotam os recursos naturais e não permitem a manutenção dos serviços ecossistêmicos, dentre outros.

As dificuldades encontradas são comuns e se referem à insuficiência de apoio em campo e laboratório, custo do monitoramento, ausência de séries históricas de dados hidrometeorológicos consistentes, descontinuidade dos estudos, dificuldade de resposta rápida e em linguagem adequada aos públicos-alvo, dentre outros. Em termos de perspectivas futuras, pretende-se em quase todas as bacias estudadas, quando não realizado ainda, aplicar modelos hidrológicos e elaborar cenários de uso da terra e o seu impacto nos recursos hídricos, levando também em conta as alterações climáticas. Novos projetos estão em andamento ou em elaboração visando captar recursos para dar continuidade aos estudos.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HIDRO - Sistema de Informações Hidrológicas**: manual do usuário. 2002. 30 p.

AGUIAR JUNIOR, T. R.; RASERA, K.; PARRON, L. M.; BRITO, A. G.; FERREIRA, M. T. **Nutrient removal effectiveness by riparian buffer zones in rural temperate watersheds**: The impact of no-till crops practices. **Agricultural Water Management**, Philadelphia, v. 149, p. 74-80, 2015a.

AGUIAR JUNIOR, T. R.; BORTOLOZO, F. R.; HANSEL, F. A.; RASERA, K.; FERREIRA, M. T. 2015. **Riparian buffer zones as pesticide filters of no-till crops**. **Environmental Science and Pollution Research**, Philadelphia, v. 22, n. 14, p. 10618-10626, 2015b.

AGUIAR JUNIOR, T. R. **Zonas-tampão ripárias no planejamento e gestão de ecossistemas fluviais em paisagens agrícolas**. 2015. 161 p. Tese (Doutoramento em Restauro e Gestão Fluviais). Instituto Superior de Agronomia, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa.

ALMEIDA, S. S.; OVERAL, W. L.; MASCARENHAS, B. M.; GUIMARÃES, D. G. Flora e vegetação da microrregião do salgado paraense: o caso da folha Salinópolis, estado do Pará. In: WORKSHOP ECOLAB, 6., 2002, Belém, PA. **Proceedings...** Belém, PA: Museu Paraense Emílio Goeldi: UFPA: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Pará, 2002.

AMARAL, C. M. de L. **Agricultura y riesgo ambiental en las microcuencas del Cumaru y Caripi en la Amazonía Brasileña**: Efectos del uso de los agroquímicos. 2001. 92 f. Dissertação (Magister Scientiae) – Centro Agrônomico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia no agreste nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 1091-1102, jul. 2013.

ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; PANTALEÃO, S. de M. Aplicação do modelo SWAT para avaliação da influência da mata ciliar da Bacia do Rio Siriri-Sergipe, sobre a produção de sedimentos. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas, SP. **Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos**: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 174-178.

ARNOLD, J. G.; R. SRINIVASAN; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development. **Journal of the American Water Resour Association**, New Jersey, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998.

ASCOUGH, J. C.; GREEN, T. R.; DAVID, O.; KIPKA, H.; MACMASTER, G. S. The spatially-distributed AgroEcoSystem-Watershed (AgES-W) hydrologic/water quality (H/WQ) model for assessment of conservation effects. In: ANNUAL HYDROLOGY DAYS CONFERENCE, 35., 2015, Fort Collins. **Proceedings...** Fort Collins: Colorado State University, 2015a. 16 p. Disponível em: <http://hydrologydays.colostate.edu/Papers_15/AgES-W_paper.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BENAVIDES, Z. C.; CINTRÃO, R. P.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; PRADO, R. B. **Consumo e abastecimento de água nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu**, RJ. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2009. (Embrapa Solos. Documentos, 115).

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO; CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Legenda atualizada. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos; Colombo, PR: Embrapa Florestas/Instituto Agrônomico do Paraná, 2008. 74 p.

BIGARELLA J. J.; SALAMUNI R. Estudos preliminares na Série Açungui. VIII. A Formação Votuverava. Instituto de História Natural, Curitiba, PR, **Boletim do Instituto de História Natural - Geologia**, v. 2, n. 6, 1958.

BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 311-322, 2008.

BORTOLOZO, F. R. **Campos hidrófilos de altitude como ferramenta natural na atenuação dos impactos causados por pesticidas**. 2015. 132 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BORTOLOZO, F. R.; AGUIAR, TERCENIO R.; HANSEL, F. A.; ROSA FILHO, E. F.; PARRON, L. V.; FROEHNER, S. Peatland as a natural sink for pesticides from no-till systems in subtropical climate. **Agricultural Water Management**, Philadelphia, v. 163, p. 19-27, 2016.

CASTRO, L. F.; DIAS, N. H. L.; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E.; GONÇALVES, A. O. Avaliação da qualidade da água por unidade hidrográfica em função de fontes de poluição pontuais e difusas na microbacia Batatal, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2015, Brasília, DF. **Anais...** Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

CERVI, A. C.; LINSINGEN, L. V. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**. Curitiba, PR, n. 69. p.1-52. 2007.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. **Plano diretor de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara-Relatório Final**. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

CRUZ, F. M. **Avaliação do potencial de contaminação dos recursos hídricos por pesticidas utilizando o software Agroscre**. 2006. 86 p. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

CRUZ, P. P. N.; GREEN, T. R.; FIGUEIREDO, R. O.; PEREIRA, A. S.; KIPKA, H.; SAAD, S. I.; SILVA, J. M.; GOMES, M. A. F. Hydrological modeling of the Ribeirão das Posses - An assessment based on the Agricultural Ecosystem Services (AgES) watershed model. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, SP, v. 12, p. 351, 2017.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 28 mar. 2014.

FERREIRA, C. E. G. **Sistema de Suporte à decisão espacial aplicado à análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na bacia Guapi-Macacu/RJ**. 2012. 157 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geomática, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, RJ.

FIDALGO, E. C. C.; THOMPSON, D.; LIMA, E.P.; GONÇALVES, A. O.; SCHULER, A. E.; LAUREANO, I. C. M. **Estimativa da erosividade nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2012. 35 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 205).

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G., ABREU, M. B., MOURA, I. B., GODOY, M. D. P. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2008. 31 p. (Embrapa Solos. Documentos, 105).

FIELD, C. B.; BARROS, V., STOCKERT, F.; QIN, D.; DOKKEN, D. J.; EBI, K.L.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; PLATTNER, G. K.; ALLEN, S. K.; TIGNOR, M.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge: Cambridge University: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012. 582 p.

FIGUEIREDO, Ricardo de O. Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação, capítulo 5. Embrapa Informação tecnológica. Brasília, DF, 2009.

FINK, M. P.; KRAUSE, S.; KRALISCH, U.; BENDE-MICHL, W; FLÜGEL, A. Development and Application of the Modelling System J2000-S for the EU-Water Framework directive. **Advances in Geosciences**, Tohyo, v. 11, p. 123-130, 2007.

FREITAS, A. M. de. **Memoria de Igarapé-Açu**. Macapá, AP: Supercores, 2005.

FRITZSONS, E.; PARRON, L.; MANTOVANI, L. E. **Qualidade da água e o uso e cobertura da terra da bacia de Ribeirão da Onça, Colombo, PR**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2015a. 26 p. - (Embrapa Florestas. Documentos, 281). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131650/1/Doc.-281-Qualidade-agua-Elenice.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

FRITZSONS, E, MANTOVANI, L. E. **Conflito em Áreas de Preservação Permanente em cursos d'água na bacia de Ribeirão da Onça, Colombo, PR**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. 23 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 296). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1055248/conflito-em-areas-de-preservacao-permanente-em-cursos-dagua-na-bacia-de-ribeirao-da-onca-colombo-pr>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

FRITZSONS, E.; PARRON, L. WREGE, M. Servicio ecosistémico de provisión de agua limpia: la importancia del monitoreo fluvial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS NEOTRÓPICOS: DE LA INVESTIGACIÓN A LA ACCIÓN, 4., 2015b, Mar del Plata. **Anais...** Mar del Plata: GEAP, 2015.

FONTES, A. L. **Caracterização geoambiental da bacia do rio Japarutuba-SE**. 1997. 298 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP.

GERGEL, S. A.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANTELY, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, New York, v. 64, p. 118-128, 2002.

GONCALVES, A. de A.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; ARAGAO, R. de; MOTTA, P.V. M. da. Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do rio Siriri/SE: resultados preliminares. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 2., 2015, Aracaju. Gestão da água e monitoramento ambiental: desafios e soluções locais e internacionais: anais. Aracaju: RESAG, 2015.

GONÇALVES, A. O. Caracterização climática. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. **Monitoramento da revegetação do Comperj**: etapa inicial. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 65-84. HANSEL, F.; PRADO, R. B. Água: um reflexo do ambiente de entorno. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. **Monitoramento da revegetação do Comperj**: etapa inicial. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 85-99.

HANSEL, F.; PRADO, R. B. Água: um reflexo do ambiente de entorno. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. **Monitoramento da revegetação do Comperj**: etapa inicial. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 85-99.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2015; Rio de Janeiro: 2016**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rj/cachoeiras-de_macacu/pesquisa/18/16459?detalhes=true>. Acesso em: 7 ago. 2017.

IBGE. **Cidades@**. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=33&search=rio-de-janeiro>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

IBIO. **Plano de manejo – APA da bacia do Rio Macacu**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto BioAtlântica, 2009.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico Município De Ponta Grossa**. [Ponta Grossa, PR], 2016. 43 p. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=84000>>. Acesso em 5 jul. 2016.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. In: FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKERT, F.; QIN, D.; DOKKEN, D. J.; EBI, K.L.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; PLATTNER, G. K.; ALLEN, S. K.; TIGNOR, M.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. England: Cambridge University Press, 2012.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia Brasileira**: estudos dos impactos ambientais nas florestas e áreas abandonadas nos trópicos - SHIFT. Brasília, DF: MCT/CNPq, 1998.

KIRA, T.; SAZANAMI, H. Utilização de recursos hídricos e problemas de gerenciamento de lagos. In: HASHIMOTO, M. (Ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Japão, v. 2, 6 p, 1995.

KÖPPEN, W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

KRAUSE, P.; BÄSE, F.; BENDE-MICHL, U.; FINK, M.; W. FLÜGEL, W.; PFENNIG, B. Multiscale investigations in a mesoscale catchment - Hydrological modelling in the Gera catchment. **Advances in Geosciences**, Taiwan, v. 9, p. 53-61, 2006.

KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M. C.; LEITE, N. K.; HANADA, L.; VICTORIA, D. C.; TOLEDO, A. M.; OMETTO, J. P.; MOREIRA, M. Z.; GOMES, B. M.; BOLSON, M. A.; NETO, S. G.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A. K.; RICHEY, J. E. **Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia**. Acta Amazônica, Manaus, AM, v. 35, n. 2, p. 197-205, 2005.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A. da; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)**. Revista Ambiente e Água, Taubaté, SP, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90878/1/rev.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

LIMA, L. M. **Simulação da movimentação de agrotóxicos no solo com o uso de geotecnologias, como instrumento para avaliação do potencial de risco de contaminação das águas subterrâneas da Amazônia Oriental**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, SC. Anais... São José dos Campos, SP: INPE, p. 3397-3404.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba, PR: José Olympio, 1981.

MARKEWITZ, D.; LAMMON, E. C.; BUSTAMANTE, M. C.; CHAVES J.; FIGUEIREDO, R. O.; JOHNSON, M. S.; KRUSHE A.; NEILL C.; SILVA, J. S. O. **Discharge-calcium concentrations relationships in stream of the Amazon and Cerrado of Brazil: soil or land use controlled**. Biogeochemistry, Dordrecht, v. 105, n. 1-3, p. 19-35, ago. 2011.

MEIXNER, F. X.; EUGSTER, W. **Effects of landscape pattern and topography in emissions an transport**. In: TENHUNEN, J. D.; KABAT, P. (Ed.). Integrating hydrology, ecosystem dynamics, and biogeochemistry in complex landscapes. New York: Wiley, 1999. p. 147- 175.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; SILVA, J. S. dos V.; FERNANDES, C. M.; PARRON, L. M. Dinâmica de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Cara-Cará entre os anos de 2002 e 2010. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 6., 2016, Cuiabá, MT. Anais... São José dos Campos, SP: INPE, 2016.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. **Uso de geotecnologias para identificação de diferentes padrões de ocupação urbana da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará – Ponta Grossa-PR**. Geosul, Florianópolis, v. 24, n. 47, p 49-68. 2009.

MINERAIS DO PARANÁ. **Programa Zoneamento – Ecológico - Econômico do Paraná - Potencialidades e fragilidades das rochas do Paraná**. Curitiba, PR, 2005. 70 p.

NASCIMENTO, E. B. (Coord.). **Estudo do quadro natural Karst**. Curitiba, PR: 1997. 34 p.

NEILL, C.; CHAVES, J. E. ; BIGGS, T.; DEEGAN, L. A.; ELSENBEEER, H.; FIGUEIREDO, R. O.; GERMER, S.; JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; MARKEWITZ, D.; PICCOLO, M. C. Runoff sources and land cover change in the Amazon: an end-member mixing analysis from small watersheds. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 105, p. 9597-8, 2011.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. **Soil and Water Assessment Tool – Theoretical Documentation – version 2005**. Washington: United State Agricultural Research Service, 2005. 476 p.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu em área de Mata Atlântica – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2009, Campo Grande, MS. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2009.

PEDREIRA, B. da C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; ARAUJO, F. de O.; JESUS, I. R. D. de; POCIDONIO, E. A. L. **Aliança entre agroturismo e agricultura familiar em Cachoeiras de Macacu**: potencialidades e limitações. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2014a. (Embrapa Solos. Documentos, 172).

PEDREIRA, B. da C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; CARNEIRO, M. J. T. **Desenvolvimento do agroturismo em Cachoeiras de Macacu, RJ**: subsídios ao planejamento da atividade agroturística associada à produção agropecuária de base familiar. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2014b. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 244).

PENEDO, S.; KÜNNE, A.; PRADO, R. B., SCHULER, A. E.; RIBBE, L.; CASTRO, L. F. Etapas metodológicas para a modelagem do nitrogênio na água na bacia Guapi-Macacu, Rio de Janeiro (RJ). In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 4., 2016, Brasília. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016.

PENEDO, S.; KÜNNE, A.; PRADO, R. B., SCHULER, A. E.; ROEHRIG, J.; RIBBE, L. Implementation of a Hydro-climatic Monitoring Network in the Guapi-Macacu River Basin in Rio de Janeiro, Brazil. In: INTERNATIONAL WORLD WATER GONGRESS, 14., 2011, Porto de Galinhas, PE. **Anais...** Nanterre: International Water Resources, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/902436/1/PAP005976.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2016.

PIÃO, A. C. S. **Transporte de nitrogênio, fósforo e sedimentos pelo Ribeirão dos Carrapatos município de Itaí, SP, sua relação com usos do solo e outros impactos antropogênicos e a sua deposição no braço do Taquari (Represa de Jurumim)**. 1995. 194 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação, capítulo 5. Embrapa Informação tecnológica**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 825 p.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. F.; BALIEIRO, F. C.; H. L. C. C.; TURETTA, A. P. D.; GONÇALVES, A. O.; PEDREIRA, B. C. C. G.; SCHULER, A. E.; MONTEIRO, J. M.; COELHO, M. R.; DONAGEMMA, G. K.; MARTINS, A. L.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, A. P. Serviços ambientais no bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: lições e desafios. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G., PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços Ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 202-218.

PRADO, R. B; NOVO, E. M. M. Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, MG, v. 19, n. 37. p. 5-18, 2007.

PRADO, R. B; NOVO, E. M. M. Modeling pollution potential input from the drainage basin into Barra Bonita reservoir, São Paulo – Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v. 75, n. 2, p. 314-323, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA. Conservador das Águas. 2010. 126 p.

RACHWAL, M. F. G.; DEDECEK, R. A.; MAIA, C. M. B. de F.; PARRON, L. M. Uso e manejo da terra e aspectos pedológicos na avaliação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 57-70.

REFOSCO, J. C. **Estudo comparativo da paisagem das bacias hidrográficas dos rios Araguá e da Prata. Modificações da paisagem e impactos na quantidade de material em suspensão no ambiente aquático. 1994. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.**

REIS, L. C.; COSTA, C. F. G.; PICCOLO, M. C.; CAMARGO, P. B. DE; ZUCCARI, M. L.; FIGUEIREDO, R. DE O. **Estudo Preliminar de Qualidade de Água na Bacia do Ribeirão das Posses, Extrema, MG**. In: III Seminário da Rede AgroHidro e I Workshop do projeto Os impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos, 2015, Corumbá, MS. Água na agricultura: desafios frente às mudanças climáticas e de uso da terra: resumos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2015a. 42. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139473/1/2015RA-001.pdf>

REIS, L.; FIGUEIREDO, R.; PICCOLO, M.; CAMARGO, P.; COSTA, C.; ZUCCARI, M.; GREEN, T. Stream water quality in the context of payments for environmental services in Southeastern Brazil. In: AGU Fall Meeting, 2015, San Francisco. Session: Emerging Issues in Ecohydrology, Agricultural Systems, Land Use Change, and Climate Change in the Tropics II Posters. San Francisco: 2015b. Ref. H43b-1481. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139355/1/2015ra-030.pdf>.

RODRÍGUEZ OSUNA V.; BÖRNER J.; NEHREN U.; PRADO R. B.; GAESE H.; HEINRICH J. Priority areas for watershed service conservation in the Guapi-Macacu region of Rio de Janeiro, Atlantic Forest, Brazil. **Ecological Processes**, New York, v. 3, p. 16, 2014.

RODRÍGUEZ OSUNA V.; PRADO R. B.; GAESE H. Metodologia para priorização de áreas para intervenção no âmbito de PSA hídrico na bacia Guapi-Macacu, Rio de Janeiro. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 4., 2016, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa, 2016.

SANTOS, A. P.; FORESTI, C.; NOVO, E. M. L. M.; NIERO, M.; LOMBARDO, M. A. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra**. São José dos Campos, SP: INPE, 1981. 61 p.

SANTOS, D. G.; DOMINGUES, A. F.; GISLER, C. V. T. Gestão de recursos hídricos na agricultura: O Programa Produtor de Água. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. **Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2010. p. 353-376.

SANTOS, H. G.; BHERING, S. B.; BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. da S.; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de. Distribuição e ocorrência dos solos no Estado do Paraná. In: BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. 73 p. (Embrapa Solos. Documentos, 96).

SANTOS, C. P. **Indicadores de qualidade de água em sistema de pagamentos por serviços ambientais**. Estudo de caso: Extrema-MG. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ, 2014.

SARTOR, S. C. De B.; WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W., Relação das variáveis TSS e transparência da água com o uso da terra na área de captação das sub-bacias do Reservatório Rodolfo Costa e Silva/CORSAN – RS. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2007, Florianópolis, SC. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, Brasil, 2007. p. 3549-3551.

SERGIPE. Secretaria de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Estado. **Atlas Digital de Recursos Hídricos**. Aracaju, SE: SEMARH/ Superintendência de Recursos Hídricos, 2011.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. **Sergipe: Atlas Digital de Recursos Hídricos**. Aracaju, SE: SEPLANTEC, 2004.

SERGIPE. Governo do Estado. **Elaboração dos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas dos rios Japaratuba, Piauí e Sergipe - Relatório Final: Bacia hidrográfica do Rio Japaratuba**. Aracaju, SE: Governo do Estado de Sergipe – COHIDRO, 2015. 371 p.

SILVA, M. A.; LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; OLIVEIRA, A. H.; SANTOS, W. J. R.; PEREIRA, P. H.; VEIGA, F. Levantamento de solos e diagnóstico da degradação do solo e da água em função do uso. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 17., 2008, Lavras, MG. **Anais...** Lavras, MG: UFLA, 2008. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/produagua/>>. Acesso em: 02 ago. 2014.

SPERLING, E. V. Qualidade da água em atividades de mineração. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 95-105.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. **Vulnerabilidade dos Solos à Erosão: Estimativa da Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu – RJ**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2013 (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 237).

THORTON, W. K. Perspectives on Reservoir Limnology. In: THORTON, W. K. et al. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: Wiley, 1990. p. 227–238.

TNC. TNC fecha convênio com prefeitura do município de Extrema para conservação de bacia hidrográfica. Disponível em: <http://www.nature.org/>. Acesso em: 10 jan. 2009.

TROJAN, M. **Análise da vulnerabilidade à contaminação por agroquímicos do aquífero Furnas sob uso agrossilvipastoril**. 2015. 67 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

TUFFORD, D. L.; Mc KELLAR JUNIOR, H. N.; HUSSEY, J. R. In-stream nonpoint source nutrient prediction with land-use proximity and seasonality. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 1, p. 100-110, 1998.

VERA-AGUIRRE, S. M. PRADO, R. B.; MILÁN, P. M.; RIBBE, L. Avaliação da governança da água em bacias hidrográficas do Rio de Janeiro como suporte ao gerenciamento dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2013. 1 CD-ROM.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **Geografia**. Rio Claro, SP, v. 34, n. 3, p. 455-472, set/dez. 2009. 2010.

WATRIN, O. S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do Nordeste Paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos, SP. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, 1998. p. 11-18.

WEEKLY, G.; ASIA, S.; ARUP, R.; KUMAR, S.; VARDHAN, H. **Assessing river water discharge with GIS**. Asia Geospatial Digest, Vietnam, 2012.

WERNER, F. **Assessment of the stream physical environment and study of its relation with water quality in the Guapi-Macacu watershed, Rio de Janeiro, Brazil**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de São Luis Potosi, México, Instituto Internacional de Tecnologias Tropicais, Alemanha.

WICKEL, B. A. J. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia**. Bonn: University of Bonn, 2004. 135 p. (Ecology and Development Series, 21).

WILKINSON, J.; CAMPHORA, A. L.; FUNCKE, A. L.; LOPANE, A.; LATINI, J. L.; PEREIRA, P. R. F.; PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B. P. **Caracterização socioeconômica das bacias hidrográficas dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2012. 160 p.

WILKINSON, J.; CAMPHORA, A. L.; PINHEIRO, F. D.; RANAURO, M. **Perfil rural/agrícola de municípios diretamente influenciados pelo Comperj – Diagnóstico de tendências**. Rio de Janeiro, RJ: Rede de Desenvolvimento, Ensino e Sociedade. Rio de Janeiro, 2011. 109 p.

WINCHELL, M.; SRINIVASAN, R.; DI LUZIO, M.; ARNOLD, J. **ARCSWAT 2.3.4 interface for SWAT2005 - user's guide**. Washington: United State Department of Agriculture - Agricultural Research Service, 2009.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAME. Managing Water under uncertainty and risk. World Water Development Report. 4th ed., 2012. Available from: <<http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>>. Accessed in: 12 out. 2014.

ZAMPELLA, R. A.; PROCOPIO, N. A.; LATHROP, R. G.; DOW, C. L. Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the Mullica river basin. **Journal of the American Water Resources Association**, New Jersey, v. 43, n. 3, p. 594-604, 2007.

ZEILHOFER, P.; LIMA, E. B. N. R.; LIMA, G. A. R. Spatial patterns of water quality in the Cuiabá river basin, Central Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, New York, v. 123, p. 41-62, 2006.

Literatura Recomendada

AGUIAR JUNIOR, T.; PARRON, L. M. Índice de ecossistemas fluviais (IEF): uma proposta para monitoramento da qualidade de ecossistemas fluviais no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: ABRH, 2013.

ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia no agreste nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 37, n. 4, p. 1091-1102, jul. 2013.

ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; PANTALEAO, S. de M. Avaliação da Influência da Mata Ciliar na Bacia do Rio Siriri, Sergipe, sobre o Escoamento Superficial e Produção de Sedimentos via Modelo SWAT. In: ENCONTRO DE RECURSO HÍDRICO EM SERGIPE, 7., 2014, Aracaju, SE. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014.

ARAGÃO, R. de; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; PANTALEAO, S. M.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S. Avaliação de modelos de previsão de mudanças climáticas para apoio a modelagem hidrossedimentológica via modelo SWAT aplicado à sub-bacia do Rio Siriri, em Sergipe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão: anais. Porto Alegre: ABRH, 2015.

BORTOLOZO, F. R.; FROEHNER, S. J.; PARRON, L. M. Amostragem Passiva de pesticidas em solos hidromórficos na Região dos Campos Gerais do Paraná: Resultados preliminares. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Londrina, PR. **Sistemas conservacionistas de produção e sua interação com a Ciência do solo**, 2013.

CARDOSO JÚNIOR, J. C. de A. **Avaliação das metodologias de transferência de vazões de referência em bacias hidrográficas**: aplicação à bacia do rio Japarutuba. 2014. 129 f. (Dissertação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2014.

CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; WITTERN, K. P.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D. dos; CALDERANO FILHO, B.; MOTHCI, E. P.; LARACH, J. O. I.; CONCEIÇÃO, M. da; TAVARES, N. P.; SANTOS, H. G. dos; GOMES, J. B. V.; CALDERANO, S. B.; GONCALVES, A. O.; MARTORANO, L. G.; BARRETO, W. de O.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L. de; SOUZA, J. L. R. de; LIMA, T. da C.; ANTONELLO, L. L.; LIMA, P. C. de; OLIVEIRA, R. P. de; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de; CHAFFIN, C. E. Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2003. 245 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 32).

CRUZ, P. P. N.; FIGUEIREDO, R. DE O.; GREEN, T. R. Water Quality-Quantity Evaluation of the Ribeirão das Posses Watershed, Brazil, applying the AgES-w model. In: AGU FALL MEETING. 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/1037591/water-quality-quantity-evaluation-of-the-ribeirao-das-posses-watershed-brazil-applying-the-ages-w-model>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Relatório final do projeto Análise da dinâmica do uso da terra e zoneamento agroecológico em microbacias hidrográficas no nordeste do Estado do Pará.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, jun. 2008. p. 3-9.

GONCALVES, A. de A.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; ARAGAO, R. de; MOTA, P.V. M. da. Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do rio Siriri/SE: resultados preliminares. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 2., 2015, Aracaju, SE. **Gestão da água e monitoramento ambiental: desafios e soluções locais e internacionais:** anais. Aracaju, SE: RESAG, 2015.

GONÇALVES, A. de A.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; ARAGÃO, R. de; MOTÁ, P.V. M. da. Concentrações de nitrato e nitrogênio total no Rio Siriri em Sergipe em período seco: resultados preliminares. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS, EM SERGIPE, 8., 2015, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju, SE: Embrapa, 2016. p. 77-80.

JESUS, C. F. P.; DIAS, N. W.; CRUZ, M. A. S. Vulnerabilidade socioambiental na bacia do Rio Japarutuba em Sergipe a partir da álgebra de mapas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p 50-57, jan./fev. 2014.

MANTOVANI, L. E.; FRITZSONS, E. WREGGE, M. Aspectos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia do Rio Fervida, Aquífero Carste, Colombo, Paraná. **Revista Ra'ega.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1052561/aspectos-hidrologicos-e-hidrogeologicos-da-bacia-do-rio-fervida-aquifero-cartste-colombo-parana>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

MAYNARD, I. F. N. **Avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba em Sergipe.** 2014. 95 f. (Dissertação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE.

MOTA, P.V. M. da; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; GONCALVES, A. de A. Avaliação da influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade dos recursos hídricos na bacia do Rio Siriri em Sergipe. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 6., 2016, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. p. 16.

NASCIMENTO, M. K. S.; MOTA, P.V. M. da; CRUZ, M. A. S.; ARAGÃO, R. de. Análise da alteração do uso e cobertura da terra em dois períodos na bacia do Rio Japarutuba, SE. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS, EM SERGIPE, 8., 2015, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju, SE: Embrapa, 2016. p. 17-21.

PACHECO, N. A. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 33 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 372).

REIS, L.; FIGUEIREDO, R.; PICCOLO, M.; CAMARGO, P.; COSTA, C.; ZUCCARI, M.; GREEN, T. Stream water quality in the context of payments for environmental services in Southeastern Brazil. In: AGU FALL MEETING. 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139355/1/2015ra-030.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

RIO DE JANEIRO. DRM. **Carta Geológica do Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ).** Escala 1:50,000. Governo do Estado Rio de Janeiro, 2002.

RODRIGUES, L. N.; MOURA, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de. IV Seminário da Rede AgroHidro, 2016, Brasília, DF. Água e Agricultura: incertezas e desafios para a sustentabilidade frente às mudanças do clima e do uso da terra: Anais. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 4., 2016, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. 290 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1059210/agua-e-agricultura-incertezas-e-desafios-para-a-sustentabilidade-frente-as-mudancas-do-clima-e-do-uso-da-terra-anais>>. Acessado em: 23 dez. 2016.

SÁNEZ, J.; HANSEL, F.; FROEHNER, S. J.; PARRON, L. M. **Guia Prático para a Preparação de Amostras Sedimentares para a análise Simultânea de Ácidos Biliares e Esteróis Fecais pelo GC-MS.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2014. 36 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 273).

SILVA, B. N. R. **Os solos da microbacia São João – Relatório.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

SILVA, B. N. R. **Os solos da microbacia hidrográfica do Igarapé Cumaru, município de Igarapé-Açu, estado do Pará – Relatório.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1991. 124 p.