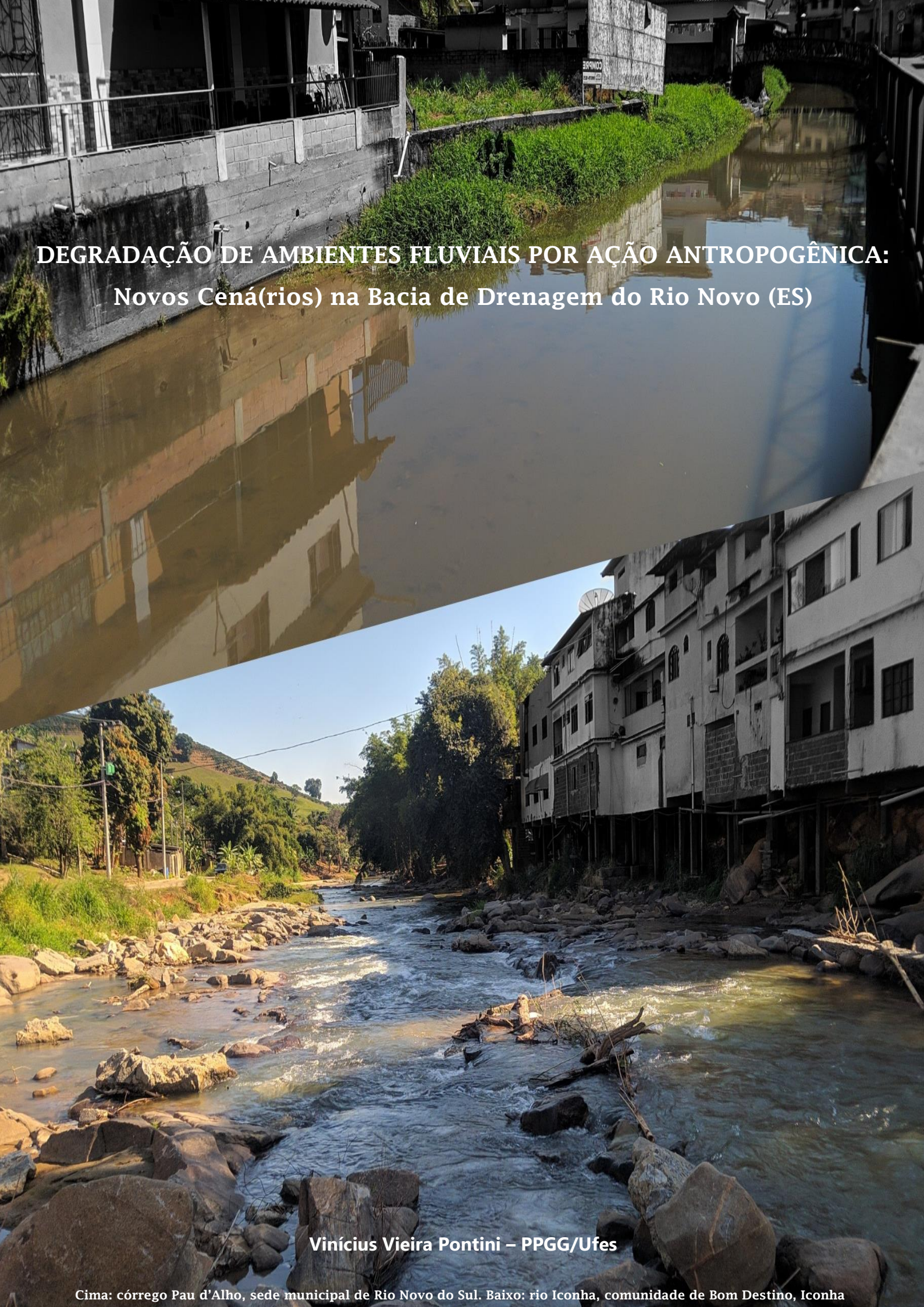


DEGRADAÇÃO DE AMBIENTES FLUVIAIS POR AÇÃO ANTROPOGÊNICA:

Novos Cená(rios) na Bacia de Drenagem do Rio Novo (ES)

Vinícius Vieira Pontini – PPGG/Ufes

Cima: córrego Pau d'Alho, sede municipal de Rio Novo do Sul. Baixo: rio Iconha, comunidade de Bom Destino, Iconha

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

DEGRADAÇÃO DE AMBIENTES FLUVIAIS POR AÇÃO ANTROPOGÊNICA:

Novos Cená(rios) na Bacia de Drenagem do Rio Novo (ES)

VITÓRIA

2020

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

DEGRADAÇÃO DE AMBIENTES FLUVIAIS POR AÇÃO ANTROPOGÊNICA:

Novos Cená(rios) na Bacia de Drenagem do Rio Novo (ES)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho

VITÓRIA

2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

Pontini, Vinícius Vieira, 1996-
P816d Degradação de ambientes fluviais por ação antropogênica : novos cená(rios) na Bacia de Drenagem do Rio Novo (ES) / Vinícius Vieira Pontini. - 2020.
196 f. : il.

Orientador: André Luiz Nascentes Coelho.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Espírito Santo. 2. Geografia física. 3. Hidrografia. 4. Inundações. 5. Meio ambiente. 6. Urbanização. I. Coelho, André Luiz Nascentes. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

“DEGRADAÇÃO DE AMBIENTES FLUVIAIS POR AÇÃO *ANTROPOGÊNICA: novos cená(rios) na Bacia de Drenagem do Rio Novo (ES)”*

VINÍCIUS VIEIRA PONTINI

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em 19 de novembro de 2020.

André Luiz Nascentes Coelho (Orientador)

Antonio Celso de Oliveira Goulart
(Geografia – UFES)

Celia Alves de Souza
(Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNEMAT)

Aos meus pais, Maria Aparecida e Valmir.

A todos(as) que acreditam no direito humano à educação como instrumento de emancipação social.

AGRADECIMENTOS

E quem diria que o ex-aluno da escola pública e ingressante via sistema de cotas sociais no curso de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, além de concluir a Licenciatura e o Bacharelado, iniciaria e concluiria o curso de Mestrado em Geografia na mesma Universidade? Creio que nem eu mesmo, no melhor dos meus sonhos, imaginei que chegaria a este nível. Não fui o primeiro e não serei o último a enfrentar um caminho cheio de obstáculos para ingressar, permanecer e finalizar um curso de Pós-Graduação, contudo, o percurso até aqui foi realmente conturbado e difícil. Muito difícil. Desdobrando-me entre meu trabalho como professor do Estado em uma escola distante da Universidade e os estudos na Ufes, além de ter começado a tomar medicações contra ansiedade, enfrentando, também, algumas crises deste mal que me fizeram parar no pronto-socorro. Porém, o agora sonho da conclusão desta etapa gritava mais alto. Mais alto que as dificuldades.

Esta tarefa de agradecer nem sempre é fácil. Tentar puxar da memória aqueles que nos últimos dois anos desempenharam um papel fundamental, direto ou indireto, para que esta dissertação pudesse se concretizar sem cometer injustiças de não citar alguém e sabendo também que, na verdade, o processo da pesquisa se inicia bem antes, a partir das vivências e experiências prévias do pesquisador, é desafiador, porém, ser grato e reconhecer que não estamos sozinhos nessa empreitada é confortante, fazendo com que o ato de agradecer seja necessário.

Antes de mais nada, agradeço à minha mãe, Maria Aparecida e ao meu pai, Valmir que, em meio à todas as dificuldades enfrentadas ao longo da vida, sempre me mostraram que a educação era um caminho possível de ser seguido. Mãe, pai, muito obrigado por tudo. Esta conquista não é só minha, é nossa!

Aos meus familiares pelo incentivo e pela torcida e, especialmente, à minha tia Martha e ao meu tio Marcéus.

À esta Universidade pela oportunidade e pelo privilégio de cursar dois cursos de Graduação e, agora, finalizar um curso de Pós-Graduação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho, pela confiança depositada em meu trabalho e pela orientação repleta de paciência, zelo e cobranças firmes sem

quaisquer abusos. Por me entender e me ouvir nos momentos de aflição onde o pensamento de abandonar tudo era cada vez mais frequente, me encorajando a seguir adiante e a não desistir. Minha admiração pelo senhor só aumentou com o meu ingresso na Pós-Graduação e sou amplamente grato por tudo o que pude aprender contigo nestes cinco anos, da primeira Iniciação Científica em 2016 à conclusão desta dissertação. Faltam-me palavras para agradecer.

Ao Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart e à Prof.ª Dr.ª Celia Alves de Souza por gentilmente aceitaram compor as bancas de Qualificação e de Defesa deste trabalho e que, com todos os apontamentos e todas as sugestões de extrema pertinência, auxiliaram a aprimorar o texto desta pesquisa.

Aos professores com os quais cursei disciplinas na Pós-Graduação por todo o conhecimento compartilhado. Agradeço novamente ao Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho e, também, aos Profs. Drs. Edson Soares Fialho e Ednelson Mariano Dota e à Prof.ª Dr.ª Cláudia Câmara do Vale.

Ao ex-secretário do PPGG, Igor Glazar Teixeira, por toda a excelente assistência prestada em todos os momentos que precisei, tornando o cotidiano na Pós-Graduação mais tranquilo.

Ao Doutorando Rafael Henrique Meneghelli Fafá Borges por todo o suporte prestado a mim e aos demais discentes do PPGG na condição de representante discente durante o período de mudanças e (re)aprendizado trazido pela pandemia do novo coronavírus.

À Doutoranda Regina de Marchi Lyra Oliveira por contribuir com a minha pesquisa compartilhando seu acervo pessoal de fotografias e também seu conhecimento sobre o município de Piúma.

Ao Victor Oliveira pelo apoio prestado via *WhatsApp* sobre algumas informações de Vargem Alta que ajudaram a otimizar o trabalho de campo.

Aos amigos que o tempo de Graduação na Ufes me presenteou e que continuam torcendo por mim, ainda que de longe. Agradeço à Isys, Louriene e Talita e ao Emanuel, Leonardo, Vitor e Yuri. Torço amplamente pelo sucesso de todos vocês.

Às equipes da cantina do Honofre e da copiadora do CCHN que atendem a todos e todas da melhor maneira possível e com enorme benevolência quando precisei.

À equipe de limpeza que atua no CCHN, que sempre respondeu com simpatia às minhas “boas tardes” quando nos esbarramos pelos corredores dos prédios da Pós-Graduação. São homens e mulheres batalhadores(as) e que passam, muitas vezes, despercebidos(as) no mundo acadêmico, mas que exercem um papel de extrema importância ao manterem este mesmo mundo acadêmico que os e as invisibilizam propício e agradável aos estudos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho da EEEFM São João Batista por toda a paciência e assistência a mim concedidas enquanto professor em início de carreira, por todas as caronas oferecidas ao final do expediente, pelas parcerias diárias no desafio cotidiano e árduo de se trabalhar com educação no Brasil e por toda vibração e torcida com cada pequena vitória na Pós-Graduação. São muitos nomes, mas agradeço, especialmente, à Carolina (Carol), Cirlene, Geovana, Lídia Maria, Lucimar, Maressa, Rosileia (Rosi), Rowenna, Sabrina e Thays e ao Bruno, Ozéias, Renan e Ronald. Privilegiado e sortudo sou por ter conhecido e trabalhado com cada um e uma de vocês.

À Hanna Amaral (*in memoriam*), minha amiga virtual que bruscamente e muito cedo se foi antes de poder conhecê-la pessoalmente, aos 20 anos de idade. *Ninha*, obrigado por toda atenção, preocupação e torcida dedicadas a mim.

A todos e todas vocês, o meu muitíssimo obrigado!

"[...]

The sands of time were eroded by

The river of constant change."

Genesis – Firth of Fifth (1973)

“A educação em seu melhor – essa profunda transação humana chamada ensino e aprendizagem – não é só sobre conseguir informações ou conseguir um emprego. Educação é sobre cura e integridade. É sobre empoderamento, libertação, transcendência, sobre renovar a vitalidade da vida. É sobre encontrar e reivindicar a nós mesmos e nosso lugar no mundo”.

Parker J. Palmer (1999)

RESUMO

Em virtude das diversas utilidades ofertadas pelos rios e demais ambientes fluviais associados aos seres humanos, esses agentes estabelecem relações de notoriedade ao longo da história. Todavia, são nos tempos historicamente mais contemporâneos que essas relações, além de ganhar novas materializações, condicionam o agravamento sem precedentes do quadro de degradação ambiental dos rios, notadamente no contexto urbano onde, muitas vezes, são tomados como empecilhos ao crescimento das cidades e desconsiderados na paisagem urbana. Diante disto, o objetivo principal desta pesquisa foi investigar a degradação de ambientes fluviais na Bacia de Drenagem do Rio Novo (BDRN), localizada no interior do estado do Espírito Santo, por ação antropogênica impulsionada por alterações no padrão de uso e cobertura da terra na bacia. A base teórica-conceitual adotou o emprego da "sociogeomorfologia" de Ashmore (2015) para pensar os rios enquanto frutos das inter-relações estabelecidas entre processos e dinâmicas físico-naturais e socioeconômicas, que foi expandida às bacias de drenagem. Por sua vez, a metodologia consistiu na elaboração de mapas temáticos a partir da manipulação de dados vetoriais e matriciais em ambiente SIG para análise e discussão de aspectos físico-sociais da bacia e na proposta de um modelo de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) enquanto ferramenta de aferição preliminar do quadro ambiental de sistemas fluviais acessível e de baixo custo frente às consolidadas estações de monitoramento e que foi adaptado à realidade BDRN, bem como o enquadramento da pontuação atribuída durante a aplicação do PAR em uma escala de qualidade ambiental. O PAR foi aplicado em treze pontos situados em perímetros urbanos da bacia, onde em oito o resultado foi "intermediário"; em quatro o resultado foi "bom"; e em apenas um o resultado foi "ótimo". Verificou-se, a partir do trabalho de campo e do levantamento bibliográfico, diferentes exemplos da interferência antrópica direta e indireta em diversos ambientes fluviais da bacia, incluindo retificações, alterações e impedimento de desenvolvimento das seções transversais dos rios, concretagem das margens, transposição de bacias, aterramentos, emissão de efluentes domésticos e descarte inadequado de resíduos sólidos que conduzem ao cada vez maior quadro de degradação ambiental do sistema fluvial em questão.

Palavras-chave: Espírito Santo; intervenção antrópica; rios urbanos; sistema fluvial.

ABSTRACT

Due to the various utilities offered by rivers and other associated river environments to human beings, these agents establish relationships of notoriety throughout history. However, it is in historically more contemporary times that these relationships, in addition to gaining new materializations, condition the unprecedented worsening of the environmental degradation of rivers, notably in the urban context where they are often taken as obstacles to the growth of the cities and disregarded in the urban landscape. Therefore, the main objective of this research was to investigate the degradation of river environments in the Rio Novo Drainage Basin (RNDB), located in the interior of the state of Espírito Santo, Brazil, by anthropogenic action driven by changes in the pattern of land use and cover in the basin. The theoretical-conceptual basis adopted the use of Ashmore's "sociogeomorphology" (2015) to think about rivers as results of the interrelations established between physical-natural and socioeconomic processes and dynamics, which was expanded to drainage basins. In turn, the methodology consisted of the elaboration of thematic maps from the manipulation of vector and raster data in GIS environment for analysis and discussion of physical and social aspects of the basin and the proposal of a Rapid Assessment Protocol (RAP) model as an accessible and a low cost tool for preliminary measurement of the environmental framework of fluvial systems in front of consolidated monitoring stations and which was adapted to the RNDB reality, as well as the framing of the score assigned during the application of the RAP on an environmental quality scale. The RAP was applied in thirteen points located in urban perimeters of the basin, where in eight of them the result was "intermediate"; in four of them the result was "good"; and in just one of them the result was "great". It was verified, from the fieldwork and the bibliographic survey, several examples of direct and indirect anthropic interferences in several river environments of the basin, including rectifications, changes and impediment to development of rivers cross-sections, banks concreting, interbasin transfer, fluvial landfills, emission of domestic effluents and inadequate disposal of solid waste that lead to the increasing environmental degradation of the fluvial system in question.

Keywords: State of Espírito Santo; anthropic intervention; urban rivers; fluvial system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Bacia de Drenagem do Rio Novo com as sedes municipais e localidades principais 28

Figura 2. Representação esquemática de uma bacia de drenagem exorreica e seus principais elementos..... 32

Figura 3. Representação simplificada do sistema fluvial com suas principais variáveis externas e internas..... 34

Figura 4. Exemplo de ocorrência de vazante e cheia em parte do sistema fluvial do rio Benevente, nos municípios de Anchieta e Guarapari (ES) 38

Figura 5. Representação esquemática das tipologias de leitos fluviais conforme Tricart (1966)..... 39

Figura 6. Representação esquemática de perfis transversais e longitudinal de um rio 40

Figura 7. Ilustração explicativa sobre a diferença entre enchente, inundação e alagamento..... 45

Figura 8. Esquema representando a seção transversal A-A' em um trecho urbano do rio Iconha na sede municipal do município homônimo e seus níveis de inundação, utilizando o *Google Earth Pro* e com base em Tucci (2008) 46

Figura 9. Trecho parcialmente retificado do rio Tietê na capital paulista, em 1970 .. 52

Figura 10. Trecho retificado do rio Tietê na capital paulista juntamente com a Marginal Tietê, a principal via expressa da cidade, em 2018..... 53

Figura 11. Trechos da Avenida Leitão da Silva, em Vitória, antes (A) e depois (B) das obras ocorridas na via que duraram de 2014 a 2019 55

Figura 12. Inundação de dezembro de 2013 no bairro Pontal das Garças, em Vila Velha, situado no baixo curso da bacia de drenagem do rio Jucu 56

Figura 13. Hidrograma em uma bacia rural e urbana 57

Figura 14. Fluxograma metodológico 63

Figura 15. Mapa de localização dos pontos de parada para aplicação do PAR na Bacia de Drenagem do Rio Novo 70

Figura 16. Interface inicial do aplicativo *GPS Essentials*..... 72

Figura 17. Visão a montante do rio Novo na sede municipal de Vargem Alta onde se nota o canal confinado pelas vias urbanas 75

Figura 18. Visão a jusante do rio Novo no núcleo urbano do distrito de Jaciguá, município de Vargem Alta, onde se notam residências próximas às margens 75

Figura 19. Vista para o vale do rio Iconha a partir do mirante localizado na ES-375, em Rio Novo do Sul 76

Figura 20. Mapa da precipitação média anual (1947 -2012) da Bacia de Drenagem do Rio Novo.....78

Figura 21. Mapa das subclasses de unidades geomorfológicas da Bacia de Drenagem do Rio Novo.....81

Figura 22. Imagem de drone registrada em Piúma no sentido L-O com a ocorrência predominante de três unidades geomorfológicas da bacia 82

Figura 23. A) Maciço do Aghá a partir da orla de Piúma, no baixo curso da bacia. B) Maciço do Frade e a Freira, no médio curso da bacia 84

Figura 24. Transição de um trecho de tipologia meandrante, a montante, para um trecho de tipologia retilínea, aparentemente artificial, no baixo curso do rio Novo....85

Figura 25. Mapa de declividade do relevo da Bacia de Drenagem do Rio Novo conforme a classificação de Santos et al. (2018) 87

Figura 26. A) Cachoeira do Caiado, situada no rio Novo, a montante da sede municipal de Vargem Alta. B) Cachoeira do Salto Grande, situada no rio Iconha, entre as comunidades de Monte Belo e Bom Destino.....88

Figura 27. Mapa hipsométrico da Bacia de Drenagem do Rio Novo 90

Figura 28. Perfil longitudinal do rio Novo com destaque para trechos sujeitos à inundação e/ou enxurrada.....92

Figura 29. Perfil longitudinal do rio Iconha com destaque para trechos sujeitos à inundação e/ou enxurrada.....92

Figura 30. Perfil longitudinal do rio Itapoama com destaque para trecho de inundação periódica.....93

Figura 31. Vista para o vale do rio Novo no interior de Rio Novo do Sul.....95

Figura 32. Mapa da densidade de drenagem da Bacia de Drenagem do Rio Novo.97

Figura 33. Mapa da tipologia de solos da Bacia de Drenagem do Rio Novo.....100

Figura 34. Mapa do uso e cobertura da terra da Bacia de Drenagem do Rio Novo 103

Figura 35. Mosaico de determinadas tipologias de uso e cobertura da terra na Bacia de Drenagem do Rio Novo.....104

Figura 36. Mapa da rede de transportes e urbanização da Bacia de Drenagem do Rio Novo.....106

Figura 37. Vista parcial do núcleo urbano de Piúma, majoritariamente edificado ao longo de uma planície costeira/fluviomarinha.....109

Figura 38. Mapa de trechos de cursos d'água inundáveis na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a ANA (2014) 112

Figura 39. Mapa das áreas com risco de inundações na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a AGERH (2018) 114

Figura 40. Moradores limpando estragos causados pela inundação de 1984 na sede municipal de Iconha 115

Figura 41. Imagens de satélite da série *Landsat* 8 fornecidas pelo *USGS* para parte do baixo curso da BDRN 116

Figura 42. Inundação na sede municipal de Iconha em decorrência das fortes chuvas de 17 de janeiro de 2020 116

Figura 43. Capturas de telas de manchetes de reportagens sobre os efeitos da inundação e enxurrada de janeiro de 2020 em Iconha 117

Figura 44. Efeitos das fortes chuvas de janeiro de 2020 na BDRN 119

Figura 45. Mapa de barramentos na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a AGERH (2018) 120

Figura 46. Mapa de áreas sazonalmente inundáveis em Piúma no ano de 2008, em tom escuro 121

Figura 47. Trecho da planície fluvial inundável do rio Novo, na zona rural de Piúma 122

Figura 48. A) Trecho atualmente retilíneo do rio Novo em sua planície fluvial e trecho adjacente sinuoso do mesmo rio antes da sua canalização (seta). B) Trechos retilíneos do rio Iconha e córrego Orobó com destaque para meandros abandonados na planície fluvial (círculos) 123

Figura 49. Visão a montante do canal de Itaputanga onde se notam algumas residências edificadas próximas às margens 124

Figura 50. A) Vertedouro do canal de Itaputanga sendo construído, onde observa-se a concretagem das margens e do fundo do leito. B) Visão a jusante do canal, à direita, com o vertedouro (seta) já finalizado 125

Figura 51. Evolução multiespacial e temporal da morfologia do canal de Itaputanga 127

Figura 52. Reportagem sobre o bloqueio da ponte sobre o canal de Itaputanga por moradores e comerciantes, que reivindicavam o fechamento dele 128

Figura 53. Construção de depósito tecnogênico com o intuito de aterrar a foz do canal de Itaputanga [197-] 129

Figura 54. Reportagem sobre a tentativa de abertura da foz do canal de Itaputanga por moradores locais 130

Figura 55. Escavadeira a serviço da prefeitura de Piúma realizando o aterramento da foz do canal de Itaputanga 130

Figura 56. Canal de Itaputanga antes e depois das chuvas de janeiro de 2020 131

Figura 57. Erosão costeira no contato entre o canal e o oceano condicionada pelas fortes chuvas de janeiro de 2020 (forma oval vermelha) 132

Figura 58. Evolução multiespacial e temporal do trecho urbano do rio Piúma 134

Figura 59. Visão parcial do estuário do rio Piúma a partir da sua margem direita, composta por sucessivos aterros 135

Figura 60. Tômbolo artificial que liga a chamada ilha do Gambá à ilha de Piúma . 136

Figura 61. Residências edificadas ao longo de um trecho da margem direita do rio Piúma, com pilares sobre o seu leito de vazante 137

Figura 62. Residências à margem esquerda do rio Piúma no bairro Piuminas, um dos enquadrados na Zona Especial de Interesse Social 138

Figura 63. Mapa de localização da praia de Acaiaca, em Piúma 139

Figura 64. Reportagem sobre erosão costeira em Piúma em setembro de 2006... 140

Figura 65. Registros erosivos na praia de Acaiaca 142

Figura 66. Obras costeiras na praia de Acaiaca..... 143

Figura 67. Visão a montante do canal do Pinto no município de Itapemirim 144

Figura 68. Lagoa Guanandy frequentada por banhistas no verão de 2015..... 146

Figura 69. Visão a montante do rio Iconha no ponto 1 147

Figura 70. A) Desmoronamento na margem esquerda com deposição de sedimentos e detritos antrópicos nos leitos de vazante e menor (seta). B) Visão a jusante do rio Iconha no ponto 1 onde se nota a erosão da margem direita (seta), de menor declividade e altura em relação ao rio do que a margem esquerda..... 148

Figura 71. Visão a montante do rio Iconha no ponto 2 149

Figura 72. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 2 150

Figura 73. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 3 151

Figura 74. Lançamento de efluentes domésticos diretamente no rio Iconha..... 152

Figura 75. Visão a montante do rio Iconha no ponto 3 153

Figura 76. Visão a montante do rio Iconha no ponto 4 154

Figura 77. Margem esquerda concretada do rio Iconha no ponto 4 (seta branca) e captação das águas de um córrego, parcialmente tamponado, pelo referido rio (seta vermelha) 154

Figura 78. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 4 155

Figura 79. Visão a jusante do ribeirão Monte Alegre no ponto 5 156

Figura 80. Visão a montante do ribeirão Monte Alegre no ponto 5..... 157

Figura 81. Visão a jusante do rio Novo no ponto 6..... 158

Figura 82. Visão a montante do rio Novo no ponto 6 159

Figura 83. Visão a montante do rio Novo no ponto 7 160

Figura 84. Visão a jusante do rio Novo no ponto 7..... 160

Figura 85. Muro e calçada parcialmente destruídos na margem direita do rio Novo, gerando material antropogênico altamente passível de ser transportado pelo rio .. 161

Figura 86. Visão a jusante do rio Novo no ponto 8 162

Figura 87. Visão lateral do rio Novo no ponto 8, onde se destaca o muro (seta) e o quintal, logo atrás, parcialmente destruídos de uma residência edificada à margem esquerda do rio 163

Figura 88. Visão a montante do rio Novo no ponto 8 164

Figura 89. Visão a montante do córrego Pau d'Alho no ponto 9 165

Figura 90. Visão a jusante do córrego Pau d'Alho no ponto 9 165

Figura 91. Visão a montante do córrego Pau d'Alho no ponto 10 167

Figura 92. Visão a jusante do córrego Pau d'Alho no ponto 10 167

Figura 93. Visão a jusante do rio Piúma no ponto 11 168

Figura 94. Visão a montante do rio Piúma no ponto 11 169

Figura 95. Visão a montante do estuário do rio Piúma no ponto 12 170

Figura 96. Visão a jusante do estuário do rio Piúma no ponto 12 171

Figura 97. Mosaico indicando o alto acúmulo de resíduos sólidos na margem direita do estuário do rio Piúma 171

Figura 98. Visão a jusante da foz do canal de Itaputanga no ponto 13 172

Figura 99. Visão a montante da foz do canal de Itaputanga no ponto 13 173

Figura 100. Barra de desembocadura na foz do canal de Itaputanga (seta) 174

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Crescimento populacional nos municípios da BDRN 107

Gráfico 2. Desvios padrões em relação à média calculada em cada ponto de parada, para mais (positivos) ou para menos (negativos) 176

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipologias de leitos fluviais proposta por Tricart (1966) 39

Quadro 2. Principais tipologias de canais fluviais 41

Quadro 3. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com o escoamento . 42

Quadro 4. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com a gênese 42

Quadro 5. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com a geometria 43

Quadro 6. Exemplos estrangeiros de impactos antrópicos em rios 47

Quadro 7. Impactos hidrofísicos e mudanças na bacia de drenagem provocados por ação antrópica 49

Quadro 8. Métodos de canalização de rios 51

Quadro 9. Arquivos vetoriais e matriciais utilizados nos mapeamentos 64

Quadro 10. Modelo de PAR construído 67

Quadro 11. Escala de qualidade ambiental empregada 69

Quadro 12. Informações de localização dos pontos visitados em campo 71

Quadro 13. Classes do relevo do Espírito Santo, segundo proposição de Coelho et al. (2012) e as subclasses do relevo que ocorrem, majoritariamente, na BDRN 80

Quadro 14. Registro de desastres pela Defesa Civil para os municípios da BDRN 115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Subclasses de unidades geomorfológicas ocorrentes na BDRN, segundo Coelho et al. (2012) e com adaptação própria 82

Tabela 2. Padrões de declividade do relevo na BDRN, segundo a classificação de Santos et al. (2018) 86

Tabela 3. Hipsometria da BDRN 89

Tabela 4. Tipologias de solos ocorrentes na BHRN 98

Tabela 5. Uso e cobertura da terra na BDRN 101

Tabela 6. Crescimento populacional nos municípios da BDRN 105

Tabela 7. Informações sobre esgotamento sanitário urbano nos municípios da BDRN, para o ano de 2013 110

Tabela 8. Comprimento das margens e largura máxima do canal de Itaputanga ... 126

Tabela 9. Comprimento das margens e largura máxima do trecho urbano do rio Piúma 135

Tabela 10. Dados quantitativos obtidos a partir da aplicação do PAR 175

LISTA DE SIGLAS

AGERH	Agência Estadual de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
AP	antes do presente
Aw	clima tropical, com inverno seco
BA	Bahia
BDRN	Bacia de Drenagem do Rio Novo
CCHN	Centro de Ciências Humanas e Naturais
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CEPDEC	Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil
CGEO	Coordenação de Geoprocessamento
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Dd	Densidade de drenagem
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
EEEFM	Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio
EPA	Environmental Protection Agency
ES	Espírito Santo
ESRI	Environmental Systems Research Institute
Geobases	Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo
GO	Goiás
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Iema	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Ifes	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
km	quilômetro
km²	quilômetro quadrado
L	leste
Landsat	Land Remote Sensing Satellite
m	metro
MG	Minas Gerais

mm	milímetro
N	norte
NE	nordeste
O	oeste
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida
PDM	Plano Diretor Municipal
PPGG	Programa de Pós-Graduação em Geografia
RBPs	Rapid Bioassessment Protocols
RJ	Rio de Janeiro
RMGV	Região Metropolitana da Grande Vitória
RS	Rio Grande do Sul
S	sul
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SBG	Serviço Geológico do Brasil
SE	sudeste
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
Ufes	Universidade Federal do Espírito Santo
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 25

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA-CONCEITUAL 31
1.1 Bacias de drenagem: coprodução natural e social 31
1.2 Ambientes de rios e canais 36
1.3 Atuação antrópica sobre rios e ambientes adjacentes 44
1.3.1 Canalização e retificação 50
1.3.2 Urbanização 54
1.4 Os Protocolos de Avaliação Rápida: histórico, aplicabilidade e vantagens 58

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA 63

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO NOVO 74
3.1 Clima 77
3.2 Aspectos geológicos, geomorfológicos e declividade 79
3.3 Hipsometria e densidade de drenagem 88
3.4 Solos 98
3.5 Uso e cobertura da terra 101
3.6 Urbanização e aspectos populacionais 105

CAPÍTULO 4 – INTERVENÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO NOVO 111
4.1 Inundações 112
4.2 Canais artificiais retilíneos do vale do Orobó 121
4.3 Interferências no canal de Itaputanga 123
4.4 Interferências no trecho urbano do rio Piúma 133

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO PAR EM ÁREAS URBANAS DA BACIA E ANÁLISE DO CENÁRIO OBSERVADO EM CAMPO 147
5.1 Ponto 1 147
5.2 Ponto 2 149
5.3 Ponto 3 151

5.4 Ponto 4 153
5.5 Ponto 5 156
5.6 Ponto 6 157
5.7 Ponto 7 159
5.8 Ponto 8 161
5.9 Ponto 9 164
5.10 Ponto 10 166
5.11 Ponto 11 168
5.12 Ponto 12 169
5.13 Ponto 13 172
5.14 Organização e tratamento estatístico dos dados quantitativos 174

CONSIDERAÇÕES FINAIS 177

REFERÊNCIAS 183

INTRODUÇÃO

As relações estabelecidas entre os rios, suas margens e o ser humano são notórias, bastante antigas e presentes na história de várias civilizações, com muitas atuais áreas urbanas situadas em diversas partes do globo que, no passado, sofreram ocupação e fixação humana graças à presença de cursos d'água (CUNHA, 2013). Sejam pequenos, médios ou grandes, as vantagens oferecidas pelos rios nos tempos mais remotos permitiam, dentre outras tarefas, o consumo humano e animal, a navegação fluvial, o escoamento de produtos e mercadorias e atividades de lazer, além dos seus usos simbólicos e religiosos.

Todavia, com o avanço técnico-científico-informacional e o advento da industrialização e da urbanização, essas relações começam a se fragilizar e ganhar novas materializações (GORSKI, 2010). Observa-se uma mudança de paradigma quanto à "utilidade" dos rios: se outrora eram vistos como elementos fundamentais na escolha da ocupação e fixação de grupos humanos em determinada área por conta das vantagens ofertadas ao ser humano em detrimento de outra com a ausência desse elemento, atualmente, nos sítios urbanos já consolidados, estes ambientes são cada vez mais desconsiderados no cotidiano das cidades, que crescem, se expandem e dão as costas aos seus rios, ignorados no cotidiano urbano.

Dentre os exemplos deste descompasso entre o crescimento urbano e a conservação dos cursos d'água, podem se citar: lançamento de esgoto doméstico e industrial *in natura*, descarte de resíduos sólidos diversos, supressão de meandros e trechos sinuosos para facilitar a expansão da cidade, concretagem das margens e obras de canalização, caracterizando, assim, exemplos da ação antrópica direta nos rios. Em muitos casos, eles são tidos como verdadeiros obstáculos à expansão urbana, considerados problemas a serem solucionados (CUNHA, 2009; GORSKI, 2010).

Fenômenos naturais e de caráter cíclico, como as inundações, estão entre os principais "problemas" trazidos pelos rios nos ambientes urbanos e que, por sua vez, são agravados e têm seus efeitos intensificados pela ação antrópica, suprimindo matas ciliares, ocupando e impermeabilizando as áreas que constituem planícies de inundação (várzeas), dificultando a infiltração e potencializando o escoamento superficial, concretando suas margens e induzindo o assoreamento.

Os estudos e as obras para amenizar ou solucionar os transtornos trazidos à sociedade nos eventos de inundação são, muitas vezes, realizados pontualmente e desconsiderando sua dinâmica natural e sazonal, anterior a qualquer interferência do ser humano no ambiente e que resultam em medidas ineficientes que tentam a todo custo domar e controlar a natureza de modo a atender as necessidades antrópicas de desenvolvimento.

Nos estudos geográficos, a temática dos rios urbanos vem ganhado cada vez mais espaço e destaque por conta, sobretudo, da sua crescente degradação combinada à das suas áreas marginais. Neste sentido, também é comum encontrar trabalhos e discussões que contemplem a questão dos rios urbanos na Arquitetura, Biologia e nas Engenharias. Todavia, como elenca Sartório (2018), muitos dos trabalhos realizados seguem linhas bastante específicas (aporte sedimentar, comportamento hidrológico, qualidade da água, escoamento superficial), ao passo que estudos de caráter integrador ainda são incipientes.

Assim, há uma lacuna a ser preenchida: a contemplação da necessidade da compreensão das inter-relações entre o arcabouço físico (clima, relevo, hidrografia, vegetação, solos) e socioeconômico na composição deste atual quadro, auxiliando na adoção de medidas em prol da redução de impactos nesses ambientes. Conforme argumenta Coelho (2001), os impactos ambientais gerados pela urbanização são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade hierarquizada em classes sociais.

Tratar a questão dos rios urbanos sob um enfoque fragmentado das conexões entre natureza e sociedade, visando unicamente apresentar soluções para a necessidade do crescimento urbano “atrapalhada” pela presença de cursos d’água é perigosa e auxilia a perpetuar e agravar seus quadros de degradação.

Comumente, encontram-se trabalhos que versam sobre rios urbanos em consonância com as bacias de drenagem onde estão inseridos, uma vez que estas refletem os efeitos e produtos das relações estabelecidas entre grupos sociais e os elementos naturais que moldam, com o passar do tempo, uma morfologia condicionada pelos processos físicos e socioeconômicos (COELHO, 2009).

Um dos vários exemplos observados no território brasileiro e que expressa este quadro de degradação de rios e suas áreas marginais frente às transformações

antrópicas na paisagem, notoriamente com a urbanização, situa-se na Bacia de Drenagem do Rio Novo (BDRN), no sul capixaba (Figura 1). Embora seus limites estejam afastados da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), porção mais populosa e urbana do Espírito Santo, a bacia possui marcas significativas da ação antrópica direta e indireta em seus cursos d'água e ambientes associados, incluindo a construção de canais artificiais para uso agropecuário e drenagem, aterramentos e retificações.

As já citadas inundações também são fenômenos que se materializam na bacia, sendo a mais recente ocorrida em janeiro de 2020 e que culminou na destruição de áreas das sedes municipais de Iconha, Rio Novo do Sul e Vargem Alta, de comunidades interioranas e vitimou quatro pessoas no primeiro município. Nota-se que estes eventos que são naturais, nas áreas citadas, possuem seus efeitos também potencializados pela ação antrópica, como também já foi mencionado. Planícies de inundação dos rios, que não deveriam ser ocupadas por natural e sazonalmente receberem o excesso do volume de água que os canais não conseguem transportar em eventos de elevada precipitação pluvial, são impermeabilizadas com concreto e asfalto, agravando suas consequências para as populações humanas que ali se instalam.

Além da urgência cada vez maior de se discutir a problemática dos rios urbanos, surge também a necessidade do seu monitoramento a curto e a longo prazo. Rosa e Magalhães Junior (2019) apontam que, no Brasil, o diagnóstico da qualidade ambiental de cursos d'água acontece, especialmente, por meio das estações de monitoramento que, por sua vez, possuem algumas limitações, tais como o custo oneroso das análises, que são quantitativas e, embora forneçam importantes informações sobre a potabilidade das águas, não são suficientes para aferir a realidade ambiental de um sistema fluvial.

Nesse sentido, os Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) são interessantes iniciativas para preencher algumas das lacunas do monitoramento ambiental de sistemas fluviais. Eles constituem documentos que podem ser utilizados para caracterizar qualitativamente o estado ambiental de determinado ambiente por meio da observação empírica/visual de parâmetros previamente selecionados pelo pesquisador, os quais são aferidos quantitativamente, por meio de notas.

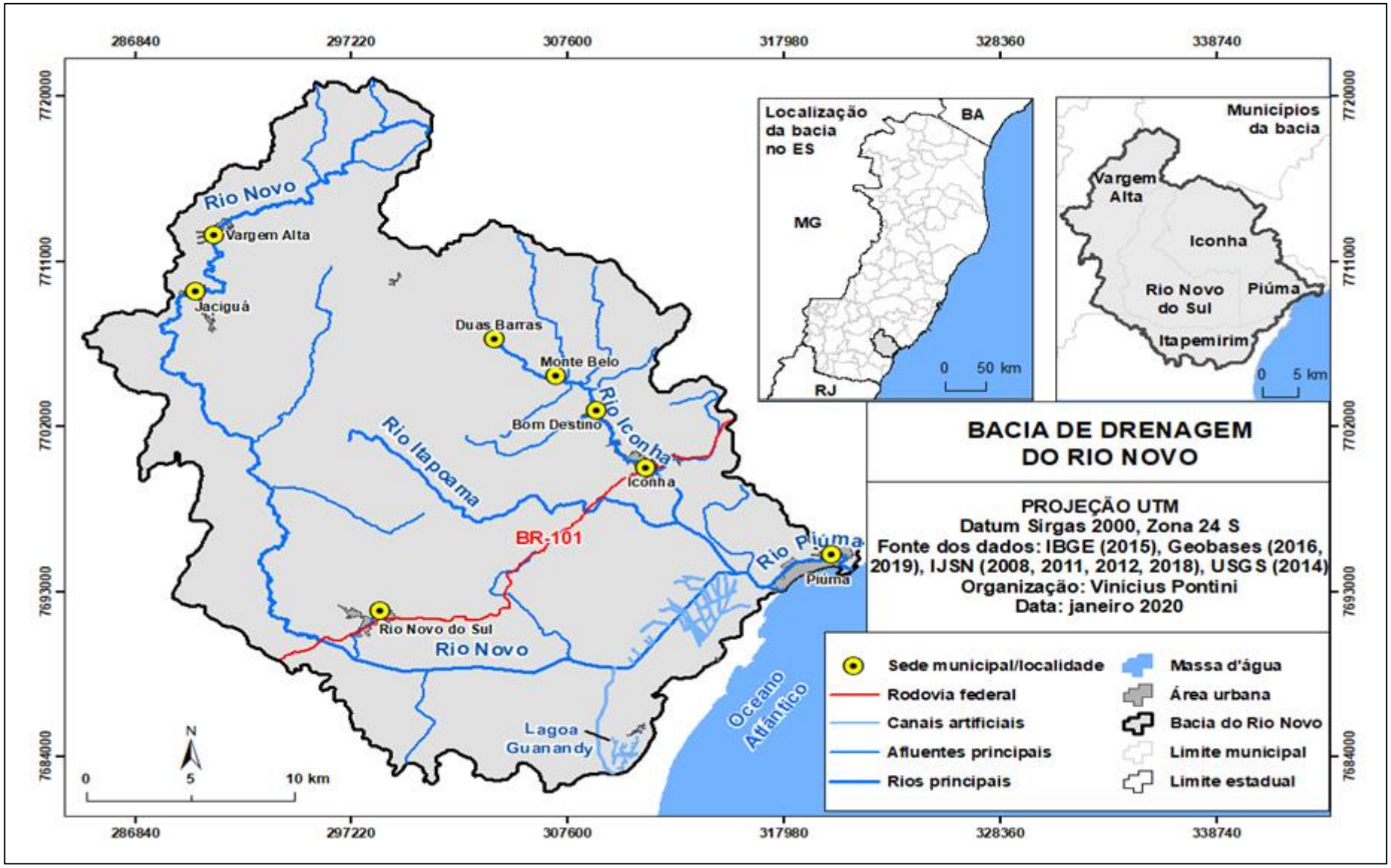


Figura 1. Mapa de localização da Bacia de Drenagem do Rio Novo com as sedes municipais e localidades principais. Elaboração própria.

Além do papel que cabe à administração pública, julgamos fundamental a conscientização e inserção popular em relação aos cuidados com os rios, sejam eles urbanos ou não. É necessária a adoção de um olhar que reconheça a sua dinâmica e importância no cotidiano humano quando conservados, rompendo com a visão engessada que os ignora ou enxerga como empecilhos, principalmente na paisagem urbana.

Este trabalho não tem a pretensão de ser conclusivo quanto à discussão das problemáticas coproduzidas pela dinâmica natural e social na BDRN e que repercutem negativamente em seus cursos d'água, que são de natureza complexa. Este documento pretende trazer um esforço de análise para se discutir a degradação de ambientes fluviais presentes na bacia alicerçado pela utilização do já citado PAR, ferramenta que vem recebendo cada vez mais atenção dentro dos estudos geográficos e outras áreas, como Arquitetura, Biologia e Engenharias. Também intencionamos destacar o recorte espacial proposto em virtude da produção bibliográfica ainda incipiente sobre ele, assim como os municípios que compõem a BDRN.

OBJETIVOS

O **objetivo geral** desta pesquisa é investigar a degradação de ambientes fluviais na Bacia de Drenagem do Rio Novo por ação antropogênica, impulsionada por alterações no padrão de uso e cobertura da terra na bacia.

Como **objetivos específicos**, pretende-se:

- Fazer uma análise geral da bacia, enfocada em aspectos fisiográficos gerais (clima, declividade, densidade de drenagem, geologia, geomorfologia, hipsometria) e socioeconômicos (uso e cobertura da terra, urbanização, aspectos populacionais);
- Identificar alterações diretas executadas nos cursos d'água e indiretas nas áreas marginais próximas em diferentes pontos da bacia;
- Avaliar quali e quantitativamente, em trechos com diferentes materializações da ação antrópica direta e indireta, o panorama ambiental dos cursos d'água e

áreas marginais por meio da elaboração e aplicação de um modelo de PAR para a área de estudo.

A dissertação se encontra estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo é pautado em um levantamento teórico-conceitual sobre bacias de drenagem e, especificamente, enquanto resultado da interação entre fenômenos naturais e antrópicos; ambientes de rios e canais, dialogando com a geomorfologia fluvial; interferências antrópicas em ambientes fluviais que culminam na degradação deles; e os PARs, abordando o seu histórico, aplicabilidade e vantagens enquanto instrumento de monitoramento do quadro ambiental de sistemas fluviais.

O segundo capítulo descreve a metodologia empregada na pesquisa, segmentada nas atividades de gabinete I e II e no trabalho de campo.

O terceiro capítulo apresenta a caracterização da Bacia de Drenagem do Rio Novo em aspectos diversos, como climático, geológico, geomorfológico, hidrográfico, pedológico e uso e cobertura da terra.

O quarto capítulo discute exemplos notórios de interferências antrópicas observadas na Bacia de Drenagem do Rio Novo e que se materializam associados à dinâmica natural vigente na área, corroborando para o seu quadro de degradação.

O quinto capítulo se propõe a discutir os cenários encontrados com o trabalho de campo a partir da aplicação do modelo de PAR construído, abordando situações de degradação fluvial nos pontos visitados e exemplos de interferências antrópicas diretas e indiretas observadas nos ambientes fluviais e áreas adjacentes.

Por fim, as considerações finais trazem reflexões sobre as temáticas discutidas e o atingimento dos objetivos propostos, bem como indicações para estudos e planejamentos futuros.

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA-CONCEITUAL

1.1 Bacias de drenagem: coprodução natural e social

Nos estudos geográficos contemporâneos, a bacia de drenagem é uma das unidades adotadas no planejamento, sobretudo ambiental, territorial e urbano, que vem ganhando mais destaque e utilização. Ademais, representa a principal unidade de análise na Geomorfologia Fluvial (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017) e, de acordo com a Lei Federal nº 9.433/97 (conhecida como Lei das Águas) é a unidade de planejamento e gestão das águas (BRASIL, 1997).

Na literatura científica, as suas definições são múltiplas, embora, muitas vezes, ocorram apenas mudanças de nomenclatura de alguns termos. Cunha e Coelho (2008, p. 70) a compreendem como a "área de drenagem de um rio principal e de seus tributários, [...] compostas de subsistemas (microbacias) e de distintos ecossistemas (várzea, terra firme)". Tal concepção é similar à apresentada por Suguio e Bigarella (1990, p. 13), para os quais é "a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e seus tributários".

Coelho (2007) disserta que a bacia de drenagem (Figura 2) é, geralmente, contornada por um divisor ou interflúvio, que é a linha de separação que parcela as precipitações que caem em bacias vizinhas e que direciona a drenagem superficial gerada para um ou outro sistema fluvial. O autor também argumenta que, contrariamente ao divisor, há o talvegue, que é caracterizado pela linha que liga os pontos de maior profundidade no vale fluvial, formando a área para onde convergem as águas oriundas das vertentes.

Para Gorski (2010, p. 35, 43) a bacia de drenagem de um rio

> é a área de drenagem que contém o conjunto de cursos d'água que convergem para esse rio, sendo, a montante, limitada em superfície pelos divisores de água, que correspondem aos pontos mais elevados do terreno e que separam bacias adjacentes. [...] Bacia [...], portanto, é área, território dotado de declividade, que possibilita o escoamento das águas, que direta ou indiretamente se dirigem para um corpo de água central. A bacia fluvial contém vales sulcados por um rio principal e seus tributários, que podem formar outras bacias ou sub-bacias.

Por sua vez, Stevaux e Latrubesse (2017, p. 59) dizem que a bacia de drenagem de um rio corresponde não somente à rede de canais, mas à toda “área de captação de água pluvial (e da neve), que pode escoar sob a forma de fluxo superficial acanalado, fluxo superficial não acanalado [...] e fluxo subterrâneo (água freática)”. Outro elemento de destaque numa bacia é o exutório (foz), ponto de menor altitude para o qual converge toda a água superficial captada a montante.

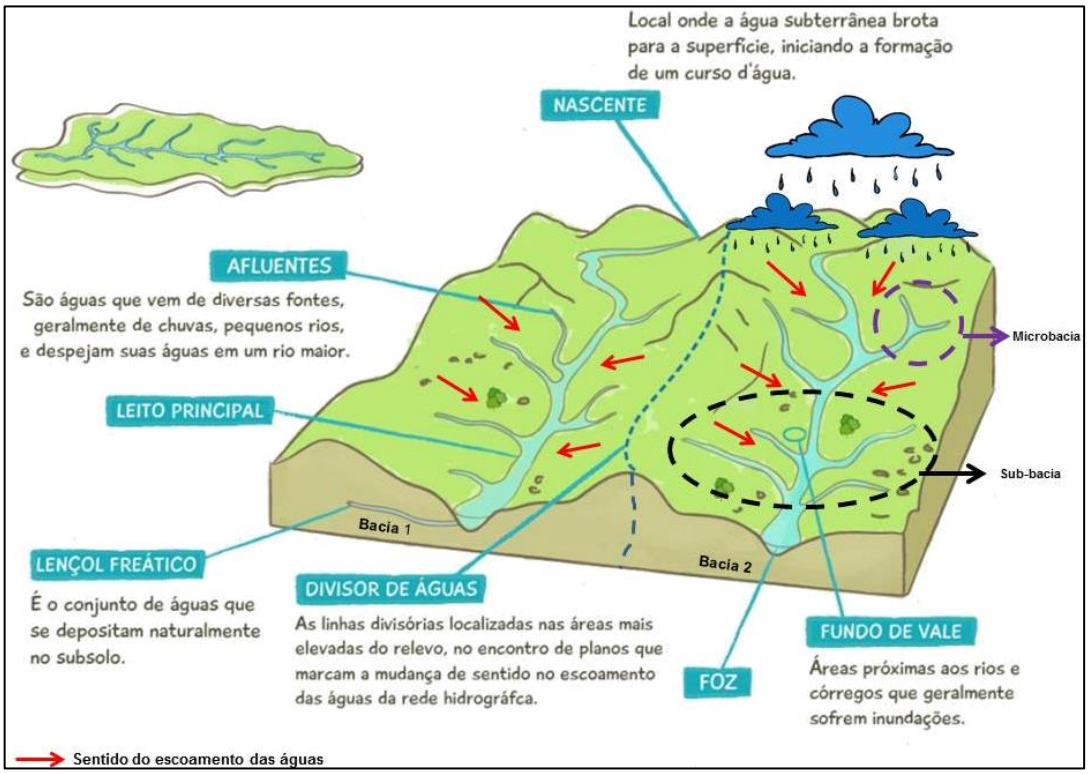


Figura 2. Representação esquemática de uma bacia de drenagem exorreica e seus principais elementos[1]. Nota-se que a mesma não possui interferências antrópicas evidentes. Adaptação própria.

Além de ser atualmente empregada como unidade básica em muitos estudos de planejamento no escopo da ciência geográfica, é comum encontrar trabalhos sobre bacias de drenagem na ótica de sistemas. Neste âmbito, Neto (2008) argumenta que os problemas ambientais cada vez mais crescentes a partir do século XX vêm esgotando as vigentes concepções de investigação das relações ser humano - natureza e proporcionam, assim, a valorização e incorporação cada vez maiores da Teoria Geral dos Sistemas enquanto teoria e metodologia de diversos ramos do

[1] Disponível em: <https://noticias.botucatu.com.br/2017/07/17/opiniao-bacias-hidrograficas-como-estrategia-de-planejamento-parte-1/>. Acesso em: 01 maio 2020.

conhecimento, incluindo a Geografia e, de maneira mais específica, a Geografia Física e a Geomorfologia. Conforme Sartório e Coelho (2019, p. 711),

> uma das principais questões de estudo da Geografia foi, e continua sendo, o problema de desvendar a relação entre o homem e a natureza a respeito das mudanças ambientais, bem como a repercussão das ações humanas sobre o meio, e seus reflexos. Uma das abordagens que têm se mostrado satisfatórias metodologicamente na Geografia Física contemporânea, é o viés sistêmico e suas derivações metodológicas mais específicas como a "noção de paisagem", "geossistemas", "ecogeografia".

Ainda segundo Neto (2008), a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) tem suas raízes na Biologia, ao ser apresentada por Bertalanffy (1975) e que para o qual é necessário, além de estudar partes e processos de maneira isolada, entender, também, a organização e a ordem que de alguma maneira os liga, em detrimento de uma perspectiva reducionista e separativa dos elementos da natureza. O biólogo sofreu críticas relacionadas às suas interpretações iniciais que buscavam uma mudança de paradigma que, com o passar do tempo, foram sendo aperfeiçoadas.

A noção sistêmica na Geografia já pode ser observada desde a sua sistematização com Humboldt, para o qual a paisagem é formada por elementos geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos em relação às organizações humanas (NETO, 2008). Diversos autores se debruçaram sobre as considerações e possibilidades do emprego sistêmico em diferentes concepções metodológicas na ciência geográfica (SOTCHAVA, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1999; BERTRAND, 2004; ROSS, 2006). Especificamente na Geografia Física, Sartório e Coelho (2019) elucidam que a abordagem dos conceitos sistêmicos para as redes fluviais e bacias de drenagem teve início com o trabalho de Chorley e Hagget (1974), que abriram caminho para estudos mais específicos de sistemas fluviais.

Em sua proposição a despeito das interações estabelecidas entre as diferentes variáveis constituintes de um sistema fluvial ou bacia de drenagem, Charlton (2008) julga que algumas variáveis internas – geologia, topografia, solo, vegetação – possuem um grau maior de independência, no qual elas são afetadas de uma maneira limitada pelo sistema fluvial. Já as demais – sistema encosta, sistema canal-planície de inundação, regime de fluxo e de sedimentos – são mais dependentes. Por sua vez, as variáveis externas e que exercem maior controle no sistema fluvial são o clima, o nível de base, a tectônica e a atividade antrópica (Figura 3).

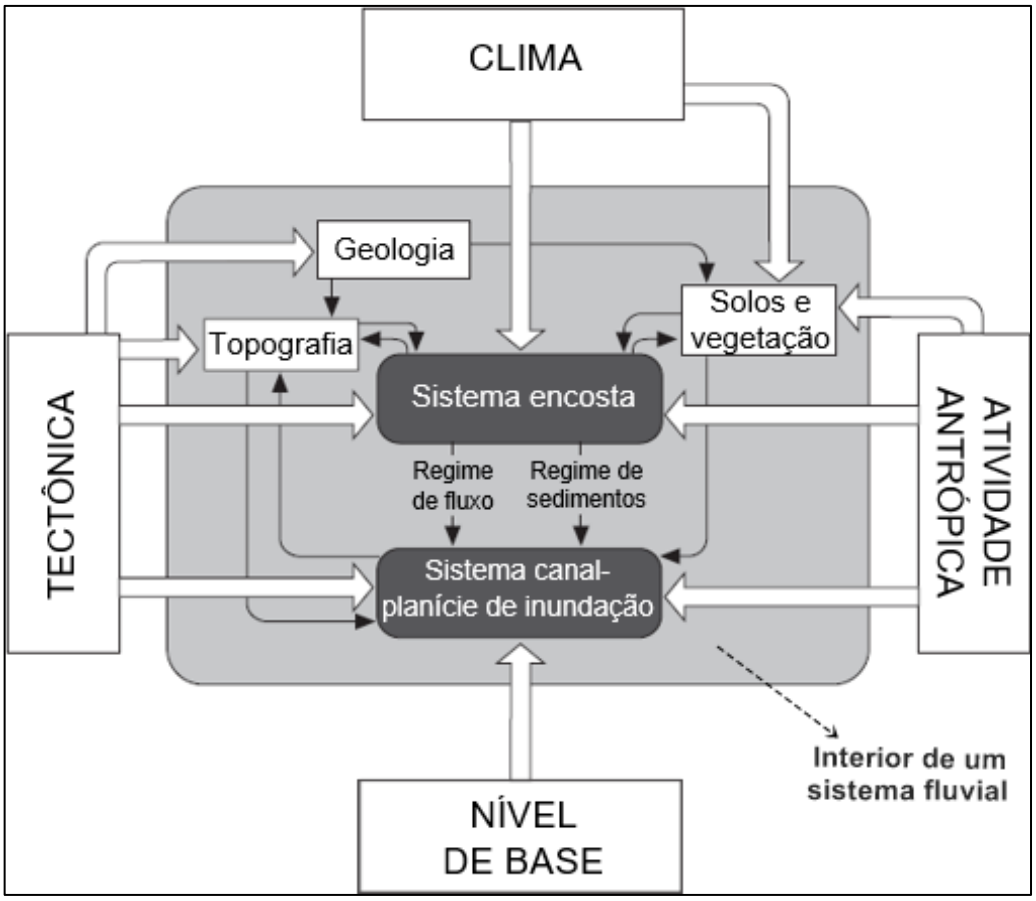


Figura 3. Representação simplificada do sistema fluvial com suas principais variáveis externas e internas. Fonte: Charlton (2008). Adaptação própria.

Embora a autora considere a atividade antrópica como variável externa do sistema fluvial ou bacia de drenagem, julgamos que o ser humano pode, também, ser enquadrado internamente, uma vez que as bacias de drenagem integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas compreendidas. Mudanças significativas em quaisquer unidades podem acarretar em alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e na descarga de cargas sólidas e dissolvidas. Ademais, em função da escala e da intensidade da mudança, os tipos de leito e de canais podem se alterar.

As manifestações e materializações de relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza podem ser observadas nas bacias de drenagem que, em muitos casos, são palco de impactos socioambientais atrelados a um mau ordenamento e a uma má gestão do território frente aos condicionantes físico-naturais. Coelho (2009) alega que, se analisados em conjunto, os processos físicos e socioeconômicos promovem com o passar do tempo mudanças hidrológicas, bióticas, dentre outras, moldando na calha

principal do rio/canal uma morfologia direcionada por essas condições. O produto destas relações, como discorre Deina (2013), tem se materializado de maneira bastante degradante, a exemplo da ocorrência de alagamentos e inundações constantes, além da ampla poluição hídrica.

Embora exista atualmente um grande interesse na compreensão do ser humano enquanto agente geomorfológico, Ashmore (2015) alerta que a Geomorfologia possui seu escopo de análise formado quase que exclusivamente pelas ciências naturais e que a ação antrópica é vista como desconexa ao sistema geomorfológico e que o impacta externamente. Para o autor,

> **embora o foco primário da geomorfologia tenha sido em processos e paisagens "naturais", isso não quer dizer que a geomorfologia enquanto disciplina ignorou os efeitos humanos na paisagem; longe disso**. Livros didáticos e artigos frequentemente descrevem os impactos humanos nas formas de relevo e processos paisagísticos e o papel da geomorfologia na documentação, gerenciamento e mitigação de impactos e riscos humanos. **Neste contexto, destaca-se o desenvolvimento detalhado da "geomorfologia antropogênica" como documentação, categorização e sistematização de formas antropogênicas e impactos de uma série de atividades humanas**. Esta abordagem se encaixa no escopo estabelecido de estudos geomórficos sobre mudanças induzidas pelo ser humano em formas e processos terrestres com foco em documentar e quantificar efeitos diretos e indiretos das atividades humanas. Neste relato, **os seres humanos são vistos interferindo de fora e perturbando a ordem natural, formas de relevo de origem antrópica são artificiais, e os seres humanos são vistos como perturbadores do equilíbrio natural, [...] adicionando "variabilidade não natural" e criando efeitos nocivos** (ASHMORE, 2015, p. 149, tradução e grifos nossos).

O referido autor defende uma "sociogeomorfologia" que se distingue da geomorfologia antropogênica. Segundo ele,

> uma posição antropogeomórfica na qual os seres humanos são vistos impactando a natureza e perturbando sistemas naturais não permite uma explicação completa do papel dos seres humanos dentro desses sistemas ou da evolução mútua dos sistemas "humano" e "natural" e adere a uma separação dos dois. **Minha proposta para a sociogeomorfologia é que a compreensão e a explicação geomorfológica podem ser ampliadas de forma útil em algumas circunstâncias, adotando o conceito de coprodução e de sistemas socionaturais de formas de relevo, embora a forma exata de análise dependerá da evolução das posições filosóficas e das direções de desenvolvimento da ideia**. Essa abordagem "mais social", também reconhece formas alternativas de enquadrar a pesquisa ambiental e a natureza da ação humana, e que os processos são específicos do contexto com a implicação de que a compreensão e a explicação contingentes são os objetivos da investigação em vez de precisões quantitativas generalizadas da dinâmica do sistema. [...] **Propus o termo sociogeomorfologia para abordar a coevolução dos sistemas socionaturais e a análise da intenção e ação humana a partir de perspectivas da ciência social. Este enquadramento se distingue da**

> **antropogeomorfologia, na qual a análise tende a se concentrar no impacto humano (não examinado) em um sistema "natural" ou nos humanos como agentes emergentes em um sistema físico cujo papel pode ser externalizado na medida em que se trata de uma nova fase na evolução do planeta** (ASHMORE, 2015, p. 150, 154, tradução e grifos nossos).

Acreditamos que a sociogeomorfologia de Ashmore também pode ser expandida para a morfologia fluvial e, considerando os rios como principais componentes do sistema de drenagem que estruturam as bacias de drenagem, julgamos que as bacias também podem ser enquadradas na perspectiva sociogeomorfológica enquanto uma produção híbrida de ações e processos sociais e naturais[2]. O sistema fluvial ou bacia de drenagem, na figura dos rios, pode ter suas dinâmicas hidrológica e morfológica condicionadas tanto por agentes naturais, a exemplo do comportamento climático, regime de chuvas, declividade das encostas e profundidade do talvegue, como por fatores sociais, entre as quais estão presentes a construção de barragens e vertedouros, construção de canais artificiais para aproveitamento na agropecuária, retificações, canalizações, dragagens, aterros e o próprio fenômeno da urbanização predatória e exacerbada em direção aos corpos d'água.

O autor propõe que

> se os rios são vistos como coproduções socionaturais, então uma série de ideias seguem sobre como esses sistemas interagem para produzir morfologia fluvial. Diferenças na morfologia fluvial podem ser observadas e esperadas apenas por razões sociopolíticas, mas o ponto aqui é entender isso como parte de um sistema socionatural combinado no qual o rio também afeta os elementos humanos do sistema e no qual a história desempenha um papel (ASHMORE, 2015, p. 154, tradução nossa).

1.2 Ambientes de rios e canais

A Geomorfologia Fluvial, conforme Christofoletti (1981), se debruça sobre o estudo dos rios e das bacias de drenagem, sendo uma das vertentes de maior dinâmica no escopo da geomorfologia. O referido autor também argumenta que a ação fluvial e as formas do relevo resultantes dela sempre despertou a curiosidade dos pesquisadores, o que evidencia o papel dos rios de agentes exógenos modeladores do relevo terrestre

[2] Ressaltamos que esta proposta não ameniza ou anula os efeitos negativos e nocivos de determinadas ações antrópicas nas bacias de drenagem. Consideramos que as interferências antrópicas, em consonância as características fisiográficas, são, em determinados casos, de fundamental importância no entendimento das características e dinâmica dos sistemas fluviais.

e o trabalho fluvial centrado na erosão, transporte e deposição de sedimentos ao longo de um sistema fluvial.

Em relação os rios, Suguio e Bigarella (1990) os compreendem sob o olhar geomorfológico e o geológico. Geomorfologicamente, o termo rio refere-se unicamente à designação “corrente canalizada” ou confinada, além de também referir-se aos canais desprovidos de água das regiões mais secas. Geologicamente, o termo é utilizado para denominar o tronco central de um sistema de drenagem. Rios podem ser definidos, segundo Cunha (2009), como um amplo corpo de água em movimento, preso em um canal. Ademais, o termo é, geralmente, utilizado para também indicar o principal tronco do sistema de drenagem.

Costa (2006) defende que os rios, córregos e riachos são os caminhos das águas doces que buscam um nível mais baixo de repouso, que desenham seu percurso em linha ao redor da topografia e conectam diferentes “fisionomias paisagísticas” (montanhas, planícies, mares). Para autora, o rio é uma estrutura viva e, logo, passível de mudanças, investigadas pela Geomorfologia Fluvial. Cunha (2009) elucida que a caracterização de canais pode ser realizada pelas medições de largura (*width*), profundidade (*depth*) e velocidade (*velocity*), combinadas com as variáveis descarga (*descharge*), resistência do fluxo (*flow resistance*) e declive (*slope*).

Suguio e Bigarella (1990), com base no fornecimento da água advindo de precipitações e dos lençóis freáticos, classificam os rios em: a) efêmeros, que não são abastecidos pelo lençol subterrâneo e que dispõem de água apenas durante e depois das chuvas, permanecendo secos na maior parte do ano; b) intermitentes, que contêm água em determinada época do ano e ficam secos noutra; e c) perenes, que são permanentemente abastecidos por um fluxo do lençol subterrâneo, sempre contendo água em seu canal e vazão.

É preciso também destacar que existem outras variáveis envolvidas no regime dos rios e dos canais para além da quantidade de água fornecida a eles. Cunha (2009, p. 220) afirma que isto também depende “[...] da natureza do solo ou rocha sobre os quais eles fluem e da topografia da superfície”.

Tipologia de leitos

Sobre a dinâmica fluvial, Cunha (2009) argumenta que os rios e canais transbordam de seus leitos (inundações, enchentes) pelo menos uma vez a cada dois anos, sendo que o intervalo de recorrência (tempo entre enchentes) varia de um rio para outro e com a intensidade do fenômeno (Figura 4). Além de repercutirem sobre as populações humanas, as enchentes também alteram a morfologia dos canais.

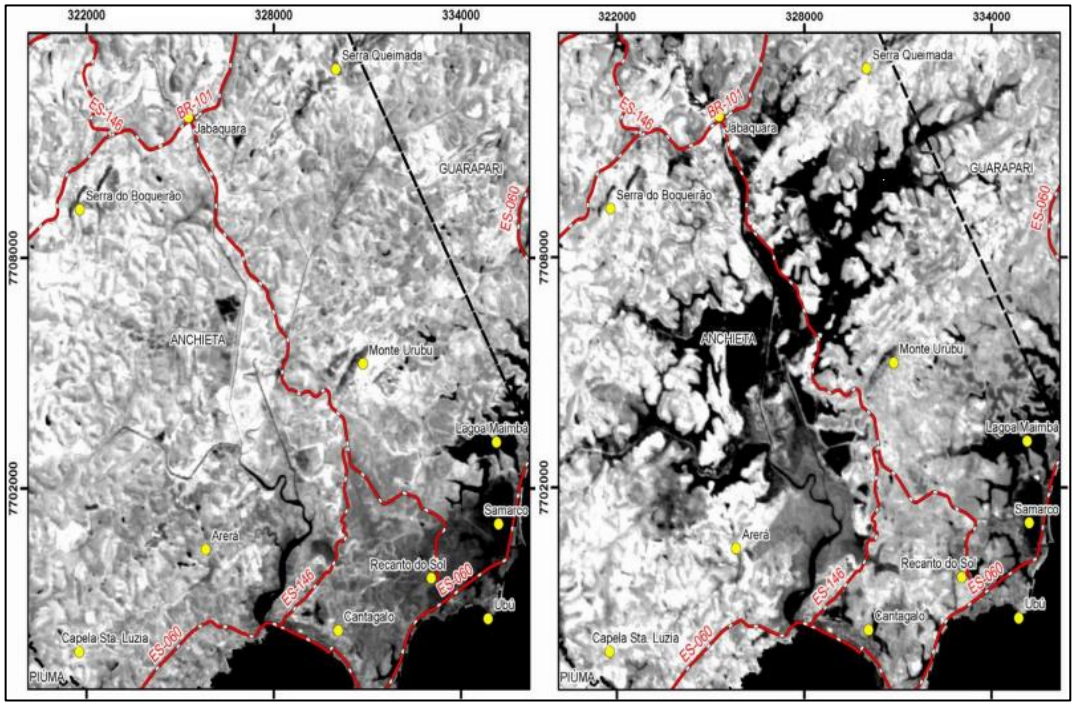


Figura 4. Exemplo de ocorrência de vazante e cheia em parte do sistema fluvial do rio Benevente, nos municípios de Anchieta e Guarapari (ES). À esquerda, período de vazante; à direita, período de cheia, com destaque para as áreas inundadas em tons escuros ao centro. Fonte: Coelho (2010). Adaptação própria.

O vale fluvial é um importante elemento na fisiografia fluvial e pode ser entendido sob o ponto de vista dos tipos de leito, dos tipos de canal e dos tipos de padrão de drenagem (CUNHA, 2009). O leito fluvial é, segundo Coelho (2007), o espaço ocupado pelo escoamento das águas e dos materiais transportados por elas, os sedimentos e que é, geralmente, proporcional à frequência das descargas de águas e das formas dos canais. Tricart (1966[3], apud CUNHA, 2013) propôs a compartimentação dos leitos fluviais disposta no Quadro 1 e Figura 5 a seguir.

[3] TRICART, J. Os tipos de leitos fluviais. Notícias Geomorfológicas, 6 (11): 41-49, 1966.

Quadro 1. Tipologias de leitos fluviais proposta por Tricart (1966).

Tipo de leito	Características
De vazante	Corresponde à parte do canal destinada, preferencialmente, ao escoamento das águas baixas. Normalmente, meandra entre as margens do leito menor, acompanhando o talvegue.
Menor	É bem delimitado e encaixado entre as margens, geralmente, bem definidas. A frequência das águas impede o crescimento da vegetação.
Maior	É ocupado pelas águas do rio regularmente e pelo menos uma vez ao ano durante as cheias.
Maior excepcional	É ocupado durante as cheias excepcionais durante as enchentes.

Fonte: Tricart (1966, apud CUNHA, 2013). Organização própria.

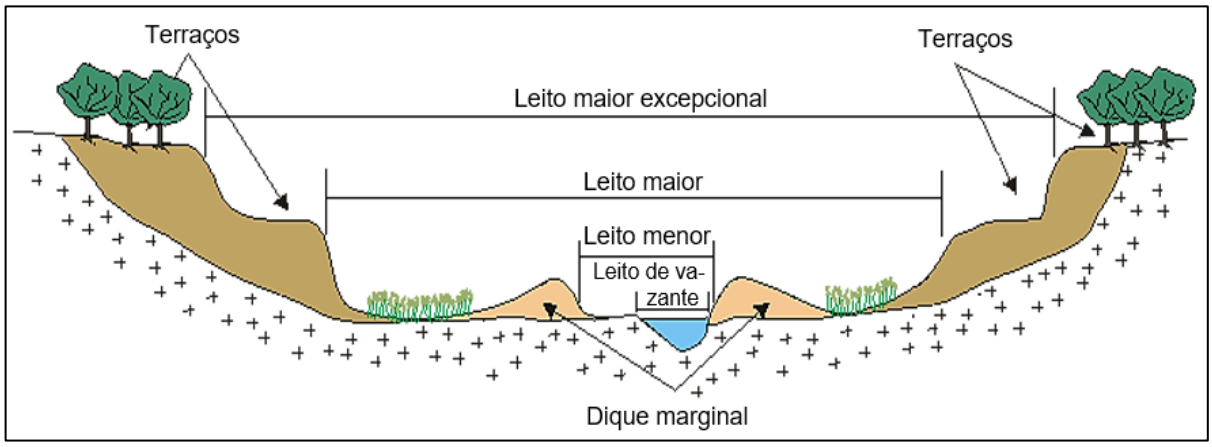


Figura 5. Representação esquemática das tipologias de leitos fluviais conforme Tricart (1966)[4]. Adaptação própria.

Tipologia de canais

Suguio e Bigarella (1990) elucidam que os rios podem possuir variadas formas resultantes do ajustamento do canal à seção transversal, que indica atributos do vale fluvial em diferentes seções (Figura 6) e que são aparentemente controladas pela carga de sedimentos transportada e pelas suas características. Na literatura, existem diversas classificações de canais fluviais.

[4] Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>. Acesso em: 19 abr. 2020.

Schumm (1963[5], apud CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 2013) divide os canais em: meandrante (tortuoso, irregular e regular), transicional e reto, baseado no índice de sinuosidade, que indica a relação entre os comprimentos do talvegue e do vale. Para Dury (1969[6]), citado por Christofoletti (1980, 1981) e Cunha (2013) os canais se dividem em: meandrante, anastomosado, reto, deltaico, ramificado, reticulado e irregular. Chitale (1970[7], apud CHRISTOFOLETTI, 1981; CUNHA, 2013) classifica os canais em únicos (reto, sinuoso, meandrante, tortuoso), múltiplos (ramificado, anastomosado, reticulado, deltaico e labiríntico em trechos rochosos) e transicionais, categoria situada entre as duas anteriores.

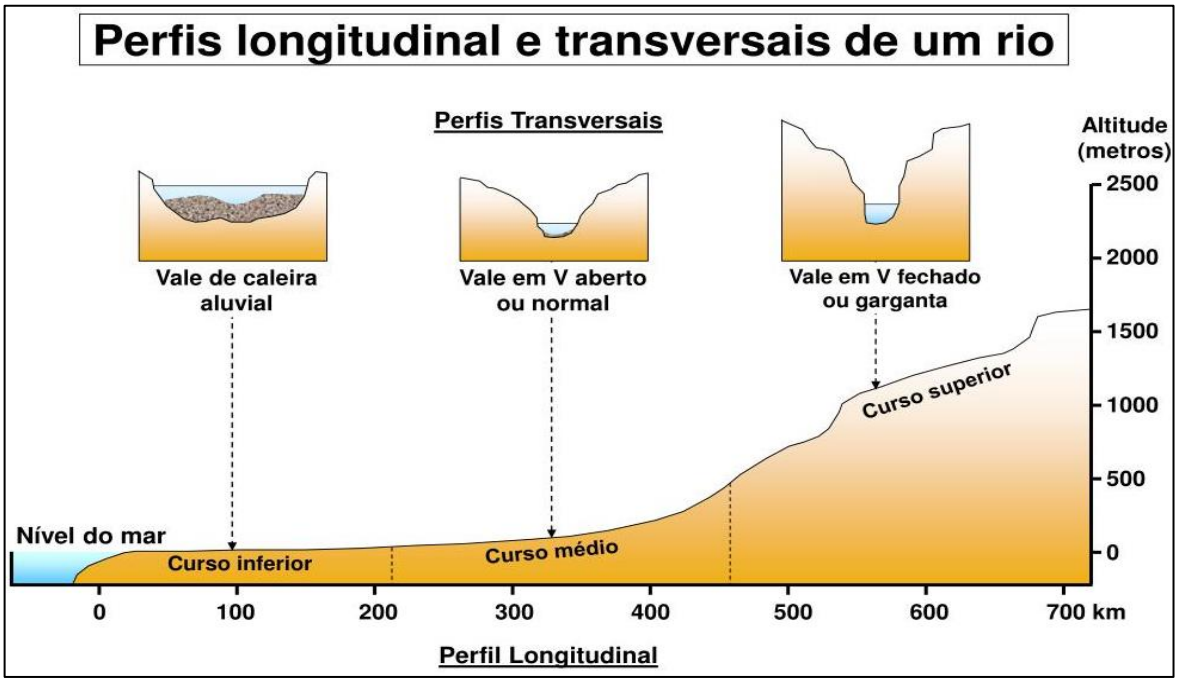


Figura 6. Representação esquemática de perfis transversais e longitudinal de um rio[8].

Comumente, consideram-se três os principais tipos de canais: retilíneos, anastomosados e meandrantes (SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CUNHA, 2013), descritos no Quadro 2 a seguir.

---

[5] SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Geol. Soc. America Bulletin, 74(9): 1089-1100, 1963.
[6] DURY, G. H. Relation of morphometry to runoff frequency. In: Water, Earth and Man (Chorley, R. J., editor). Methuen & Co, London, 419-430, 1969.
[7] 6 CHITALE, S. V. River channel patterns. Journal Hydraulics Division, ASDE, 96(1): 201-221, 1970.
[8] Disponível em: <https://www.slideserve.com/webster/perfis-longitudinal-e-transversais-de-um-rio>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Quadro 2. Principais tipologias de canais fluviais.

Tipologia	Características	Exemplo
Retilíneo	Geralmente, representa trechos ou segmentos de canais curtos que fluem sobre um embasamento rochoso homogêneo, oferecendo igual resistência à ação das águas.	
Anastomosado	Apresenta sucessivas ramificações e posteriores reencontros de seus cursos, separando ilhas assimétricas de barras arenosas. Seu perfil transversal é largo, raso e grosseiramente simétrico, ao passo que seu perfil longitudinal possui concavidades relativamente profundas e ressaltos irregulares.	
Meandrante	Possui alto grau de sinuosidade em suas curvas, que são largas e semelhantes entre si, por meio de um trabalho contínuo de erosão na margem côncava e de deposição na margem convexa. Detém gradientes moderadamente baixos e seções transversais desiguais.	

Fontes: Christofoletti (1980); Cunha (2013); Riccomini, Giannini e Mancini (2003). Organização e adaptação próprias.

Tipologia de drenagem

A drenagem fluvial é formada por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que constituem a bacia de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Essa rede conectada, às palavras de Cunha (2013), é dependente, além do total e do regime das precipitações, das perdas por evapotranspiração e infiltração. Alguns elementos têm papel importante no escoamento canalizado, tais como a topografia, a cobertura vegetal, a litologia, a estrutura das rochas da bacia de drenagem e o tipo de solo.

A classificação dos padrões de drenagem é pautada de acordo com os seguintes critérios: forma do escoamento, gênese e geometria (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO, 2007; CUNHA, 2013; SUGUIO; BIGARELLA, 1990), dispostos nos Quadros 3, 4 e 5 abaixo.

Quadro 3. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com o escoamento.

Critério	Classificação	Características
Escoamento	Exorreica	O escoamento superficial se faz de modo direto até o oceano, isto é, as bacias desembocam diretamente no mar.
	Endorreica	As drenagens são internas e não possuem contato com o mar, desembocando em lagos, dissipando-se em desertos ou perdendo-se em depressões cársicas.
	Arreica	Não apresenta estruturação hidrográfica, encontrando-se em áreas desérticas.
	Criptorreica	As águas correm subterraneamente, em áreas cársicas, podendo surgir em fontes ou reintegrar-se à drenagem superficial.

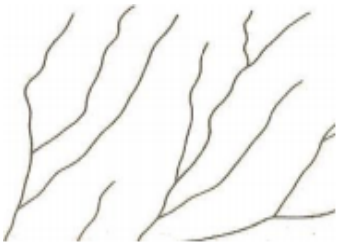
Fontes: Christofoletti (1980); Suguio e Bigarella (1990). Organização própria.

Quadro 4. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com a gênese.

Critério	Classificação	Características
Gênese	Consequente	Determinado pela declividade do terreno, podendo ser paralelo ou retilíneo.
	Subsequente	Controlado pela estrutura rochosa, sempre acompanhando zonas de fraqueza, como falhas.
	Obsequente	Dirige-se em sentido inverso à inclinação das camadas, descendo das escarpas em direção ao rio subsequente, formando um canal de curta extensão.
	Ressequente	Corre na mesma direção dos rios consequentes, nascendo em um nível topográfico mais baixo e desaguando em um rio subsequente.
	Insequente	Flui de acordo com as particularidades da morfologia, em direções variadas, sem nenhuma razão aparente para seguir uma orientação geral preestabelecida.

Fontes: Christofoletti (1980); Cunha (2013); Suguio e Bigarella (1990). Organização própria.

Quadro 5. Classificação dos padrões de drenagem de acordo com a geometria.

Critério	Classificação	Características	Exemplo
Geometria	Dendrítica	Semelhante aos galhos das árvores, desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou rochas estratificadas horizontais.	
	Retangular	Adaptada às condições estruturais e tectônicas que originam confluências em ângulos quase retos.	
	Paralela	Rios pouco ramificados, mantendo espaços regulares entre si. Presente em áreas com declividade acentuada, com falhas paralelas ou lineamento topográficos paralelos.	
	Radial	Apresenta correntes fluviais que se encontram dispostas como raios de uma roda, em relação a um ponto central. É centrífuga quando divergem a partir de um ponto em posição elevada, e centrípeta quando convergem a um ponto em posição elevada.	
	Anelar	Tem padrão formado por anéis concêntricos. Tipicamente encontrada em áreas dômicas profundamente entalhadas em estruturas formadas por camadas moles e duras.	
	Irregular	Ocorre em áreas de levantamento ou sedimentação recentes, nas quais a drenagem ainda não conseguiu de desenvolver.	

Fontes: Christofoletti (1980); Coelho (2007); Cunha (2013); Suguio e Bigarella (1990). Organização e adaptação próprias.

1.3 Atuação antrópica sobre rios e ambientes adjacentes

Embora as relações estabelecidas entre seres humanos e corpos d'água sejam históricas, são nos tempos historicamente mais recentes que as interferências antrópicas nos ambientes fluviais, assim como seus impactos, ganharam maiores proporções e consequências. Com o advento da urbanização e da industrialização e a eventual concentração da população nas cidades emergiram outras necessidades sociais para com os recursos hídricos diferentes daquelas do passado, como a geração de energia elétrica, a expansão de áreas habitáveis nas cidades outrora ocupadas por corpos d'água, o abastecimento de água nas moradias e indústrias e o controle de enchentes e inundações.

Damasco e Cunha (2018) argumentam que na literatura científica é comum encontrar os termos *enchente* e *inundação* como sinônimos e esta generalização pode conduzir a equívocos nas ações que contemplem a gestão territorial e ambiental. De acordo com os autores,

> [...] pela etimologia [...] é possível concluir que o termo *enchente* se refere ao ato de contemplar um vão, tornar repleto, o que, aplicado à geomorfologia fluvial, pode ser interpretado como movimento natural entre cheia e vazante, durante o qual ocorrem picos, quando o nível das águas pode alcançar o leito maior. No que se refere às *inundações*, a definição etimológica traz a noção de alagamento, submersão sob a forma de onda, o que se aplica aos eventos urbanos nos quais as águas dos rios avançam pela planície fluvial, alagando ruas, casas e prédios, tenso a água que ser escoada pelos sistemas de drenagem urbana (DAMASCO; CUNHA, 2018, p. 365).

Em outras palavras, enquanto *enchente* se refere ao aumento temporário do canal fluvial sem extravasamento, onde ele atinge a sua cota máxima de vazão, *inundação* diz respeito ao transbordamento do canal fluvial, atingindo áreas marginais (Figura 7). Para Botelho (2011) esses fenômenos são controlados pelo volume e distribuição das águas das chuvas, substrato geológico, tipo e densidade da cobertura vegetal, pelas cobertura pedológica, características do relevo e geometria do canal fluvial e, ademais, são um dos maiores empecilhos enfrentados pelas cidades brasileiras pois, além de prejuízos financeiros e a perda de vidas humanas, eles também causam efeitos direitos, como afogamentos e indiretos, como doenças infecciosas em decorrência do contato com a água contaminada.

Figura 7. Ilustração explicativa sobre a diferença entre enchente, inundação e alagamento[9].

Botelho (2011) afirma que a ocorrência de inundações associadas a prejuízos econômicos e perdas humanas é um dos maiores problemas enfrentados nas cidades brasileiras e que, nas áreas urbanas, o sistema hidrológico apresenta características específicas de áreas não urbanas, como a ocupação intensa e desprovida de preocupações ambientais e a inadequação do sistema de drenagem.

Tucci (2008) pondera que existem dois tipos de inundações. As de áreas ribeirinhas possuem dinâmica natural e ocorrem no leito maior dos rios em razão da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia, cujos impactos ocorrem quando essa área de risco é ocupada pela população (Figura 8). As em razão da urbanização ocorrem na drenagem urbana em decorrência do efeito da impermeabilização do solo, canalização ou obstruções ao escoamento.

[9] Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>. Acesso em: 29 abr. 2020.

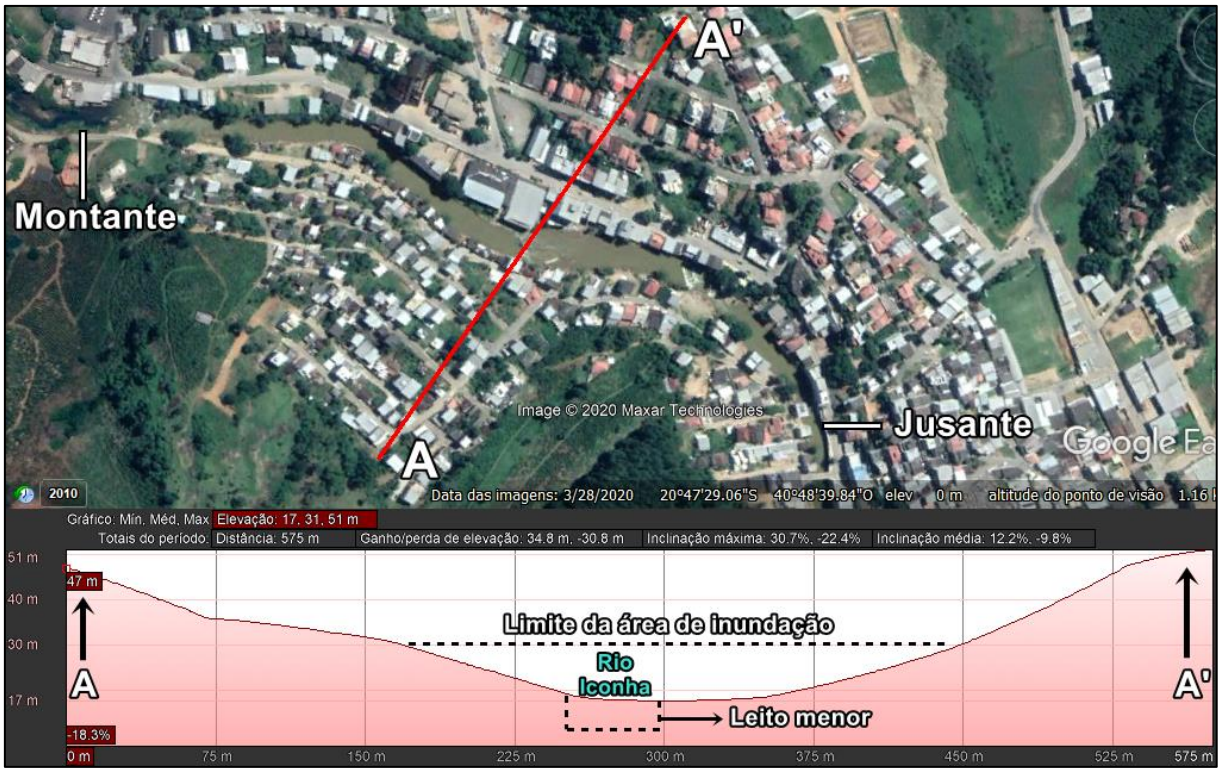


Figura 8. Esquema representando a seção transversal A-A' em um trecho urbano do rio Iconha na sede municipal do município homônimo e seus níveis de inundação, utilizando o *Google Earth Pro* e com base em Tucci (2008). Elaboração própria.

Um outro termo que é comumente empregado nestas situações é *enxurrada*, que possui significado também distinto. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2016) define o termo como o fenômeno caracterizado "[...] pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial [...]. Provocado por chuvas intensas [...], normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado".

De acordo com Gregory (2006), apesar do ser humano ter exercido mudanças nos canais fluviais por mais de 4000 mil anos, foi apenas a partir de 1956 que esta temática foi amplamente abordada em investigações científicas explícitas. O autor complementa que desde então muitas respostas para uma série de perguntas foram obtidas, incluindo quais mudanças ocorrem nos rios em resposta às ações antrópicas e como elas ocorrem. Em contrapartida, outras questões, especialmente sobre quando, onde e por que elas acontecem são mais difíceis de esclarecer.

Em um cenário internacional, Gregory (2006), citando outros autores, ilustra exemplos de impactos humanos que conduzem à mudanças em canais fluviais (Quadro 6).

Quadro 6. Exemplos estrangeiros de impactos antrópicos em rios.

Tipo de impacto	Exemplo	Fonte
Barragem	A Austrália possui 447 grandes barragens e milhares de barragens situadas em fazendas que alteram o fluxo de rios.	Schofield et al. (2000)[10]
Canalização	Nos Estados Unidos, 26.550 km de grandes obras em rios representam uma densidade de canalização de 0.03 km/km²; na Inglaterra e no País de Gales, 8.504 km de grandes obras em rios representam uma densidade de canalização de 0.06 km/km².	Leopold (1977)[11], Brookes, Gregory e Dawson (1983)[12]
Modificação de canal	Uma média de <10% do comprimento dos rios alpinos está em um estado seminatural. Na Alemanha, essa porcentagem é de 2.5%; na Suíça, de 4.9%; na Itália, de 9%; e na França, é de 18%.	Ward et al. (1999)[13]
Desvio de rios	No final do século XIII, foi construído o grande canal de 1.780 km ligando Pequim a Hangzhou, na China, para conectar cinco bacias de drenagem e transferir água do rio Yangtzé para a planície do norte da China.	Li, Liu e Mou (2000)[14]
Captação de água	Aproximadamente 11% da água doce superficial nos Estados Unidos e no Canadá é captada para uso humano.	Karr, Allan e Benke (2000)[15]

Fonte: Gregory (2006). Organização, adaptação e tradução próprias.

[10] SCHOFIELD, N.J. et al. 2000. River conservation in Australia and New Zealand. In: BOON, P.J., DAVIES, B.R., PETTS, G.E. (Eds.), Global Perspectives on River Conservation. Science, Policy and Practice. Wiley, Chichester, 311-333, 2000.
[11] LEOPOLD, L. B. A reverence for rivers. Geology 5, 429-430, 1977.
[12] BROOKES, A., GREGORY, K.J., DAWSON, F.H. An assessment of river channelization in England and Wales. Science of the Total Environment 27, 97–111, 1983.
[13] WARD, J.V. et al. A reference river system for the Alps: The Fiume Tagliamento. Regulated Rivers: Research and Management 15, 63–75, 1999.
[14] LI, L., LIU, C., MOU, H. River conservation in central and eastern Asia. In: BOON, P.J., DAVIES, B.R., PETS, G.E. (Eds.), Global Perspectives on River Conservation. Science, Policy and Practice. Wiley, Chichester, 263–279, 2000.
[15] KARR, J.R., ALLAN, J.D., BENKE, A.C. River conservation in the United States and Canada. In: BOON, P.J., DAVIES, B.R., PETTS, G.E. (Eds.), Global Perspectives on River Conservation. Science, Policy and Practice. Wiley, Chichester, 3–39, 2000.

O conceito de degradação aqui empregado é compreendido como sinônimo de “degradação da qualidade ambiental”, conforme previsto na Lei Federal nº 6.938/81 que a define como “a alteração adversa das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981). Sánchez (2013) aponta que a degradação diz respeito a qualquer estado de mudança de um ambiente e a qualquer tipo de ambiente, incluindo o construído. O referido autor conceitua a degradação ambiental enquanto “[...] qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, [...] corresponde a um impacto ambiental negativo” (SÁNCHEZ, 2013, p. 27), desencadeada por ações antrópicas.

Botelho (2011) discorre que, a nível nacional, as primeiras interferências humanas nos recursos hídricos parecem datar do século XVII, na cidade do Rio de Janeiro. Existem registros de protestos de padres franciscanos, no ano de 1641, reivindicando solução para o mau cheiro da Lagoa Santo Antônio. A Câmara acatou o protesto e aumentou a vala de sangramento da lagoa, fato considerado como uma das primeiras obras de saneamento da cidade. Anos depois, a lagoa foi aterrada, cujas obras iniciaram em 1723, no mesmo ano em que foi inaugurado o Chafariz da Carioca, o primeiro do tipo público da cidade e que representou uma grande conquista para a época, uma vez que a captação de água potável sempre foi um empecilho enfrentado pelos colonizadores (PIMENTEL, 2017).

Ainda na capital fluminense, as primeiras obras de retificação e canalização fluvial estão associadas ao Plano de Melhoramento da Cidade do Rio de Janeiro, elaborado entre 1875 e 1876. Além das obras de drenagem urbana, foram sugeridas outras, como de salubridade, saneamento, abertura e alargamento de ruas. Tais obras alterariam drasticamente não só a arquitetura urbana da cidade, como também o funcionamento dos seus sistemas hídricos (BOTELHO, 2011).

A nível estadual, diversos autores, sob uma perspectiva geográfica, se debruçaram sobre o estudo de variadas interferências antrópicas em rios e ambientes associados, como as planícies de inundação. Na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), há os exemplos dos trabalhos de Deina (2013) no baixo curso do rio Jucu, em Vila Velha; Passos (2015) no córrego Jucutuquara, em Vitória; Sartório (2015, 2018) no rio Marinho e nos canais Bigossi e da Costa, em Vila Velha; Ramos (2018) no rio Jacaraípe, na Serra; e Santos (2019) no canal da Passagem, em Vitória. No interior do estado, podem-se citar os trabalhos de Coelho (2015) na planície de inundação

do rio Itabapoana, majoritariamente em Presidente Kennedy; Dallapicola (2015), Gil (2017), Coelho (2019) e Croce (2020), ambos no rio Doce em diferentes trechos no Espírito Santo; Penna (2017) no rio Itapemirim, em Cachoeiro de Itapemirim; e Pinheiro, Vale e Coelho (2017) na porção capixaba da bacia do rio São Mateus, notadamente em São Mateus e em Conceição da Barra.

As mudanças fluviais induzidas por ação antrópica se dividem em dois grupos: as diretas e as indiretas (PARK, 1981[16]; KNIGHTON, 1984[17], apud CUNHA, 2013; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). O primeiro grupo refere-se às mudanças ocorridas diretamente no canal fluvial com o intuito de controlar as vazões ou para a morfologia do canal forçada pelas obras estruturais, com o objetivo de estabilizar as margens, diminuir os efeitos de enchentes, inundações, erosão ou deposição de material, retificar o canal e remover cascalhos. Tais obras mudam, dentre outros aspectos, a seção transversal, o perfil longitudinal do rio e o padrão do canal.

Já o segundo grupo diz respeito às mudanças fluviais indiretas resultantes da ação humana que são realizadas fora da área dos canais, porém modificam o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Dentre essas atividades, que se prolongam por toda a bacia de drenagem, estão aquelas relacionadas à mudanças no uso e cobertura da terra, como desmatamento, emprego de práticas agrícolas inapropriadas e urbanização. O Quadro 7 a seguir sistematiza os principais impactos hidrofísicos na bacia de drenagem desencadeados por ação antrópica.

Quadro 7. Impactos hidrofísicos e mudanças na bacia de drenagem provocados por ação antrópica.

(continua)

Natureza do impacto/mudança	Tipo de intervenção	Finalidade da intervenção
Direta	Regulação de fluxo	Estocagem de água por reservatórios e transferência de fluxo.

[16] PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. In: Physical Geography, 5(1),1-31, 1981.
[17] KNIGHTON, A. D. Fluvial forms and processes. Edward Arnold, 218p, 1984.

(conclusão)

Natureza do impacto/mudança	Tipo de intervenção	Finalidade da intervenção
Direta	Canalização, dragagem do canal, remobilização de sedimentos da planície aluvial	Estabilização de bancos e diques, retificação de canal, irrigação, transposição de bacias, implementação de vias navegáveis e mineração.
Indireta	Uso e ocupação na bacia	Desmatamento, práticas agrícolas, construções, urbanização e mineração.
Indireta	Alteração na rede de drenagem	Sistema de irrigação, sistema de galerias pluviais e estradas.

Fonte: Stevaux e Latrubesse (2017). Organização própria.

1.3.1 Canalização e retificação

Dentre os variados exemplos de alterações diretas, está a canalização, que corresponde à principal alteração executada nos cursos d'água. Esta obra de engenharia, de acordo com Cunha (2013), altera diretamente a calha fluvial, gerando consideráveis impactos também na planície de inundação. Embora esta obra, segundo Stevaux e Latrubesse (2017) seja amplamente empregada no controle de enchentes e inundações, saneamento, controle de erosão e na irrigação, navegação e mineração, Cunha (2013) alerta que, em contrapartida, as obras de canalização realizadas nas últimas décadas, especialmente a retificação, têm-se mostrado pouco eficazes para mitigar os problemas ligados às inundações. Ademais, o emprego de qualquer processo de canalização exige permanente manutenção da capacidade do canal.

Esta complexa obra possui vários métodos empregados, sumarizados no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8. Métodos de canalização de rios.

Método	Descrição	Uso
Retificação	Encurtamento do canal por retificação dos meandros visando ao aumento do gradiente e, consequentemente, da velocidade.	Controle de enchente e navegação.
Reconfiguração da seção transversal	Alargamento e/ou aprofundamento do canal visando ao aumento da vazão nas enchentes.	Controle de enchente.
Construção de diques	Aumento artificial da altura dos diques naturais para o confinamento de água.	Controle de enchente, aumento de volume de água estocada (barragens).
Proteção das margens	Uso de gabiões[18] ou outras estruturas para controlar a erosão marginal.	Controle de erosão e restrição à migração do canal.
Limpeza	Retirada da vegetação, de blocos de rocha, do lixo urbano e de outras obstruções do canal visando ao aumento da velocidade de fluxo.	Controle de enchente e saneamento.
Dragagem	Remoção de sedimento do leito.	Navegação, mineração e controle de cheia.
Transferência de fluxo	Transposição de bacias e canais de derivação.	Irrigação e controle de enchente.
Tamponamento[19]	Criação de galerias ou tubulações subterrâneas por onde corre o rio, que fica “coberto” visto da superfície.	Ampliação de vias urbanas.

Fonte: Stevaux e Latrubesse (2017). Organização e adaptação próprias.

A nível de bacia de drenagem, uma das primeiras bacias brasileiras que teve seus rios retificados foi a do rio Tietê, em São Paulo (BOTELHO, 2011). Em 1849, foi concluída a retificação do rio Tamanduateí, afluente do Tietê, visando controlar as enchentes. A despeito das obras no Tietê, Pessoa (2019) argumenta que a retificação dos rios (Figura 9) era considerada a melhor opção para solucionar os problemas trazidos pelas inundações e pela insalubridade das várzeas, opção esta que favorecia amplamente a Light, antiga companhia de distribuição de energia elétrica e transporte público por bondes que, com isto, tinha um alto retorno no seu investimento.

[18] Um gabião corresponde a uma rede de arame ou aço que normalmente sustenta uma quantidade de seixos e que é utilizado para estabilizar taludes e proteger o curso d’água contra a erosão fluvial (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).
[19] Adicionado pelo autor.

Figura 9. Trecho parcialmente retificado do rio Tietê na capital paulista, em 1970[20].

Com o avanço das obras, as várzeas dos rios foram suprimidas com a instalação de residências, indústrias e vias de circulação (Figura 10). Pessoa (2019, p. 10) expõe que

> as várzeas dos rios, agora supostamente livres das enchentes, eram possibilidades de ligações de leste e oeste de São Paulo – no caso da várzea do Tietê – e de norte e sul – no caso da várzea do Pinheiros. Os rios, que até então eram considerados um estorvo por quem tomava as decisões do desenho da cidade, serviriam para implantar o sistema viário, conectando os extremos do município de São Paulo. As vias foram implantadas muito próximas dos canais, sem deixar áreas livres que pudessem ser usadas como áreas de usufruto dos rios [...]. Assim, os rios ficaram confinados entre avenidas expressas, sem qualquer condição de utilização pela população para usos mais nobres como há menos de 100 anos parecia ser sua vocação: a prática de esportes, a pesca, o lazer.

[20] Disponível em: <http://jornadadopatrimonio.prefeitura.sp.gov.br/abertura_2020/index.php/norte-1-anhanguera-perus-jaragua-pirituba-sao-domingos-e-jaguara/>. Acesso em: 10 maio 2020.

Figura 10. Trecho retificado do rio Tietê na capital paulista juntamente com a Marginal Tietê, a principal via expressa da cidade, em 2018[21].

Ao retificar o trecho do baixo curso de um rio, Botelho (2011) alerta que é necessário considerar que o rio como um tudo será afetado. Os processos erosivos e de transporte que caracterizam o alto e o médio curso dos rios são intensificados, já que, nesse caso, a maior velocidade das águas imprimida a jusante repercute sobre os trechos a montante, tratando-se de um único sistema. Com a maior erosão, aumenta o suprimento de sedimentos transportados e depositados a jusante, diminuindo o gradiente (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017) e a área da seção transversal do canal. O trecho canalizado tende a ser assoreado ao longo do tempo, especialmente se as margens no alto e médio cursos forem desprovidas de mata ciliar, uma vez que desbarrancamentos das margens são comuns quando da ausência dessa cobertura vegetal.

[21] Disponível em: <https://plamurbblog.wordpress.com/2018/04/13/aumento-das-velocidades-nas-marginais-um-ano-depois/>. Acesso em: 10 maio 2020.

1.3.2 Urbanização

Guerra e Marçal (2006) defendem que as formas pelas quais os seres humanos manejam os rios e suas bacias de drenagem ocorrem tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. Todavia, nas regiões tropicais, onde se localizam predominantemente o segundo grupo de países, o crescimento de áreas urbanas de maneira predatória em relação aos ambientes naturais torna a manutenção deles complexa (CUNHA, 2008). A autora aponta que a ausência da visão de conjunto é uma das complexidades identificadas, onde as pesquisas realizadas sob o enfoque das bacias de drenagem, enquanto sistemas que integram a dinâmica natural e social na sua produção, podem fornecer importantes informações aos administradores e planejadores.

O intenso processo de urbanização no Brasil, que se deu principalmente a partir da década de 1950, devido ao êxodo rural e aos deslocamentos intraurbanos, representou significativa pressão sobre as áreas urbanas, em especial sobre as metrópoles. Se, em 1950, a população residente nas áreas urbanas representava 36% da população brasileira, em 2000 esse número saltou para 81% (GORSKI, 2010) e, em 2015, para quase 85% (PNAD, 2015). A autora complementa que a concentração populacional nas áreas urbanas ao longo da segunda metade do século XX, que aconteceu juntamente com a criação de um cenário carente de investimentos em planejamento e infraestrutura, provocou a perda da qualidade de vida urbana que, quanto aos padrões ambientais, culminou em água, ar, solo e vegetação impactados e deteriorados.

Os sistemas hidrológicos em áreas urbanizadas se distinguem daqueles situados em áreas não urbanizadas por conta da influência dos fatores antrópicos na ocupação intensa e na inadequação do sistema de drenagem urbana (BOTELHO, 2011). Costa (2006) constata que, no Brasil, as margens dos rios têm sido ocupadas por habitações informais ou irregulares e suas águas transformadas em verdadeiros coletores de lixo e de esgoto doméstico e industrial. Além dos embates travados entre cidades e rios, como no caso das inundações periódicas, os conflitos entre os processos de urbanização e fluviais, de acordo com a referida autora, alteram a drasticamente a estrutura ambiental dos rios e, em casos extremos, eles somem completamente na paisagem urbana (Figura 11).

Figura 11. Trechos da Avenida Leitão da Silva, em Vitória, antes (A) e depois (B) das obras ocorridas na via que duraram de 2014 a 2019[22]. As intervenções no local incluíram, dentre outras coisas, a ampliação das faixas de circulação de veículos, a construção de uma ciclovia e o tamponamento do canal da avenida que, agora, corre por debaixo dela.

Nas áreas urbanas observa-se uma piora qualitativa das águas em virtude da poluição hídrica, uma vez que a água, na bacia de drenagem, é o receptor e destino final de diferentes materiais que circulam nela. No contexto urbano, os resíduos industriais, o lixo e o esgoto doméstico comprometem a utilização da água e exigem maiores gastos para tratamento (BOTELHO, 2011). A autora ainda discorre que as fontes de poluição hídrica podem ser pontuais ou difusas.

> As fontes pontuais referem-se aos lançamentos diretos nos corpos d'água de esgotos domésticos ou rejeitos industriais, que podem ser facilmente identificados e, por isso, mais fáceis de serem fiscalizados e combatidos. As fontes difusas dizem respeito aos materiais que podem atingir os corpos d'água ao longo de toda a sua margem, conduzidas pelo escoamento superficial, como no caso de chuvas torrenciais, que, em função da baixa infiltração nas áreas urbanas, ocasionam fortes enxurradas que arrastam consigo sedimentos, lixo, esgoto não canalizado etc. para o interior dos corpos d'água (BOTELHO, 2011, p. 87).

[22] A) Disponível em: <https://m.vitoria.es.gov.br/cidade/projetos-transito>. Acesso em: 15 maio 2020.
B) Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/gv/governo-promete-entregar-obra-da-leitao-da-silva-neste-domingo-1119>. Acesso em: 15 maio 2020.

Damasco e Cunha (2018) sugerem que os rios, pela sua função excretora, são elementos sensíveis e os mais impactados pelas ações humanas. Nas áreas urbanas, com a intensa impermeabilização do solo em decorrência do asfalto e do concreto, o quadro de degradação dos ambientes fluviais se agrava e gera eventos extremos de inundação que causam prejuízos severos à população (Figura 12).

Figura 12. Inundação de dezembro de 2013 no bairro Pontal das Garças, em Vila Velha, situado no baixo curso da bacia de drenagem do rio Jucu[23].

Para os referidos autores, as intervenções estruturais que são realizadas para mitigar os efeitos desses eventos promovem, no entanto, o redirecionamento dos fluxos superficiais, criando novos padrões de drenagem. As intervenções, no geral, não facilitam a infiltração da água no solo, o que gera leitos pluviais nas ruas nos eventos de grande precipitação.

Stevaux e Latrubesse (2017) esclarecem que, de modo geral, a urbanização culmina nos seguintes efeitos: ampliação as áreas de impermeabilização, redução da cobertura vegetal e, consequentemente, do volume de interceptação, elevação da

[23] Disponível em: <http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2013/12/chuva-diminui-mas-bairros-seguem-alagados-em-vila-velha-es.html>. Acesso em: 15 maio 2020.

eficiência do escoamento superficial por meio da rede de galerias pluviais e diminuição acentuada da disponibilidade de sedimentos hidrotransportados.

Tucci (2003) disserta que que os impactos da inundação ocorrem quando a população ocupa o leito maior dos rios, que são as áreas sujeitas à ocorrência do fenômeno. Dentre os frequentes impactos para a sociedade causados por esta ocupação, estão prejuízos de perdas materiais e humanas; interrupção de atividades econômicas praticadas nas áreas inundadas; contaminação por doenças de veiculação hídrica; e contaminação da água pela inundação de depósitos de materiais tóxicos.

Para o mesmo autor, à medida que a urbanização se expande, são gerados impactos na dinâmica fluvial e na qualidade das águas, tais como: aumento das vazões máximas e da sua frequência por conta do aumento da capacidade de escoamento por meio de condutos e canais e impermeabilização das superfícies (Figura 13); aumento da produção de sedimentos em decorrência da desproteção das superfícies e produção de resíduos sólidos; deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea devido à contaminação de aquíferos, lavagem das ruas, às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e ao transporte de material sólido; e obstrução do escoamento superficial com a construção de pontes e taludes de estradas (TUCCI, 2003).

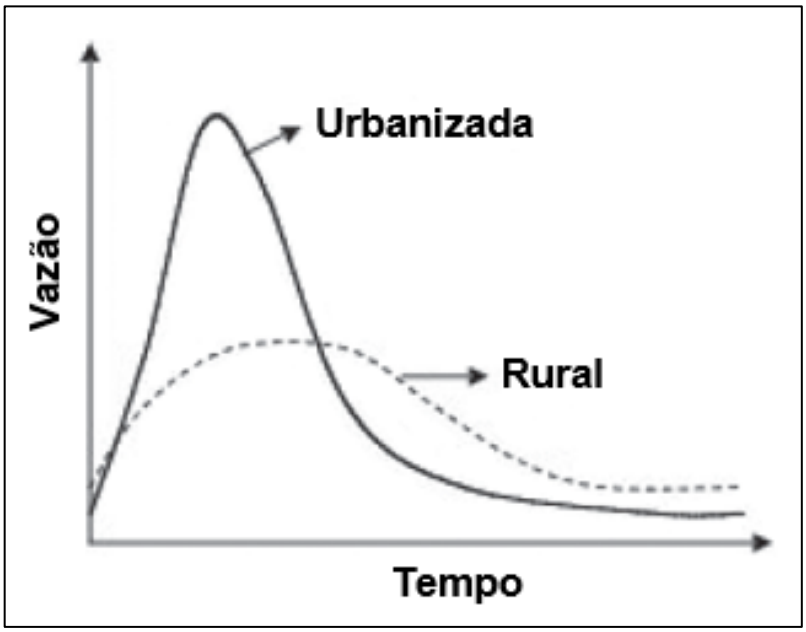


Figura 13. Hidrograma em uma bacia rural e urbana. Fonte: Tucci (2008). Adaptação própria.

Por sua vez, Cunha (2008) argumenta que a urbanização em bacias de drenagem desencadeia mudanças no comportamento dos canais em função de três mudanças: i) hidrológicas, com a intensidade de alteração variando conforme o crescimento populacional e o grau de urbanização e com o aumento dos picos de vazão com efeitos de inundações; ii) sedimentológicas, com a inserção de novas fontes de materiais e de transporte de sedimentos que podem culminar e agravar processos de assoreamento; e iii) morfológicas, com alterações nos processos fluviais de erosão, transporte e deposição, com mudanças na forma e no tamanho da seção transversal, da capacidade e das condições do fundo do leito do canal.

1.4 Os Protocolos de Avaliação Rápida: histórico, aplicabilidade e vantagens

Os Protocolos de Avaliação Rápida de rios são mecanismos que auxiliam no monitoramento ambiental preliminar destes e demais ambientes adjacentes por meio de indicadores visuais, onde se mesclam parâmetros qualitativos e quantitativos na avaliação a ser feita e no seu posterior resultado final. Como argumenta Rodrigues (2008, p. 37), são ferramentas que podem ser utilizadas “para caracterizar o rio qualitativamente, ou seja, para estabelecer uma pontuação para o estado em que o ambiente se encontra”.

Em relação ao histórico dos PARs, Bizzo, Menezes e Andrade (2014) elucidam que sua origem é estadunidense. Naquele país, até a década de 1970, o monitoramento ambiental pautava-se em análises meramente quantitativas. Tal fato só mudaria uma década depois, onde métodos qualitativos de avaliação foram estabelecidos por órgãos ambientais a fim de contornar o alto caráter oneroso e a demora das pesquisas quantitativas. Em 1986 foram realizados estudos sobre a qualidade hídrica pela *EPA (Environmental Protection Agency)* e as agências de monitoramento de águas superficiais que resultou, um ano depois, no relatório intitulado “*Surface Water Monitoring: A Framework for Change*”, estabelecendo a reestruturação dos métodos de monitoramento e diminuindo o custo das pesquisas. A ideia dos PARs surge a partir dos estudos realizados para a elaboração deste relatório (RODRIGUES, 2008).

Ainda conforme Rodrigues (2008), em 1989 foi publicado um documento escrito por Plafkin et al. (1989)[24] que culminou na criação dos primeiros protocolos, o "*Rapid Bioassessment Protocols*" (*RBPs*), que foram adequados para fornecer dados básicos a respeito da vida aquática, para fins de qualidade da água e gerenciamento de recursos hídricos, em resposta às recomendações do relatório da EPA. No Brasil, o emprego dos PARs, segundo Bizzo, Menezes e Andrade (2014), ainda está muito restrito à pesquisas acadêmicas em cursos superiores.

Callisto et al. (2002) afirmam que estudos que versam sobre a avaliação rápida da qualidade de *habitats* vêm se desenvolvendo com o objetivo de obter uma descrição qualitativa e geral dos atributos a serem observados empiricamente, pontuados ao longo de um gradiente que varia de "ótimo" a "pobre" e pautados em indicadores visuais. Logo, são definidos previamente parâmetros de naturezas diversas, como física, química e biológica para, *in situ*, ser realizada a caracterização atrelada à pontuação para o estado em que o ambiente se encontra, sendo que as notas mais altas refletem um bom estado de conservação e as mais baixas um estado de degradação.

Em virtude do aumento dos vários impactos de natureza antrópica exercidos em ambientes fluviais, dentro do contexto das bacias de drenagem, resultando na deterioração e piora do quadro ambiental desses ambientes, estudos que adotam estas ferramentas como parte da opção metodológica têm se tornado cada vez mais frequentes, sobretudo por biólogos, mais preocupados com os elementos bióticos da micro e macro fauna e flora observados na análise e como estes se conectam ou não com as interferências do ser humano no ambiente, e geógrafos, com uma maior preocupação com as inter-relações mais amplas entre os elementos antrópicos e fisiográficos do setor estudado.

Em seu trabalho sobre a sub-bacia do Rio Pardinho (RS), Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011) aplicaram um modelo de PAR que relevou a eficiência de sua utilização para uma avaliação breve dos impactos ambientais ocorrentes na bacia. Os autores também destacaram a necessidade de se adaptar o PAR para o contexto geográfico

[24] PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, S. M. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. Washington, EPA 440-4-89-001.

local da sua aplicação, ação que, se não for realizada, pode apresentar resultados incoerentes com a realidade.

Por sua vez, Guimarães, Rodrigues e Malafaia (2012) propuseram a adequação de um PAR a ser aplicado por discentes de escolas públicas de ensino fundamental de Ipanemi (GO), aos quais foi ofertada uma oficina de monitoramento antes da avaliação empírica feita pelos estudantes. Para o melhor entendimento por parte dos alunos, o trio de autores adequou a linguagem técnica empregada e inseriu figuras didáticas nos parâmetros utilizados, concluindo que esta ferramenta é extremamente útil em programas e ações de educação ambiental.

No trabalho de Radtke (2015) houve a adequação de um PAR que foi aplicado em distintos pontos do arroio Laranjeiras, no município de Candelária (RS), com a participação de dez voluntários que passaram por uma capacitação teórica e prática prévia. A autora concluiu que o modelo de PAR aplicado foi uma importante ferramenta para estimular a participação social no monitoramento da qualidade ambiental do curso d'água estudado, podendo auxiliar no fortalecimento da sua adequada gestão.

Bersot, Menezes e Andrade (2015) aplicaram um modelo de PAR em diferentes pontos inseridos na bacia de drenagem do rio Imbé, no estado do Rio de Janeiro, onde salientaram o baixo custo e a sua facilidade de sua aplicação, a possibilidade de se fazer uma análise preliminar geral da área de estudo e de inserir a população no monitoramento dos corpos d'água. Ademais, os autores destacam que existem poucos trabalhos sobre a bacia, que merece ser mais estudada.

Oliveira e Nunes (2015) realizaram um estudo aplicando um modelo de PAR no rio Pequeno, no município de Linhares (ES), que conecta a lagoa Juparanã ao rio Doce, sendo o principal manancial que abastece o município. Os resultados obtidos pelos autores mostram que o PAR aplicado revelou os intensos impactos oriundos do uso e cobertura da terra que acometem o rio Pequeno e que repercutem negativamente na qualidade ambiental e da água, sendo necessária a adoção de medidas que minimizem tal situação.

Em outro contexto capixaba, Ramos et al. (2017) propõem a adequação de um modelo de PAR que foi empregado em diferentes ambientes inseridos na bacia de drenagem do rio Jacuném, Serra (ES), que se mostrou, para uma avaliação primária, uma

metodologia significativa. Também sugerem a aplicação do mesmo PAR em um sistema hídrico maior, havendo mais pontos de coleta e difundir a sua prática, gerando comparações, conclusões e análises espaciais mais amplas.

Desta forma, dentre as vantagens da utilização de PARs neste tipo de estudo, podem-se destacar:

- Sua aplicação é rápida e ágil;
- Podem ser aplicados, com as devidas adaptações, em diferentes realidades locais, considerando o arcabouço fisiográfico (clima, geologia, geomorfologia, hidrografia, vegetação, solos) e social (existência e dimensão de usos e cobertura da terra de natureza antropogênica);
- São menos onerosos que as tradicionais estações de monitoramento, cujas instalação e manutenção são mais complexas e requerem maiores gastos financeiros;
- Dependendo da linguagem e dos termos utilizados, podem ser aplicados por não especialistas, incluindo estudantes da educação básica, contribuindo, neste último caso, para a promoção da educação ambiental nas escolas;
- Instiga e valoriza a participação popular no monitoramento ambiental de corpos hídricos, promovendo a conscientização para o tema;
- São úteis em áreas desprovidas de corpo técnico capacitado e qualificado para realizar o monitoramento ambiental de cursos d'água;
- Permitem um prognóstico inicial, rápido e integrado do corpo hídrico, reunindo aspectos socioambientais na aferição da sua qualidade ambiental.

Como salientam Rosa e Magalhães Junior (2019), os PARs não são documentos rígidos e conclusivos, podendo ser adaptados de acordo com as especificidades locais, como clima, geologia, geomorfologia, solo e uso e cobertura da terra. Outro ponto a se considerar é a rapidez e a facilidade de sua aplicação, não sendo necessário treinamentos demasiadamente sistemáticos aos seus aplicadores ou mesmo a presença de especialistas.

A intrínseca subjetividade é uma característica marcante nos PARs, uma vez que as pontuações são estabelecidas a partir da observação de quem o aplica, já que seus conhecimentos e capacidade de percepção são levados em consideração e, por vezes, é considerada até mesmo um aspecto negativo (RADTKE, 2015; ROSA, 2017).

Dessa forma, o caráter de ferramenta de diagnóstico rápido da qualidade ambiental de sistemas fluviais (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012) deve ser salientado, sendo necessária a realização de estudos mais aprofundados e sistemáticos que resultem em informações mais consolidadas. De modo a amenizar essa situação, pode-se oferecer treinamento/capacitação, acompanhamento parcial e suporte de avaliadores com mais experiência (RODRIGUES, 2008).

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

O capítulo versa sobre os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, sumarizados no fluxograma metodológico abaixo (Figura 14).

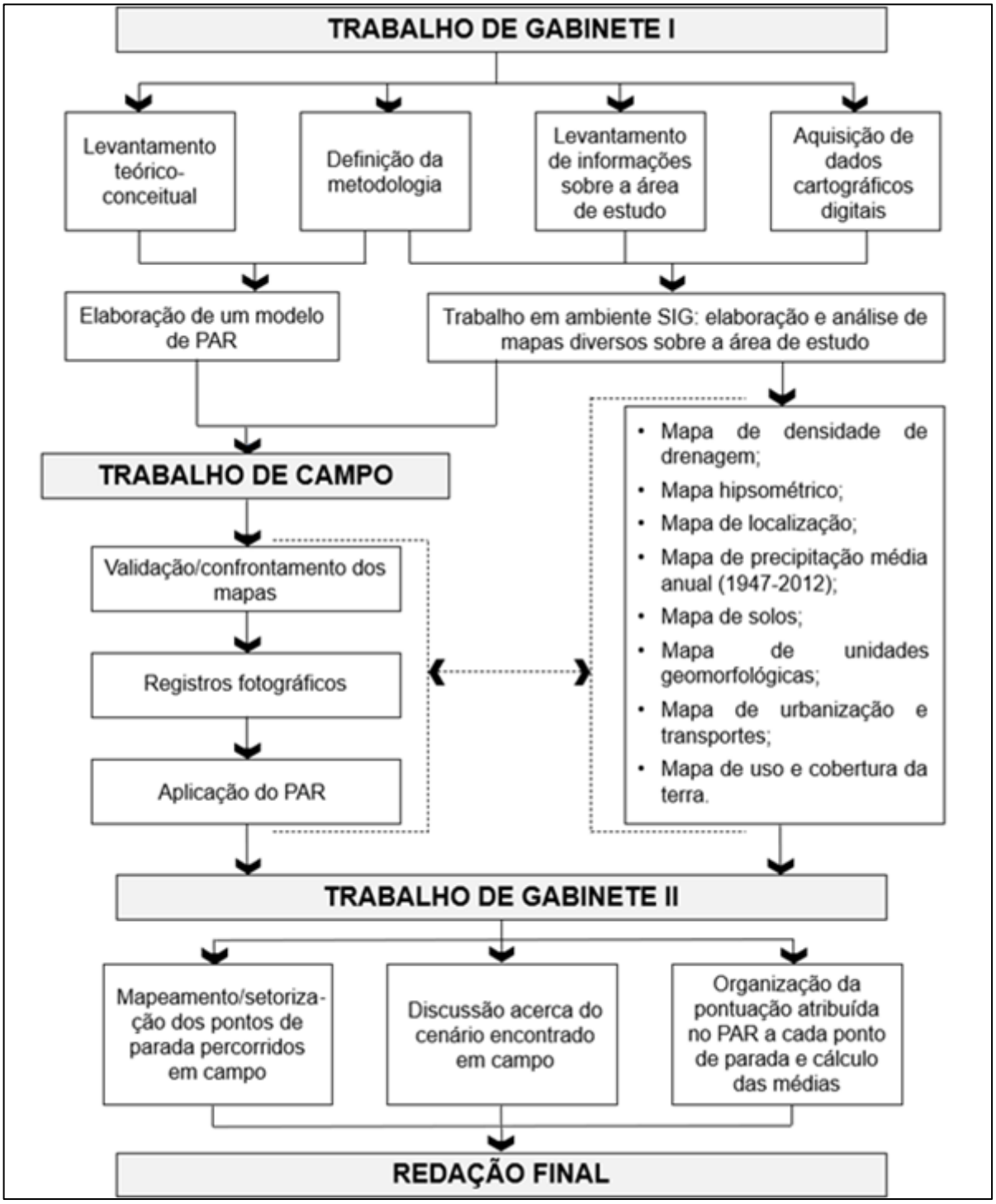


Figura 14. Fluxograma metodológico. Elaboração própria

Trabalho de Gabinete I

A etapa foi iniciada com o levantamento bibliográfico teórico-conceitual acerca das temáticas principais discutidas na pesquisa, como interferências antrópicas em ambientes fluviais e suas repercussões, bacias de drenagem, geomorfologia fluvial e os Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) e as potencialidades da sua utilização no monitoramento e avaliação do quadro ambiental de ambientes fluviais.

Para tanto, foram consultados materiais diversos: artigos publicados em periódicos e anais de eventos, reportagens de jornais em meio *online*, livros, monografias, dissertações e teses. Com a seleção e reunião dos materiais, foi possível definir uma base teórico-conceitual capaz de nortear as temáticas supracitadas e as demais, bem como os futuros resultados, fazendo-se necessário, entretanto, atualizá-la ao longo de todo o processo da pesquisa.

Posteriormente, foram levantadas informações acerca da BDRN, palco deste trabalho. Aqui, foram definidas as características da bacia (fisiográficas e socioeconômicas) a serem discutidas e especializadas em mapas diversos. Em consonância com este momento, também foram levantados dados espaciais georreferenciados subdivididos em dados/arquivos vetoriais e matriciais a serem utilizados no trabalho de mapeamento. Ressalta-se que todos os dados foram adquiridos gratuitamente junto às interfaces *online* de cada instituição/órgão. Tais dados encontram-se descritos no Quadro 9.

Quadro 9. Arquivos vetoriais e matriciais utilizados nos mapeamentos.

(continua)

Arquivos Vetoriais		
Dado	**Fonte**	**Ano**
Precipitação pluvial	ANA	2012
Área urbana	Geobases 2.0	2019
Curso d’água	Geobases 2.0	2016
Massa d’água	Geobases 2.0	2016
Solos	Geobases 2.0	2016
Continente	IBGE	2015
Limite estadual	IBGE	2015
Arruamento	IJSN/CGEO	2013

(conclusão)

Arquivos Vetoriais		
Dado	**Fonte**	**Ano**
Bacia de drenagem	IJSN/CGEO	2008
Ferrovia	IJSN/CGEO	2010
Limite municipal	IJSN/CGEO	2018
Mapeamento geomorfológico	IJSN/CGEO	2012
Rodovia	IJSN/CGEO	2012
Sede municipal	IJSN/CGEO	2011
Uso e cobertura da terra	IJSN/CGEO	2010
Arquivo Matricial		
Dado	**Fonte**	**Ano**
Modelo Digital de Elevação (MDE)	USGS	2014

Fonte: elaboração própria.

Os dados/arquivos foram processados e manipulados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizando a extensão *ArcMap* do *software ArcGIS*, versão 10.3, da empresa estadunidense Environmental Systems Research Institute (ESRI). Todos eles foram ajustados, de acordo com a necessidade, ao sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 24 Sul (IBGE, 2005). O primeiro passo foi extrair os limites da BDRN no arquivo “bacia de drenagem”. A partir disto, foram elaborados os seguintes mapas tomando a bacia como recorte espacial:

- Mapa de declividade;
- Mapa de densidade de drenagem[25];
- Mapa hipsométrico;
- Mapa de localização;
- Mapa de precipitação média anual (1947-2012);
- Mapa de solos;
- Mapa de unidades geomorfológicas[26];
- Mapa de urbanização e transportes;

[25] A densidade de drenagem (Dd) é uma variável amplamente incorporada em estudos morfométricos de bacias de drenagem. Embora este trabalho não tenha esta finalidade, escolhemos esta variável por a julgarmos importante na discussão do fenômeno da inundação em diferentes setores da BDRN.

[26] Na discussão dos aspectos fisiográficos da bacia, agrupamos os aspectos geológicos mais relevantes com os geomorfológicos pela complexidade de litologias presentes no mapeamento geológico para a BDRN previamente feito e descartado pela impossibilidade de reunir, no mapa, somente estes aspectos geológicos primordiais. Esta escolha, todavia, não comprometeu a caracterização fisiográfica geral da bacia.

- Mapa de uso e cobertura da terra.

Como complementação aos mapas produzidos, foram definidos manualmente, por meio da interpretação dos mapas de declividade e hipsométrico, os limites dos alto, médio e baixo cursos da BDRN. Também foram produzidos perfis longitudinais dos três principais cursos d'água da bacia (rios Novo, Iconha e Itapoama) para auxiliar na compartimentação da bacia e na discussão sobre a ocorrência de inundações na bacia em diferentes setores, incluindo o alto curso.

O modelo de PAR empregado na pesquisa foi elaborado por meio da consulta a diversos modelos lidos na literatura, adaptado à área de estudo. O documento é composto pelos parâmetros (variáveis) visuais a serem observados em campo a seguir (Quadro 10). À cada parâmetro, é atribuída uma pontuação de acordo com o cenário observado, variando de 3 (três), melhor cenário, a 1 (um) ponto, pior cenário, passando pela pontuação intermediária de 2 (dois) pontos, atribuída a um cenário regular. Eventuais observações realizadas no momento da aplicação foram anotadas no rodapé das folhas onde o modelo do PAR foi impresso e copiado para aplicação nos pontos de parada.

É necessário realizar algumas ponderações a alguns elementos que interferem nas condições impostas para aferir as pontuações de determinados parâmetros. Uma vez que se trata de uma bacia com dimensões consideráveis, compartimentada em alto, médio e baixo cursos e que o trabalho de campo foi realizado em pontos localizados nos três compartimentos, a dinâmica hidrológica intrínseca, especialmente, ao alto e ao baixo cursos e o regime de chuvas interferem nos parâmetros 5 (espumas e manchas), 7 (turbidez da água), 9 (elementos de retenção no canal) e 10 (deposição de sedimentos).

Quadro 10. Modelo de PAR construído.

	Localização:				
	Data da coleta:		Horário da coleta:		
	Tempo atmosférico:				
	Responsável:				
	Tipo de ambiente:				
	Parâmetro	Pontuação			Avaliação
		3	2	1	
1	Tipo de ocupação predominante nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem, agricultura, reflorestamento	Residencial, comercial e industrial	
2	Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	
3	Fontes pontuais de emissão de poluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química-industrial	
4	Resíduos sólidos nas margens e proximidades	Ausente	Poucos	Muitos	
5	Espumas e manchas	Ausente	Poucas	Muitas	
6	Odor da água (exceto mangue)	Ausente	Fraco	Forte	
7	Turbidez da água	Transparente	Turva/cor de chá forte	Opaca ou colorida	
8	Vegetação aquática	Ausente	Presença de vegetação rasteira/musgos obstruindo o rio	Macrófitas	
9	Elementos de retenção no canal	Rochas, troncos e folhas	Resíduos sólidos/outros de origem antrópica de maneira parcial	Resíduos sólidos/outros de origem antrópica em quantidade	
10	Deposição de sedimentos	Ausência de barras	Pequena à moderada presença de barras	Grande presença de barras	
11	Estrutura/proteção das margens por vegetação	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	
12	Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	
13	Cobertura vegetal adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	
14	Estabilidade das margens à erosão e a movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	
15	Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	
Total					

Fonte: elaboração própria.

O alto curso é caracterizado, dentre outros elementos, por possuir fluxo d'água de alta velocidade em razão dos desníveis topográficos. Assim, a turbidez da água, causada pela presença de partículas sólidas em suspensão, tende a ser naturalmente menor se comparada ao baixo curso, marcado por um perfil longitudinal de baixo gradiente, diminuição da velocidade d'água e onde há maior carga sedimentar em suspensão. As chuvas também interferem na turbidez da água com o maior transporte de material detrítico para o canal fluvial e também podem depositar ou remover elementos de retenção no canal e, no caso de leitos rochosos, eles podem até mesmo ser encobertos em decorrência do aumento do volume d'água, interferindo na avaliação.

A precipitação pluvial também impacta na presença de sedimentos de diferentes granulometrias já depositados no canal, podendo, em razão da intensidade das chuvas e da natureza dos sedimentos, remobilizá-los e, consequentemente, alterar a configuração espacial das barras, sejam elas centrais ou de pontal. Espumas e manchas podem ser mais rapidamente transportadas pelo canal ou até mesmo desaparecer, a depender da sua composição e da intensidade das chuvas. Sobre o parâmetro 5 (espumas e manchas), frisa-se que as espumas geradas em pontos de corredeiras, pelo despejo de efluentes nos canais fluviais e pela arrebentação de ondas nos exutórios não foram consideradas para fins de pontuação.

Em virtude das considerações elencadas, o trabalho de campo foi realizado em um dia ensolarado e com o intervalo de alguns dias desde a última ocorrência de chuva na região para que, assim, os dados pudessem ser mais homogêneos.

O parâmetro 15 (uso por animais) também precisa ser ponderado. O "uso" ou presença considerado na avaliação é associado a animais notadamente associados a um estado ou condição de degradação/poluição, como urubus, ratos e baratas, notadamente nas margens e em setores urbanos. Neste parâmetro, não é considerada a fauna aquática.

Também foi elaborada uma escala de qualidade ambiental (Quadro 11) para enquadrar os pontos visitados de acordo com a pontuação total obtida de todos os parâmetros. A pontuação/avaliação de cada parâmetro, de acordo com o cenário encontrado, pode ser de três (3), dois (2) ou um (1) ponto.

Quadro 11. Escala de qualidade ambiental empregada.

Crítica	Ruim	Intermediária	Boa	Ótima
15 a 20 pontos	21 a 26 pontos	27 a 33 pontos	34 a 39 pontos	40 a 45 pontos

Fonte: elaboração própria.

Trabalho de campo

Embora o trabalho em ambiente SIG possibilite a compilação de variados dados espaciais que culminam em análises válidas sobre objetos remotos, o trabalho de campo é imprescindível, quando possível, por permitir o contato empírico do pesquisador com seu objeto de estudo, podendo revelar especificidades que o mapeamento à distância e a análise baseada nele nem sempre conseguem contemplar e, com isso, enriquece-se o trabalho.

A principal finalidade do trabalho de campo no âmbito deste trabalho é analisar, *in situ*, o quadro ambiental geral dos cursos d'água e suas áreas marginais por meio do emprego de um Protocolo de Avaliação Rápida adaptado à BDRN. Conjuntamente, busca-se verificar e confrontar as informações levantadas pelo trabalho em ambiente SIG, realizando eventuais correções e/ou ponderações.

No trabalho de campo o modelo de PAR adaptado à área de estudo foi aplicado em treze diferentes pontos (Figura 15 e Quadro 12). Optou-se por realizá-lo no dia seis de setembro de 2020, um domingo, e em pontos que correspondem aos setores mais urbanizados da bacia, onde se julga que os desdobramentos das ações antrópicas nos ambientes fluviais e áreas adjacentes sejam mais impactantes.

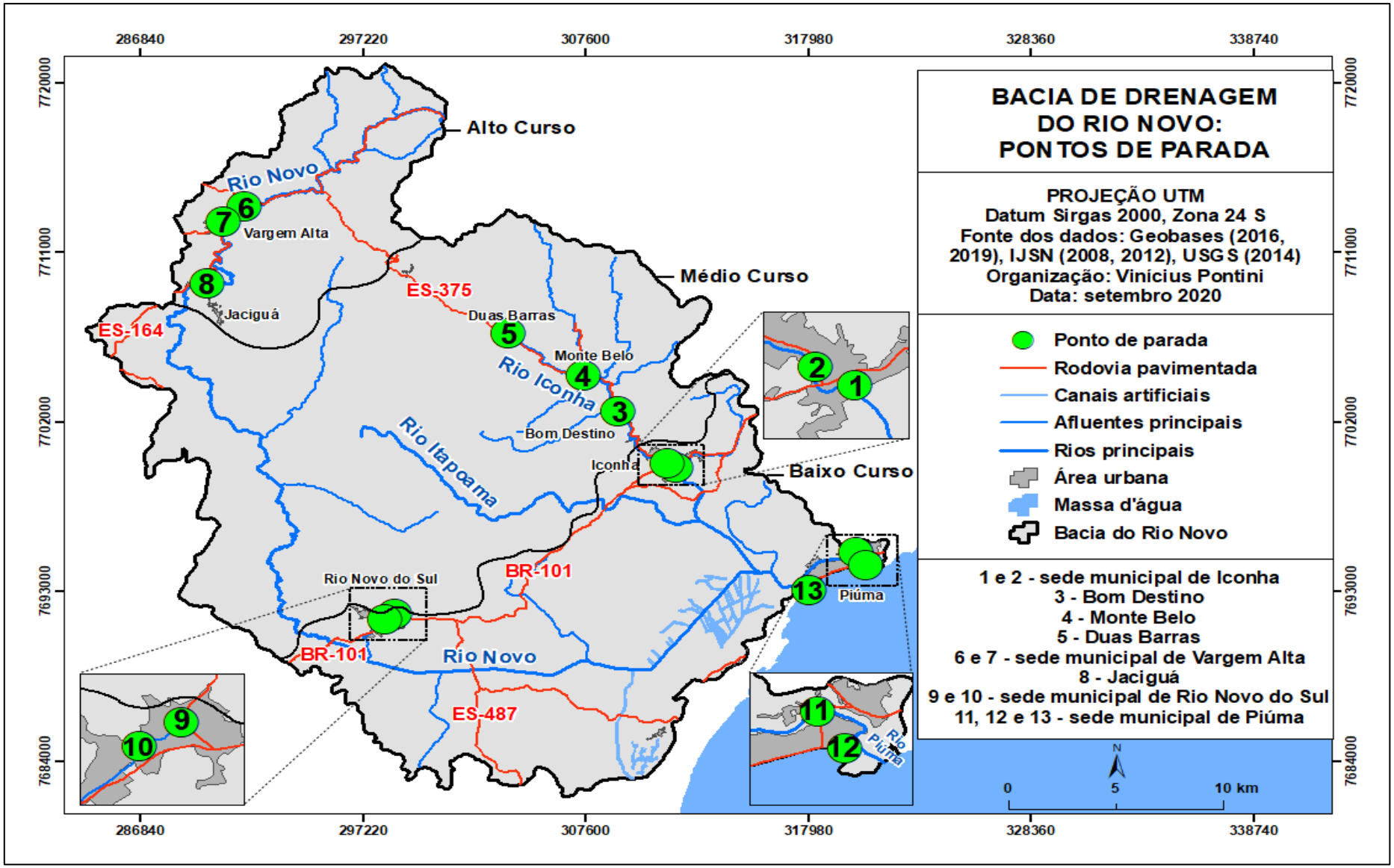


Figura 15. Mapa de localização dos pontos de parada para aplicação do PAR na Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

Quadro 12. Informações de localização dos pontos visitados em campo.

Ponto	Descrição	Coordenadas UTM		Altitude (m)
		X	Y	
1	Rio Iconha – sede municipal de Iconha	311778	7699567	9.7
2	Rio Iconha – sede municipal de Iconha	311356	7699788	12.8
3	Rio Iconha – Bom Destino	309078	7702540	37
4	Rio Iconha – Monte Belo	307455	7704461	93.3
5	Ribeirão Monte Alegre – Duas Barras	303963	7706676	224
6	Rio Novo – sede municipal de Vargem Alta	291679	7713384	601
7	Rio Novo – sede municipal de Vargem Alta	290654	7712624	601
8	Rio Novo – Jaciguá	289908	7709307	539
9	Córrego Pau d'Alho – sede municipal de Rio Novo do Sul	298664	7691798	46.3
10	Córrego Pau d'Alho – sede municipal de Rio Novo do Sul	298224	76911516	42.8
11	Rio Piúma – sede municipal de Piúma	320200	7695091	0.84
12	Rio Piúma – sede municipal de Piúma	320616	7694396	0.31
13	Rio Piúma – sede municipal de Piúma	317963	7693042	2.79

Fonte: elaboração própria.

Dos trezes pontos de parada, três estão em Vargem Alta, sendo dois na sede municipal e um no distrito de Jaciguá; dois na sede de Rio Novo do Sul; cinco em Iconha, sendo dois na sede municipal e um em cada uma das seguintes comunidades: Bom Destino, Monte Alegre e Duas Barras; e três na sede de Piúma. Os pontos foram escolhidos por meio de consultas prévias ao *Google Earth Pro* e *Google Maps*, indicando que o deslocamento até eles é viável utilizando veículo automotor.

Para fins de registros fotográficos, utilizou-se a câmera de um *smartphone* com resolução de 12 *megapixels*, enquanto que para fins de localização e obtenção de

outras informações de posicionamento relevantes, utilizou-se um *software* (aplicativo) no referido *smartphone* chamado *GPS Essentials* (Figura 16). O aplicativo, que pode ser baixado gratuitamente em aparelhos com sistema operacional *Android*, permite ao usuário configurá-lo da forma que julgar melhor, alterando o sistema de coordenadas e o Datum, por exemplo. Dentre suas principais funcionalidades, estão o registro de rotas e pontos de parada georreferenciados que, posteriormente, podem ser exportados e manipulados em ambiente SIG.

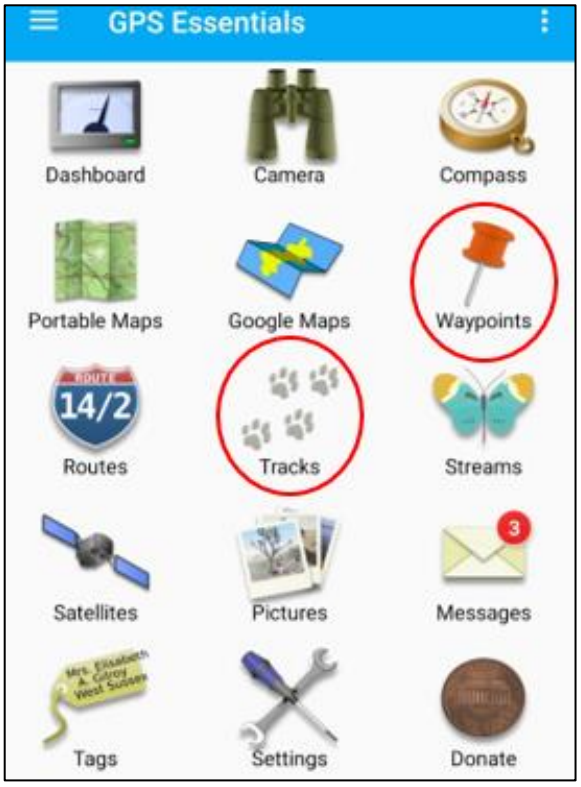


Figura 16. Interface inicial do aplicativo *GPS Essentials*. Destaque para as funcionalidades "*waypoints*" (pontos de parada) e "*tracks*" (rotas). Fonte: acervo pessoal do autor (maio 2020).

Trabalho de Gabinete II

Aqui, foram apresentados e analisados os panoramas socioambientais dos cursos d'água e áreas adjacentes observados *in situ*, de acordo com cada ponto de parada e que foram espacializados a partir da demarcação no *GPS Essentials* e posterior exportação ao *software ArcGIS* 10.3 para produção de mapa temático. Em adição a isso, foram organizadas as pontuações atribuídas à cada variável/parâmetro em cada ponto de parada para cálculo das suas médias e enquadramento dentro dos

parâmetros de qualidade ambiental utilizados, sendo as duas últimas etapas realizadas de maneira parcial (para cada ponto) e geral (de todos os pontos).

Ademais, foi calculado o desvio padrão como complemento estatístico a partir da média da soma das pontuações totais de cada ponto visitado dividida pela quantidade de pontos, indicando a qualidade ambiental geral encontrada, visando compreender a dispersão do conjunto de dados. Para tanto, utilizou-se o *software Microsoft Excel*.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO NOVO

A referida bacia possui área aproximada de 762 km² e localiza-se no sul do Espírito Santo, sendo, portanto, uma bacia de domínio estadual. O rio Novo, seu principal rio e que dá nome a ela, nasce no sopé da chamada serra do Richmond, no interior do município de Vargem Alta, e deságua no Oceano Atlântico em duas desembocaduras no município de Piúma. Além desses dois municípios, a área da BDRN também engloba, inteiramente, os municípios de Iconha e Rio Novo do Sul e parcialmente o município de Itapemirim, localizada entre as latitudes 20°36’00’’S e 20°57’30’’S e entre as longitudes 41°10’00’’O e 40°40’00’’O, possuindo uma drenagem de, aproximadamente, 440 km.

O referido curso d’água possui em torno de 80 km de extensão e tem como principais afluentes, com exceção do rio Iconha, o seu principal, os córregos Concórdia, Guiomar, Pau d’Alho, Piabanha, Santo Antônio, São Benedito, São Francisco e São Vicente de Cima.

Em seu alto curso, o rio Novo atravessa a sede municipal de Vargem Alta (Figura 17) e a área urbana do distrito de Jaciguá (Figura 18), pertencente ao mesmo município. Em seu médio curso, não atravessa nenhum núcleo urbano e, no baixo curso, corta a sede municipal de Piúma, o maior e mais populoso núcleo urbano de todo o seu percurso. Antes de encontrar o mar, o Novo conflui com o rio Iconha no interior de Piúma, em uma área conhecida como vale do Orobó e, deste ponto em diante, fica conhecido como rio Piúma.

Figura 17. Visão a montante do rio Novo na sede municipal de Vargem Alta onde se nota o canal confinado pelas vias urbanas. Fonte: *Google Maps* (dez. 2018).

Figura 18. Visão a jusante do rio Novo no núcleo urbano do distrito de Jaciguá, município de Vargem Alta, onde se notam residências próximas às margens. Fonte: *Google Maps* (dez. 2018).

O rio Iconha, como mencionado, é o principal afluente do rio Novo, situado a sua margem esquerda. Possui cerca de 24 km de extensão e sub-bacia com aproximados 208 km² (OLIVEIRA et al., 2015), englobando os municípios de Iconha, Rio Novo do

Sul e Piúma. Seus principais afluentes e, portanto, sub afluentes do Novo, são os córregos Campinho, Guaxuma, Jaracatiá, Lopes, Orobó, Palmital e Pedra Lisa.

Formado pela confluência de três ribeirões (Monte Alegre, Inhaúma e São Pedro), o Iconha nasce no distrito de Duas Barras, no município de Iconha. Além de, ao longo do tempo geológico, ter influenciado na formação de um vale fluvial de beleza cênica muito importante para o turismo na região (Figura 19), o rio Iconha percorre pequenos núcleos urbanos (comunidades) no interior de Iconha, a se saber, respectivamente: Duas Barras, Monte Belo e Bom Destino. Após, o curso d'água chega à sede do município homônimo, antes de seguir em direção à Piúma e confluir com o rio Novo.

Figura 19. Vista para o vale do rio Iconha a partir do mirante localizado na ES-375, em Rio Novo do Sul. Fonte: acervo pessoal do autor (set. 2020).

Os rios Novo e Iconha possuem características hidrológicas distintas. O Iconha possui ao longo de sua extensão mais níveis de base locais (*knickpoints*) na forma de quedas d'água, promovendo uma maior oxigenação da água e possuindo uma qualidade hídrica superior à do Novo, que se caracteriza mais por ser um rio de planície pela grande área de planície fluvial que existe no seu baixo curso, predominando processos deposicionais e acúmulo de matéria orgânica que consome oxigênio da água após entrar em decomposição (A TRIBUNA, 2007[27]).

[27] Tratando-se de uma reportagem jornalística, o título da sua indicação nas referências da dissertação está como "NAVEGANDO os rios capixabas – rio Novo". As breves características hidrológicas dos rios foram descritas pelo engenheiro Celso Luiz Caus em entrevista ao jornal.

3.1 Clima

Amarante (2009) discorre que o relevo complexo do Espírito Santo é um fator decisivo para o clima do estado, que apresenta temperaturas mais baixas a oeste e as mais altas a leste, nas planícies costeiras. Na maior parte do território capixaba, as temperaturas são superiores a 18ºC ao longo do ano, com exceção das partes mais elevadas da região serrana, onde as temperaturas podem ter médias inferiores a 10ºC nos meses de inverno.

Segundo documento disponibilizado pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH, 2018), o Espírito Santo, conforme a classificação de Köppen, situa-se na zona Tropical Central, com clima quente e predominantemente úmido, sem uma estação fria definida. Por sua vez, a BDRN possui clima tropical, com inverno seco (Aw) e temperaturas médias acima dos 18°C.

A Figura 20 indica a variação espacial da precipitação média anual (1947-2012) da BDRN. Os intervalos das isoietas variam de 1100 a 1900 mm/ano, com valor médio de 1500 mm/ano. Se comparada à média de precipitação anual para o Espírito Santo, que é de 1219 mm/ano, observa-se maior concentração de chuvas sobre a bacia (AGERH, 2018). Ademais, nota-se que o aumento do índice de precipitação acompanha o aumento das cotas topográficas, apresentando, assim, os maiores valores nas áreas mais elevadas. No alto curso, oscila entre 1501 e 1900 mm/ano; no médio curso é da ordem entre 1100 e 1800 mm/ano; e no baixo curso varia entre 1100 e 1600 mm/ano.

Ocorre, logo, o provável efeito orográfico na ocorrência de chuvas nas barreiras topográficas na transição do baixo para o médio curso da bacia em decorrência da transição abrupta de topografia e de declividade e, consequentemente, o agravamento dos efeitos das inundações nessas áreas específicas. Porém, salienta-se que a área está sujeita à atuação de sistemas frontais associados à frentes frias que repercutem mais na gênese de inundações e enxurradas em diferentes pontos da BDRN.

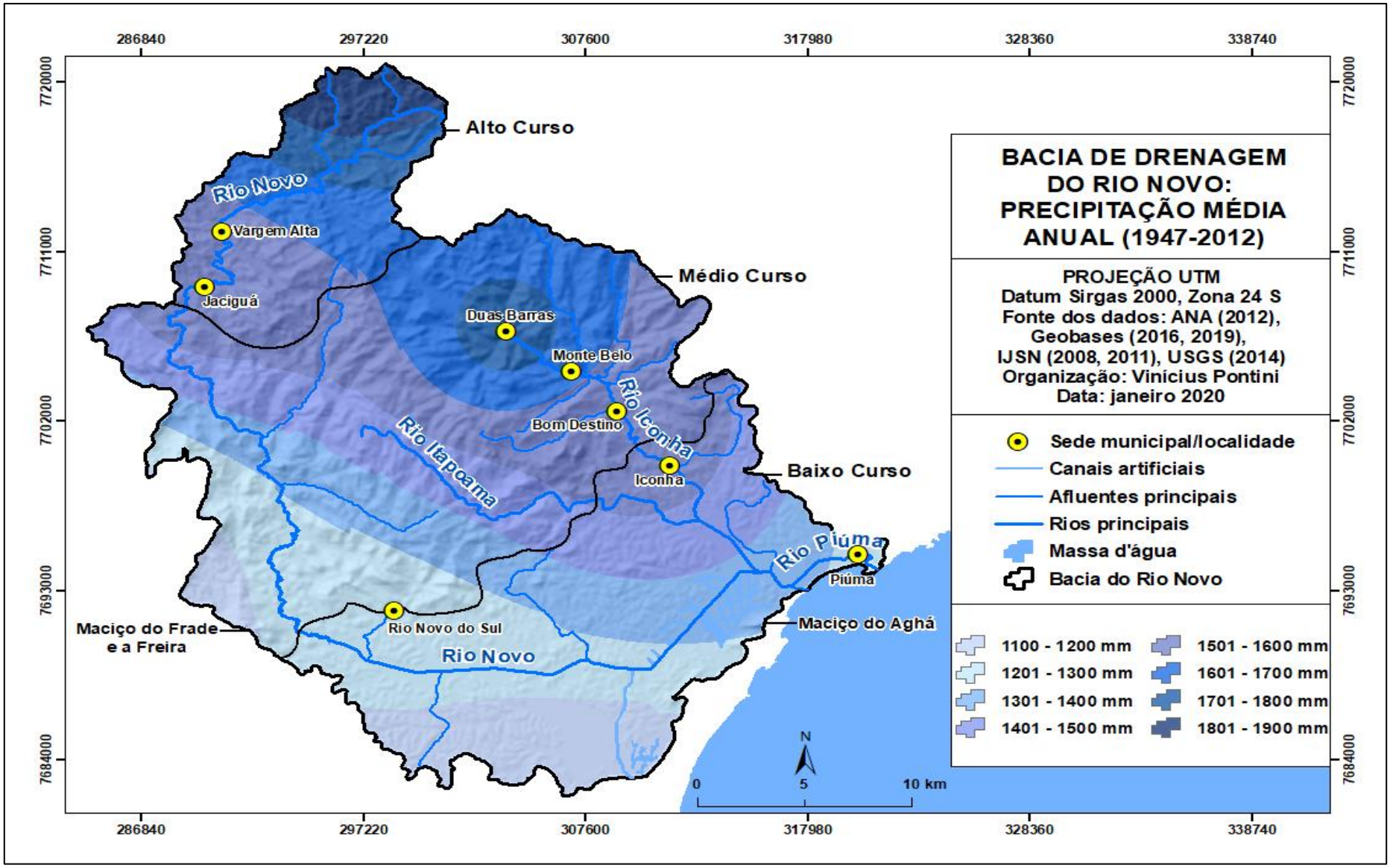


Figura 20. Mapa da precipitação média anual (1947 -2012) da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

3.2 Aspectos geológicos, geomorfológicos e declividade

Em relação à geologia da bacia, se destacam, do litoral em direção ao interior, as seguintes unidades geológicas: Depósitos Fluviais Argilo-Arenosos e Arenosos Recentes; Depósitos Flúvio-Lagunares Recentes; Grupo Barreiras; Complexo Nova Venécia; Maciço Iconha; e Maciço Rio Novo do Sul (CPRM/SGB, 2015).

Os Depósitos Fluviais são datados do limite entre o Pleistoceno e o Holoceno e são constituídos de sedimentos argilo-arenosos de planícies de inundação e arenosos de paleocanais e canais atuais encontrados nos vales, geralmente acima do limite atingido pela última transgressão. Tais sedimentos representam depósitos aluviais e coluviais indiferenciados e foram reunidos em um único grupo, pois podem ser encontrados em tais vales depósitos de idades distintas que não podem ser separados em um mapeamento em escala de reconhecimento (CPRM/SBG, 2015).

De idade holocênica, os Depósitos Flúvio-Lagunares Recentes separam, nas zonas baixas, terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos ou nos cursos inferiores de grandes vales fluviais, onde também existem sedimentos sílticos e/ou arenoargilosos ricos em matéria orgânica, podendo frequentemente conter grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares. Devido à fase de submersão, que aconteceu no nível máximo de 5.100 AP, houve a invasão de áreas litorâneas pelo mar, culminando na formação de sistemas lagunares detrás de ilhas-barreiras.

O Grupo Barreiras abrange uma cobertura sedimentar terrígena continental com idade atribuída ao intervalo de tempo que varia do Mioceno até o Plioceno-Pleistoceno, detendo depósitos detríticos pobremente selecionados, com granulometria de cascalho, areia e argila, geralmente contendo horizontes lateríticos. Esses sedimentos têm grande ocorrência na costa brasileira, prologando-se de forma consistente desde o estado do Amapá até o estado do Rio de Janeiro (ARAI, 2006).

Durante o Quaternário, as fases de erosão que ocorreram após a deposição desses sedimentos resultaram na dissecação da superfície pós-Barreiras em modelados residuais de topos planos e encostas íngremes, sendo os Tabuleiros Costeiros os mais importantes representantes. Contudo, mais recentemente, tem-se mostrado a influência de oscilações eustáticas na sua origem e deposição até em ambientes transicionais e marinhos rasos. Frequentemente, os sistemas deposicionais do Grupo Barreiras têm sido associados a leques aluviais e fluviais entrelaçados,

acompanhados de frequentes depósitos gravitacionais (BEZERRA; MELLO; SUGUIO, 2006).

O Complexo Nova Venécia tem sua gênese datada do Neoproterozoico, está recoberto por sedimentos do Grupo Barreiras e aflora, geralmente, sob a forma de lajedos nas vertentes dos vales dos principais cursos d'água. O Maciço Iconha está segmentado em dois corpos, um ao norte e outro ao sul, onde se localiza a cidade homônima. Féboli (1993[28], apud CPRM/SGB, 2015) nomeou para fins descritivos o corpo ao norte de Alfredo Chaves e, ao sul, de Iconha. Por sua vez, o Maciço Rio Novo do Sul se localiza ao redor da cidade homônima.

O relevo capixaba, de acordo com Coelho et al. (2012), pode ser compartimentado em três classes geomorfológicas: morfoestruturas, regiões e unidades, sendo divididas, ainda, em subclasses. O Quadro 13 apresenta as divisões das classes de relevo ocorrentes de maneira predominante na BDRN.

Quadro 13. Classes do relevo do Espírito Santo, segundo proposição de Coelho et al. (2012) e as subclasses do relevo que ocorrem, majoritariamente, na BDRN.

Classe	Subclasse
Morfoestrutura	Depósitos Sedimentares Faixa de Dobramentos Remobilizados
Região	Piemontes Inumados Planaltos da Mantiqueira Setentrional
Unidade	Maciços do Caparaó I Tabuleiros, Colinas e Maciços Costeiros

Fonte: Elaboração própria.

Para fins de mapeamento (Figura 21) e discussão com mais detalhe neste trabalho, foram levadas em consideração apenas as unidades geomorfológicas por estas constituírem maior detalhamento e maior número de subclasses. As subclasses ocorrentes na BDRN e informações quantitativas sobre elas estão presentes na Tabela 1.

[28] FÉBOLI, W. L. Piúma, folha SE.24-Y-C-VI, estado do Espírito Santo: texto explicativo. Brasília: DNPM; CPRM, 1993b. 114 p., il. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

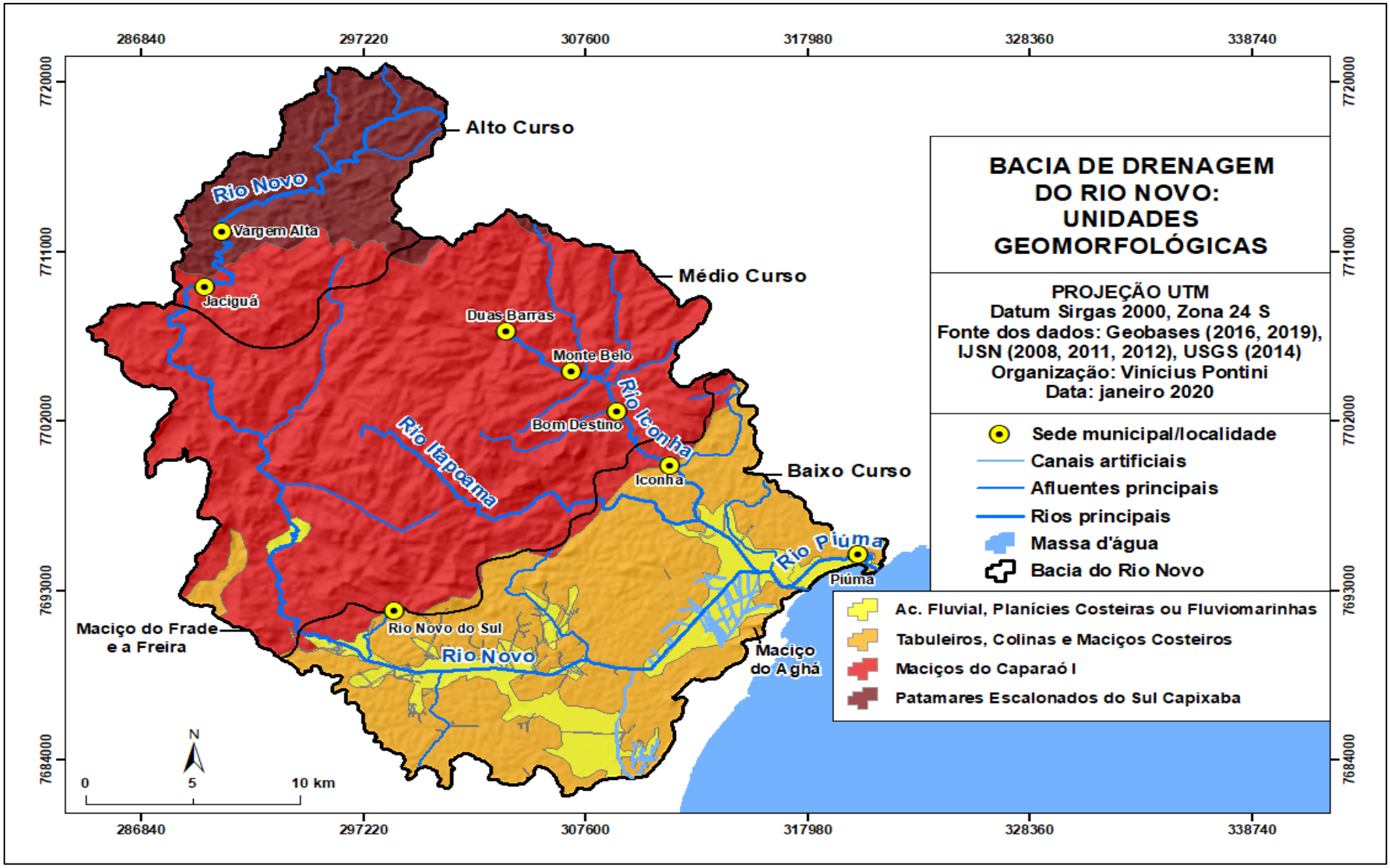


Figura 21. Mapa das subclasses de unidades geomorfológicas da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

Tabela 1. Subclasses de unidades geomorfológicas ocorrentes na BDRN, segundo Coelho et al. (2012) e com adaptação própria.

Subclasses de unidades geomorfológicas	Área (km²)	Percentual da área na bacia (%)
Acumulação Fluvial, Planícies Costeiras e Fluviomarinhas	61,02	8,01
Tabuleiros, Colinas e Maciços Costeiros	**189,56**	**24,86**
Maciços do Caparaó I	**431,04**	**56,56**
Patamares Escalonados do Sul Capixaba	80,53	10,57

Fonte: Pontini (2018). Em negrito, estão as subclasses com maior expressão na BDRN. Adaptação e organização próprias.

Em relação às unidades geomorfológicas da bacia, ocorrem, do litoral em direção ao interior: Planícies Costeiras e Fluviomarinhas; Tabuleiros, Colinas e Maciços Costeiros; Maciços do Caparaó I e Patamares Escalonados do Sul Capixaba (Figura 22).

Figura 22. Imagem de drone registrada em Piúma no sentido L-O com a ocorrência predominante de três unidades geomorfológicas da bacia. Em primeiro plano, a *Planície Costeira/Fluviomarinha*; em segundo plano, os *Tabuleiros Costeiros*; e em terceiro plano os *Maciços do Caparaó I*[29]. Adaptação própria.

[29] Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qEWinxtv1v4>. Acesso em: 26 maio 2020.

As Planícies Costeiras e Fluviomarinhas situam-se no baixo curso da bacia, distribuindo-se entre o Oceano Atlântico e os Tabuleiros Costeiros e englobando faixas de praias e as desembocaduras do rio Piúma. Estas unidades situam-se sobre sedimentos marinhos e fluviais de idade quaternária e são margeadas pelos Tabuleiros Costeiros, desenvolvidos sobre camadas de rochas sedimentares do Grupo Barreiras, de idade terciária; por colinas e maciços costeiros; e, finalmente, por uma grande planície de inundação dos rios Iconha, Novo e Piúma, popularmente conhecida como vale do Orobó.

Os Tabuleiros Costeiros distribuem-se, de forma geral e para além da bacia, desde o sopé das elevações cristalinas, representadas pelas subclasses Chãs Pré-Litorâneas, Depressão Marginal, Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Maciços do Caparaó I e Baixadas Litorâneas até as Planícies Quaternárias.

Sua formação data do Plioceno, onde existia um clima semiárido sujeito às chuvas pontuais torrenciais, formando grandes faixas de leques aluviais. São marcados por um relevo baixo de encostas pouco inclinadas com altimetria variando de 50 a 60 m, apresentando topos planos e de grande extensão delimitados por vales oriundos da dissecação dos tabuleiros com sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras formados por areias e argilas variegadas com eventuais linhas de pedra, dispostos em camadas com espessuras variadas (RADAMBRASIL, 1983).

As Colinas desenvolvem-se sobre gnaisses do Éon Proterozóico, enquanto os Maciços Costeiros, por sua vez, são desenvolvidos sobre granitos da Era Paleozóica. Os dois maciços mais marcantes na paisagem da BDRN são o do Aghá, de aproximadamente 300 m de altitude e que serve de limite entre os municípios de Itapemirim e Piúma, situado junto ao litoral, e o do Frade e a Freira, afastado da costa e com aproximadamente 690 m de altitude, situado entre os municípios de Itapemirim e Vargem Alta. Os dois maciços (Figura 23) também são divisores topográficos entre as bacias do Novo e do Itapemirim.

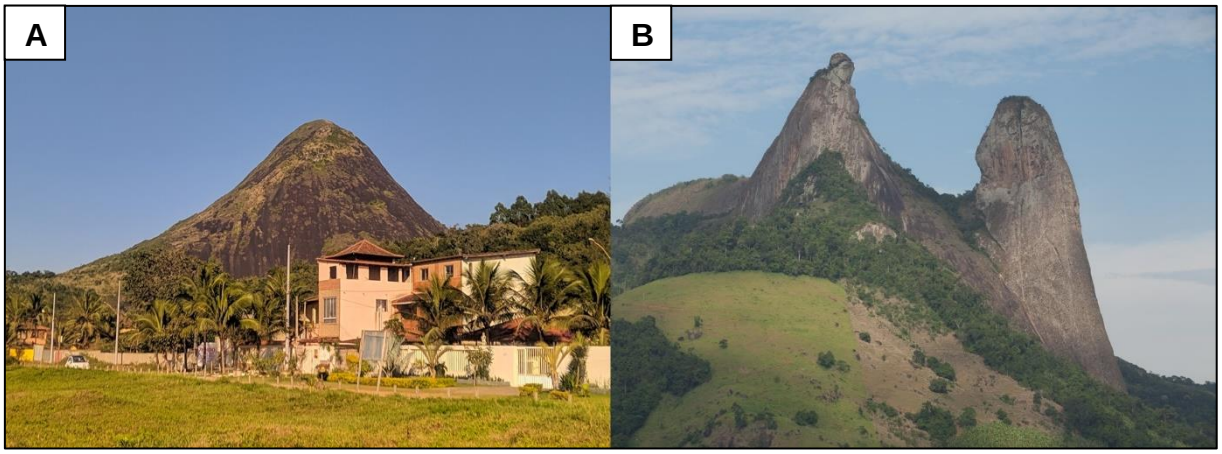


Figura 23. A) Maciço do Aghá a partir da orla de Piúma, no baixo curso da bacia. B) Maciço do Frade e a Freira, no médio curso da bacia[30].

Os Maciços do Caparaó I são descritos por Coelho et al. (2012), caracterizando-se por um modelado altamente dissecado com altitudes médias em torno de 600 m, marcado por grandes elevações maciças e, na BDNR, estão assentados, predominantemente, em rochas do Complexo Nova Venécia e do Tonalito Palmital. A ação conjunta dos eventos tectônicos nessas rochas e de climas majoritariamente úmidos é percebida nas formas de dissecação intensamente orientadas por falhas intercruzadas, escarpas adaptadas e falhas e elevações residuais. Esta subclasse é a de maior área da bacia, totalizando 431,04 km² e ocupando 56,56% da mesma, distribuindo-se entre as subclasses Patamares Escalonados do Sul Capixaba e Tabuleiros Costeiros, Colinas e Maciços Costeiros (PONTINI, 2018).

Os Patamares Escalonados do Sul Capixaba possuem níveis de dissecação escalonados formando patamares, fato que distingue esta subclasse das demais do sul capixaba. Estes patamares que, na BDRN, se assentam em rochas do Complexo Nova Venécia, são delimitados por frentes escarpadas adaptadas e falhas voltadas para NW e com caimento topográfico para SE, o que sugere blocos basculados em decorrência de impulsos epirogenéticos relacionados com a atuação de ciclos geotectônicos (COELHO et al., 2012). É a terceira subclasse mais expressiva na bacia, abrangendo uma área de 80,53 km² que representa 10,57% da BDRN (PONTINI, 2018).

[30] A) Acervo pessoal do autor (set. 2020). B) Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Not%C3%ADcia/monumento-natural-o-frade-e-a-freira-completa-dez-anos>. Acesso em: 26 maio 2020.

Os Tabuleiros, as Colinas e os Maciços Costeiros agrupados representam a segunda subclasse mais expressiva na BDRN, abrangendo uma área de 189,56 km² que ocupa 24,86% da bacia e se distribui, principalmente, entre as subclasses dos Maciços do Caparaó I e as Planícies Costeiras e Fluviomarinhas, apresentando em seu interior áreas de acumulação fluvial preenchidas em seus vales e planícies de inundação.

Quanto à geomorfologia fluvial, o padrão de drenagem da BDRN, em função da geometria dos canais naturais, é dendrítica, e os dois padrões ocorrentes quanto à tipologia de drenagem são o retilíneo, especialmente no baixo curso e moldado pela interferência antrópica com obras de retificação de canais, e o meandrante, sendo este ocorrente no rio Novo (Figura 24) no seus médio e baixo cursos.

Figura 24. Transição de um trecho de tipologia meandrante, a montante, para um trecho de tipologia retilínea, aparentemente artificial, no baixo curso do rio Novo. Os círculos vermelhos destacam cicatrizes de meandros abandonados na planície fluvial. Fonte: *Google Earth Pro*, imagem de satélite *DigitalGlobe*, com data de passagem em 20 set. 2019. Adaptação própria.

Uma vez que a velocidade do fluxo d'água é também influenciada pela declividade, compreendê-la no âmbito de uma bacia é de a extrema relevância para a modelagem do escoamento superficial. Via de regra, quanto maior for a declividade do terreno, maior será a velocidade do escoamento superficial, também influenciada pela cobertura vegetal, pelo tipo de rocha e solo, pelos padrões de uso e cobertura da terra e da rede de drenagem (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Para a BDRN, foi gerado um mapa de declividade de acordo com as classes de relevo conforme classificação proposta por Santos et al. (2018), levando em conta o percentual de declividade: Plano (0-3%); Suave Ondulado (3-8%); Ondulado (8-20%); Forte Ondulado (20-45%); Montanhoso (45-75%) e Escarpado (>75%). Informações quantitativas do mapeamento encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Padrões de declividade do relevo na BDRN, segundo a classificação de Santos et al. (2018).

Percentual de declividade (%)	Classe	Área (km²)	Percentual da área na bacia (%)
0-3	Plano	70,12	9,2
3-8	Suave Ondulado	67,66	8,88
8-20	**Ondulado**	**213,97**	**28,09**
20-45	**Forte Ondulado**	**321,18**	**42,1**
45-75	Montanhoso	82,29	10,9
>75	Escarpado	6,54	0,83

Fonte: Pontini (2018). Em negrito, estão as duas classes com maior expressão na bacia. Organização própria.

A partir da análise do mapa de declividade da BDRN (Figura 25), é possível inferir que a porção da bacia que possui as declividades mais acentuadas (montanhoso e escarpado) é o seu médio curso, onde estão assentados, em maior expressão, os Maciços do Caparaó I, seguido pelo alto e baixo cursos. Também se nota que tanto os principais cursos d'água da bacia quanto seus principais tributários apresentam seus canais, em muitos trechos, cercados por áreas dos terrenos marcadas por altas declividades, o que implica na maior rapidez e velocidade do direcionamento do escoamento superficial em episódios de precipitações fluviais para as suas calhas (COELHO NETTO, 2013; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

O baixo curso da bacia é notadamente a porção que apresenta mais áreas de baixa declividade (plano e suave ondulado), especialmente na região do vale do Orobó que, em consonância com o tipo de solo na área, condicionam a má drenagem da área em períodos de fortes precipitações pluviais, podendo levar de semanas a meses para que toda a planície de inundação seja efetivamente drenada naturalmente.

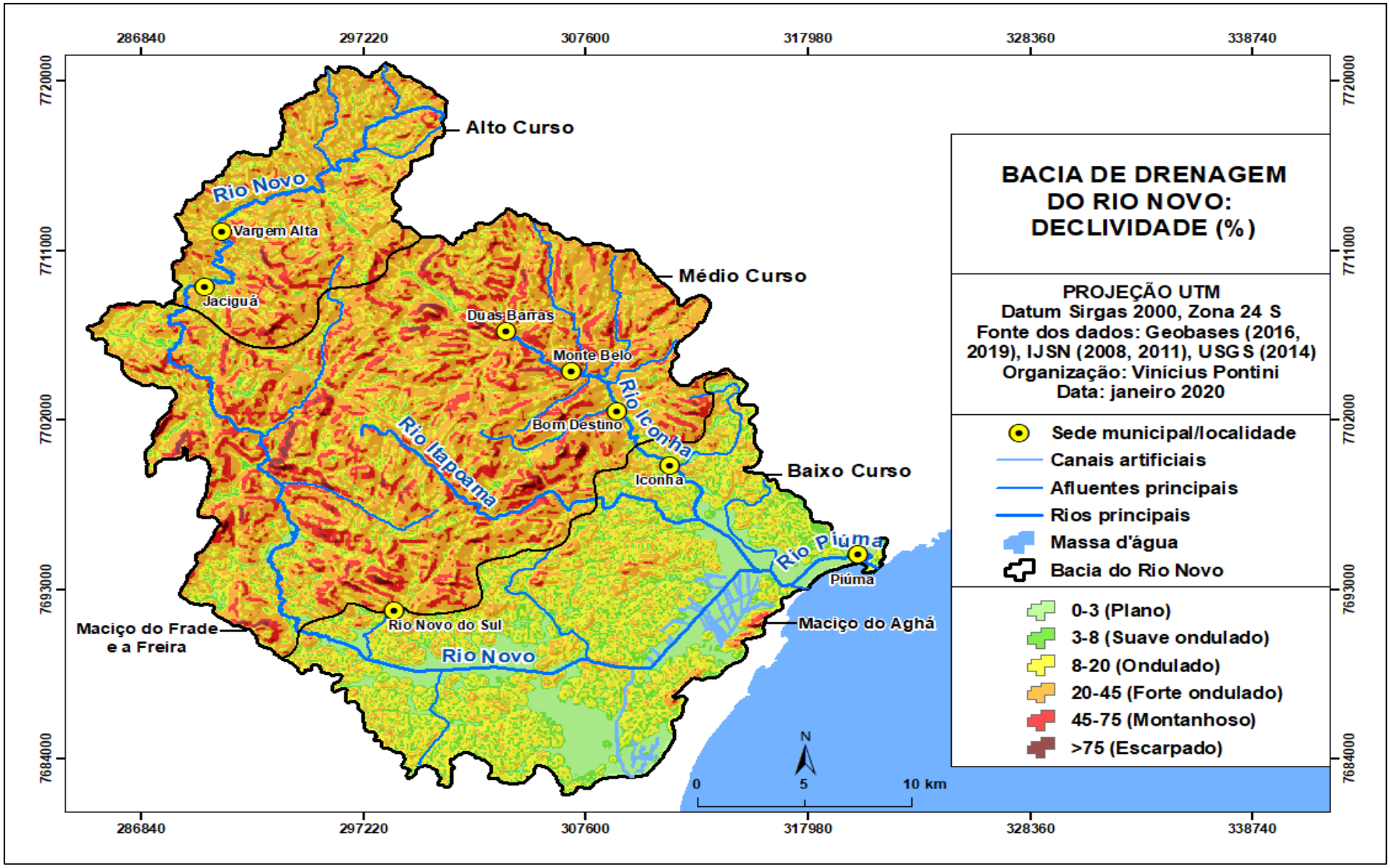


Figura 25. Mapa de declividade do relevo da Bacia de Drenagem do Rio Novo conforme a classificação de Santos et al. (2018). Elaboração própria.

Os níveis de base locais na BDRN podem ser encontrados, sobretudo, na forma de corredeiras e cachoeiras, sendo que estas também ocorrem nos principais cursos d'água da bacia (Figura 26), sugerindo um expressivo controle da rede de drenagem pelos *knickpoints*, que também podem ocorrer em locais menos salientados na paisagem.

Figura 26. A) Cachoeira do Caiado, situada no rio Novo, a montante da sede municipal de Vargem Alta[31]. B) Cachoeira do Salto Grande, situada no rio Iconha, entre as comunidades de Monte Belo e Bom Destino[32]. Observa-se que a primeira se localiza numa área onde o desnível topográfico é muito mais abrupto do que a segunda que, por sua vez, é formada por uma sucessão de corredeiras (setor de *knickzonas*) com o afloramento do substrato geológico no leito do rio, formando degraus. Ambas são áreas populares de recreação e lazer.

3.3 Hipsometria e densidade de drenagem

Segundo Bricalli (2016), o mapa hipsométrico é uma importante ferramenta nos estudos geomorfológicos, especialmente os tectônicos, por indicar diferenças altimétricas que podem ter gênese morfoestrutural, geradas por erosão diferencial pelas diferenças da litologia das rochas ou morfotectônica.

A partir da Tabela 3 e do mapa hipsométrico gerado para a bacia do Novo (Figura 27) é possível compreender com mais detalhe as características altimétricas do seu relevo, marcado pela presença das áreas mais altas no seu interior e pela transição

[31] Disponível em: <http://montanhascapixabas.org.br/associado/cachoeira-do-caiado/>. Acesso em: 25 ago. 2020.
[32] Disponível em: <https://cutt.ly/Dgnkku6>. Acesso em: 25 ago. 2020.

para áreas mais baixas à medida que se aproxima da faixa litorânea, com uma amplitude altimétrica de 1200 m.

Tabela 3. Hipsometria da BDRN.

Cota altimétrica	Área (km²)	Percentual da área na bacia (%)
0-50 m	**224,91**	**29,53**
51-150 m	89,99	11,81
151-300 m	58,34	7,66
301-400 m	54,77	7,19
401-500 m	75,82	9,95
501-700 m	**132,77**	**17,43**
701-900 m	**109,06**	**14,32**
901-1000 m	12,26	1,61
1001-1100 m	3,66	0,48
1101-1200 m	0,15	0,02

Fonte: Pontini (2018). Em negrito, estão as três cotas altimétricas com maior expressão na bacia. Organização própria.

Em geral, os cursos superiores dos rios são marcados por relevo elevado, alta declividade das vertentes, corredeiras com alta velocidade das águas, predomínio de processos erosivos e leito com lajedos, cascalho e areia grossa. O alto curso do Novo é marcado por cotas altimétricas que vão de 500 a 1200 m. Todavia, as declividades mais acentuadas estão no seu médio curso. Os cursos médios fluviais são caracterizados por relevo ondulado, diminuição da declividade e da velocidade d’água, baixa erosão e pouca deposição, sedimentos arenosos e pouco cascalho no canal. O médio curso do Novo se situa em cotas altimétricas que variam de 500 a 100 m.

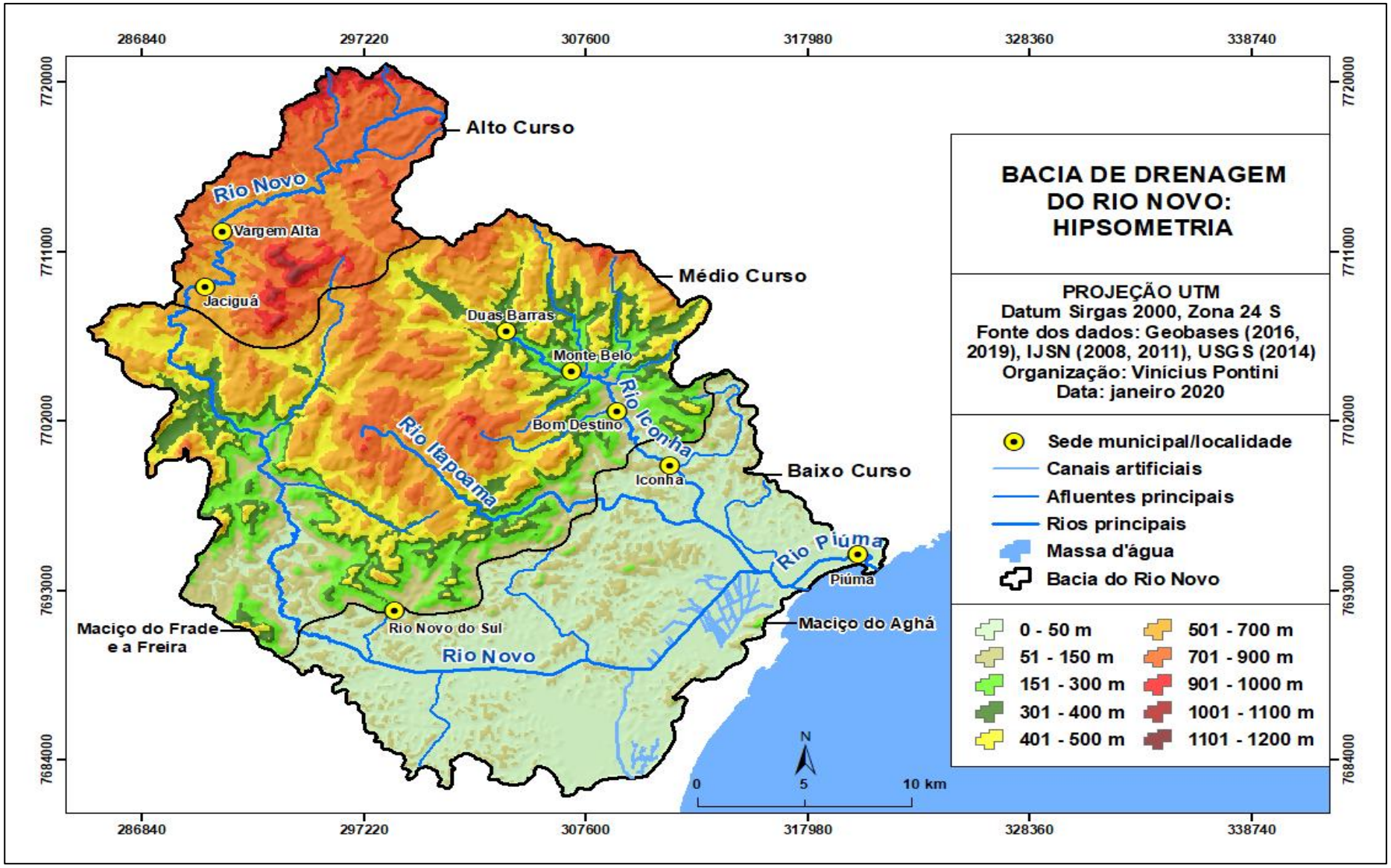


Figura 27. Mapa hipsométrico da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

Por sua vez, os cursos inferiores dos rios caracterizam-se por relevo suave a plano, declividade e velocidade da água baixas, grandes planícies de inundação e predominância de processos deposicionais. O baixo curso do Novo situa-se inteiramente em um gradiente altimétrico que varia de 100 a 0 m.

As unidades geomorfológicas sobre a estrutura de rochas cristalinas se diferenciam mais pelo grau de dissecação do que pela topografia. Os Maciços do Carapaó I, majoritariamente localizados no médio curso da BDRN, estão, em maior parte, posicionados em altitudes superiores aos Patamares Escalonados do Sul Capixaba, situados quase que exclusivamente no alto curso da bacia, por estes possuírem um grau de dissecação mais pronunciado do que aqueles.

Por sua vez, o baixo curso da BDRN se insere majoritariamente em uma região topográfica plana, assentada em depósitos quaternários de rochas do Grupo Barreiras e também de sedimentos marinhos e fluviais.

A partir da metodologia empregada por Deina (2013) foram gerados os perfis longitudinais dos rios Novo, Iconha e Itapoama, os principais da bacia (Figuras 28, 29 e 30). Um perfil longitudinal pode ser definido como “[...] um gráfico construído a partir da altitude (do fundo do canal ou da superfície da água em estágio de margens plenas) e da distância medida da nascente para a foz [...]” (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, p. 162). Os autores também afirmam que um perfil em equilíbrio é aquele que, ao longo do tempo cíclico, teve suas variáveis ajustadas para gerar de maneira mais eficiente possível o transporte da carga produzida pela bacia sem condicionar agradação ou degradação do canal, onde o perfil possuiria uma forma côncava.

Guedes et al. (2006) apontam as seguintes condições de desequilíbrio do perfil: curvas com menor concavidade, corrugações e mudanças bruscas no perfil, onde os níveis de base locais refletem trechos de inflexão no perfil longitudinal que, consequentemente, repercutem em mudanças no gradiente dos talvegues. Os autores também destacam que os cursos d’água buscam continuamente o equilíbrio, como promovendo mudanças no tipo do canal.

Todavia, o perfil equilibrado, conforme apontam Stevaux e Latrubesse (2017), pode ser considerado apenas uma formulação teórica muito difícil de ser observado empiricamente, uma vez que fatores como alterações na taxa de intemperismo,

elevação do nível do mar e atividade tectônica contribuem para alterar o perfil longitudinal dos rios.

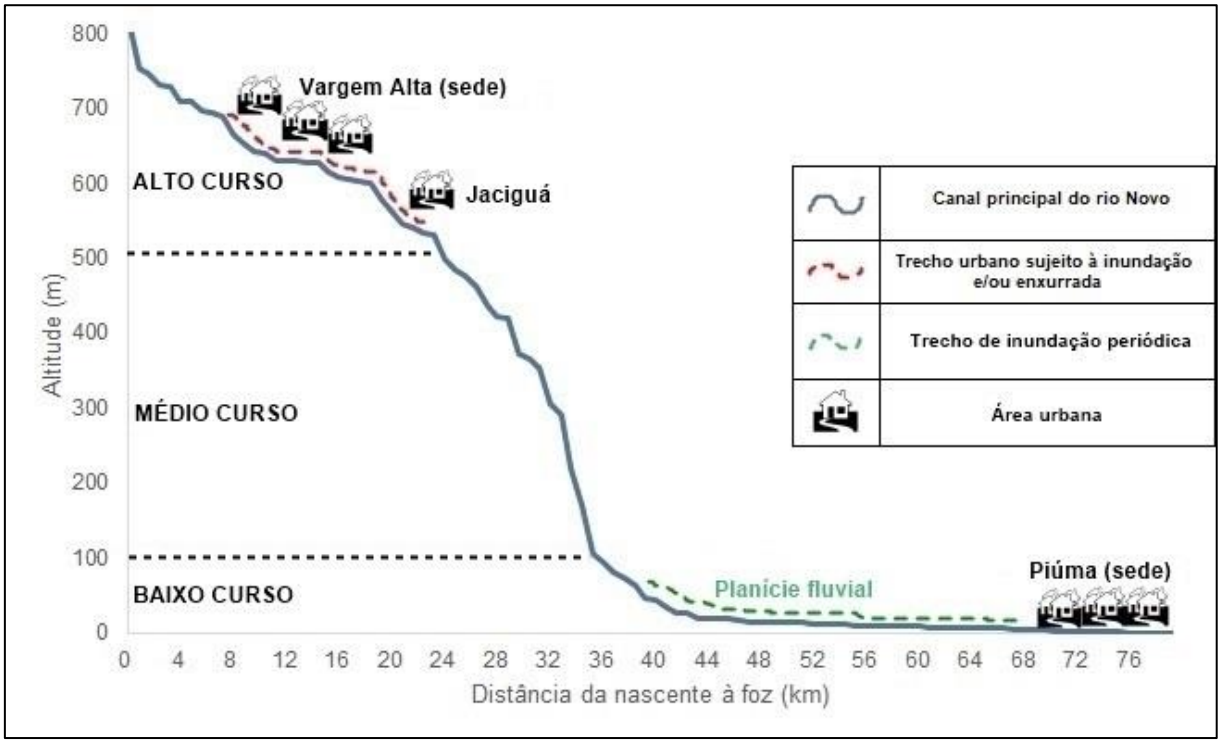


Figura 28. Perfil longitudinal do rio Novo com destaque para trechos sujeitos à inundação e/ou enxurrada. Elaboração própria.

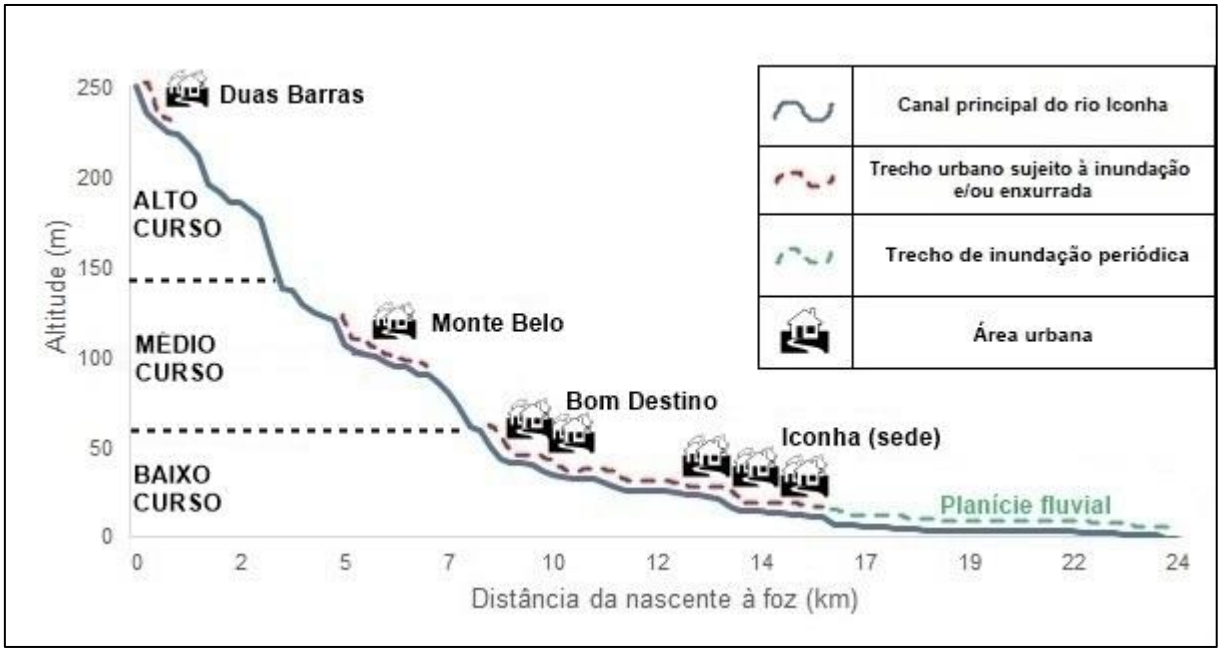


Figura 29. Perfil longitudinal do rio Iconha com destaque para trechos sujeitos à inundação e/ou enxurrada. Elaboração própria.

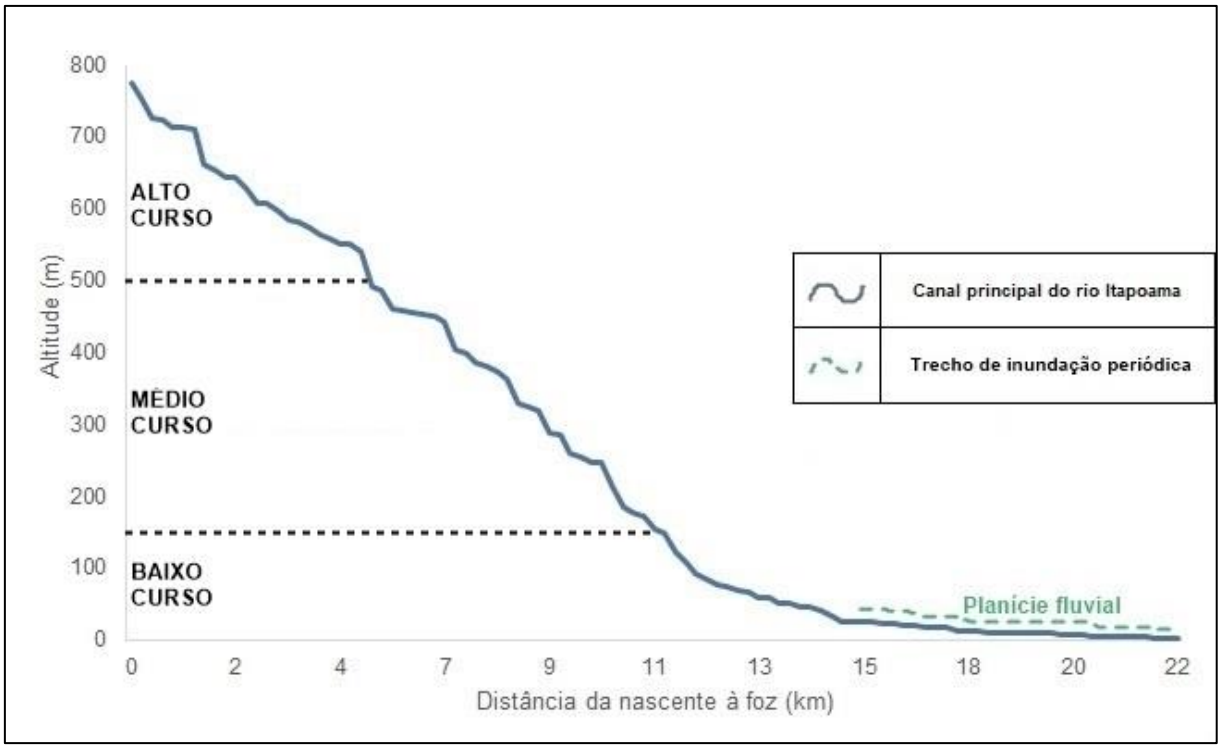


Figura 30. Perfil longitudinal do rio Itapoama com destaque para trecho de inundação periódica. Elaboração própria.

O perfil longitudinal do rio Novo revela que em praticamente metade da sua extensão o rio percorre áreas de planícies, marcadas pelas declividade e topografia do relevo planas e, com isso, há a maior tendência a ocorrência de processos deposicionais do que erosivos. No seu alto curso encontram-se as áreas urbanas da sede municipal de Vargem Alta e do distrito de Jaciguá, pertencente ao mesmo município e que, embora estejam em áreas de maior declividade do relevo, também se encontram sujeitas à inundações e enxurradas, sendo o episódio mais recente ocorrido em janeiro de 2020, onde fortes chuvas castigaram a região. Outro ponto de destaque é a acentuada ruptura de declive na transição do médio para o baixo curso, onde o rio passa de 300 para 100 m de altitude em menos de cinco quilômetros.

Embora tenha extensão e amplitude altimétrica menores que às do rio Novo, o rio Iconha transita de maiores para menores altitudes em distâncias menores, o que promove maior velocidade de fluxo. Ademais, suas margens possuem maior uso e cobertura urbanas que às do rio Novo, com a presença das áreas urbanas da sede municipal de Iconha, além das comunidades de Duas Barras, Monte Belo e Bom Destino, situadas no distrito de Duas Barras, todas sujeitas à inundações e

enxurradas, o que também ocorreu com as chuvas de janeiro de 2020, conforme mencionado anteriormente.

Assim como o rio Novo, o rio Iconha percorre em maior parte áreas de baixas altitudes, situadas em seu baixo curso e há o predomínio de cultivos agrícolas em suas margens, do alto ao baixo curso. Isso condiciona a remoção da vegetação ciliar e, com a sua ausência, há o agravamento do assoreamento no leito do rio, mais vulnerável a receber material detrítico e de outras naturezas e que, consequentemente, impacta na ocorrência e na magnitude das inundações. Outro ponto de destaque neste âmbito é a eventual utilização de agrotóxicos que contaminam os lençois freáticos e o próprio rio.

Por sua vez, o perfil longitudinal do rio Itapoama indica que as transições de maiores para menores altitudes em distâncias curtas são ainda mais marcantes, com o curso d'água passando de quase 800 m para 300 m de altitude em aproximadamente 9 km. O rio não atravessa nenhuma área urbana em seu percurso e a não indicação de áreas sujeitas à inundações e/ou enxurradas no alto curso ou em áreas a montante do baixo curso não significam, necessariamente, que esses fenômenos não aconteçam no rio e em suas áreas marginais. Todavia, esses fenômenos têm seus efeitos mais visíveis nas áreas urbanas.

Embora seja o principal afluente do rio Iconha, o Itapoama não contribui indiretamente, com o lançamento de suas águas, para a ocorrência de inundações e enxurradas nos trechos urbanos atravessados pelo rio Iconha, uma vez que sua foz se encontra à jusante dos trechos urbanos atravessados por este rio. Um ponto em comum para os três rios é que, a montante de suas fozes, percorrem trechos correspondentes a uma ampla planície fluvial periodicamente inundável conhecida como vale do Orobó.

Ainda sobre os perfis longitudinais, Laszlo (2016) destaca que a análise dessas ferramentas, em consonância com outras variáveis dentro de um sistema fluvial, como geologia, geomorfologia, pedologia e uso e cobertura da terra, é importante para melhor compreender a morfologia e morfometria de um rio dentro de uma bacia de drenagem e a ocorrência de determinados fenômenos, como as inundações, o que repercute na identificação de eventuais fragilidades quanto ao uso e ocupação na bacia.

Nota-se que a maioria das cabeceiras dos principais afluentes e subafluentes da BDRN se inserem nas áreas de interflúvios, que correspondem às áreas topograficamente mais elevadas nos seus contextos locais e, em algumas situações, os cursos d'água mergulham para vales entalhados, como é o caso do rio Iconha ou do rio Novo (Figura 31).

Segundo Horton (1932), a densidade de drenagem corresponde ao resultado da razão entre o comprimento total dos canais de uma bacia e a sua área, além de controlar a eficiência do escoamento. Stevaux e Latrubesse (2017) argumentam que embora seja útil na análise da erosão, a densidade de drenagem deve ser utilizada com cuidado, uma vez que, por exemplo, duas bacias podem apresentar os mesmos valores para este parâmetro e possuírem frequências de canais distintas, sendo este um outro importante parâmetro nos estudos erosivos em bacias.

Figura 31. Vista para o vale do rio Novo no interior de Rio Novo do Sul. Fonte: acervo pessoal do autor (set. 2020).

Moura (2013) salienta que quanto maior o índice do parâmetro menor será a capacidade de infiltração da água, ao passo que valores baixos sugerem que a área é mais favorável à infiltração, também contribuindo com o abastecimento do lençol freático. A hipsometria, juntamente com outras características fisiográficas, como a litologia, o relevo e os solos, promovem diferentes influências na densidade de

drenagem. No mapeamento para a BDRN (Figura 32), nota-se que tanto os maiores quanto os menores valores de densidade de drenagem encontram-se distribuídos de maneira heterogênea pela bacia. Embora esteja mais concentrada no alto curso, a classe de maior valor de densidade de drenagem (4,1-5 km/km²) também ocorre esporadicamente nos médio e baixo cursos, com destaque para a área dos canais artificiais do vale do Orobó.

No trabalho de campo constatou-se que as áreas com os maiores valores de densidade de drenagem na bacia próximas à sede municipal de Vargem Alta e que correspondem à unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba são, em geral, marcadas por encostas e topos de morros florestados, tornando-as menos suscetíveis à erosão e à ocorrência de eventos geodinâmicos, como movimentos de massa. Quanto à pedologia, nas referidas áreas predominam os Latossolos que, por serem bem drenados, possuem boa permeabilidade e baixa suscetibilidade à erosão.

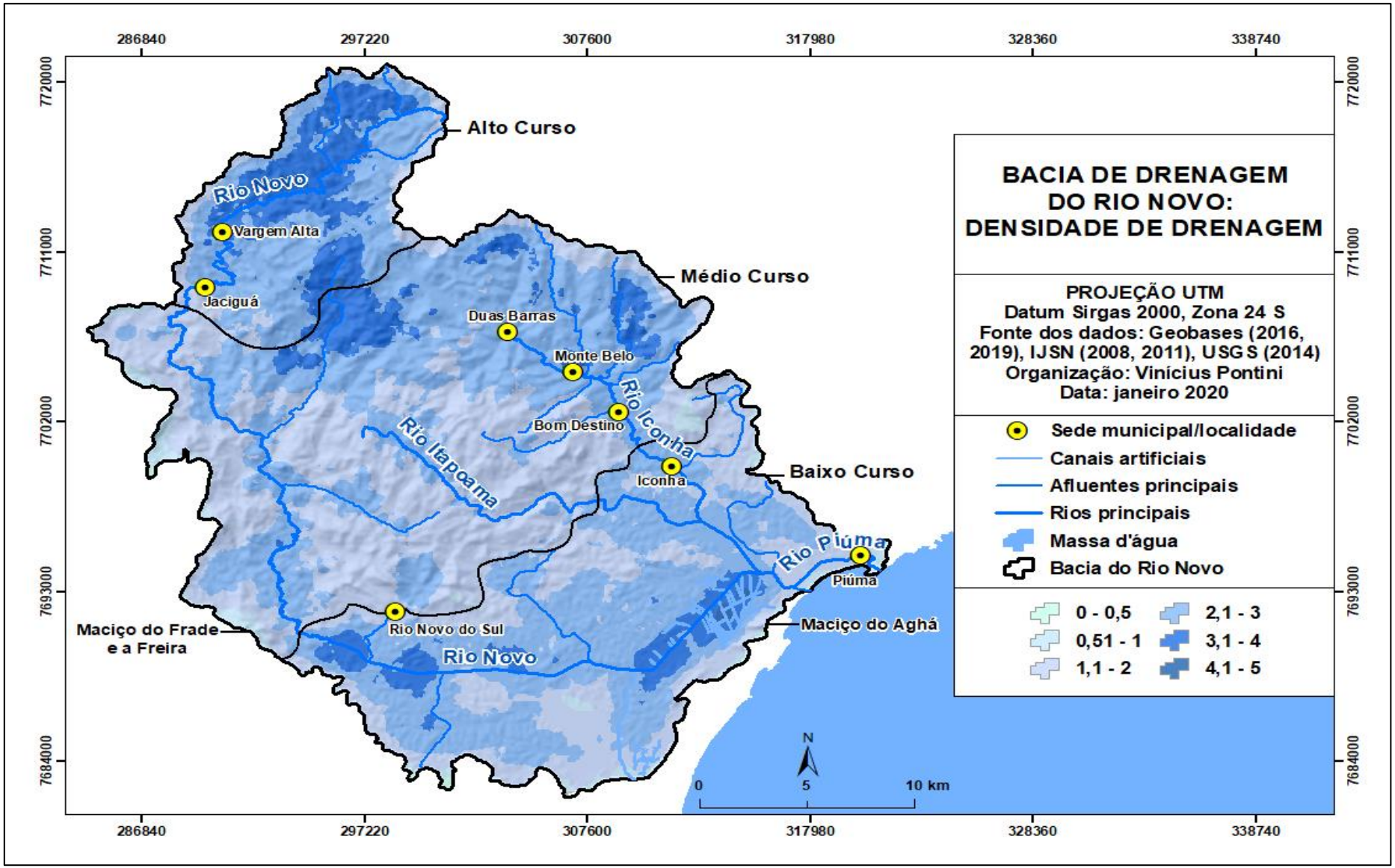


Figura 32. Mapa da densidade de drenagem da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

3.4 Solos

Conforme Pontini (2018), as duas tipologias de solos predominantes na bacia são as de Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico e Latossolo Amarelo Distrófico típico. Informações quantitativas destas e demais tipologias, bem como sua distribuição ao longo da bacia encontram-se na Tabela 4 e no mapa[33] na Figura 33.

Tabela 4. Tipologias de solos ocorrentes na BDRN.

Tipo de solo	Área (km²)	Percentual da área na bacia (%)
Argissolo Amarelo Distrocoeso abrúptico	2,61	0,34
Argissolo Vermelho Eutrófico típico	0,97	0,13
Cambissolo Háplico Tb Distrocoeso típico	**400,52**	**52,55**
Espodossolo Humilúvico Hidromórfico espessoarênico	23,21	3,05
Gleissolo Melânico Tb Distrocoeso típico	35,23	4,62
Latossolo Amarelo Distrófico típico	**242,01**	**31,75**
Neossolo Litólico Distrocoeso	41,67	5,47
Organossolo Háplico Fíbrico típico	15,93	2,09

Fonte: Pontini (2018). Em negrito, estão os dois tipos de solo que predominam na bacia. Organização própria.

Por serem os dois tipos mais recorrentes na bacia, serão priorizados na discussão os Cambissolo e Latossolo.

O Cambissolo Háplico compreende solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, pouco profundos a profundos, com sequência de horizontes A, B, C, sendo caracterizado pela presença de um horizonte B incipiente e com ocorrência de minerais facilmente intemperizáveis e fragmentos da rocha matriz no perfil (AGERH, 2018). Este tipo de solo apresenta restrições à exploração agrícola. De acordo com Deina (2013), é um solo de baixíssima permeabilidade e pouco profundo e, geralmente, cascalhento, sendo considerado jovem por conter minerais primários e altos teores de silte, mesmo em horizontes superficiais.

[33] Os símbolos e as cores de cada tipologia de solo aplicados no mapa abaixo foram consultados no Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007).

Em contrapartida, em virtude do emprego da mecanização agrícola e de irrigação, extensas áreas de ocorrência desse solo na BDRN são utilizadas amplamente no cultivo agrícola, onde predominam as culturas do café e da banana, além de práticas de silvicultura.

O grau de suscetibilidade dos Cambissolos à erosão varia, dependendo da sua profundidade, da declividade do terreno, dentre outros fatores (GUERRA; BOTELHO, 1998). Seu caráter típico significa que não apresenta características extraordinárias ou intermediárias para outras classes, representando o conceito central da classe (SANTOS et al., 2018). Na BDRN, encontram-se em áreas interioranas, marcadas pelas mais elevadas cotas altimétricas e pela alta declividade do relevo (PONTINI, 2018).

Por sua vez, os Latossolos representam um grupamento de solos com horizonte B latossólico. O critério utilizado na sua identificação é o desenvolvimento de horizonte B diagnóstico latossólico, em sequência a qualquer tipo de horizonte A e aumento de teor de argila do horizonte A para o B pouco acentuado. A cor do horizonte diagnóstico subsuperficial do solo é Amarelo.

Geralmente, é bem drenado e apresenta alta profundidade. Quando Amarelo, é marcado pela inexistência de horizonte O superficial, horizonte A de espessura e concorrências líticas variadas e principalmente, horizonte B latossólico rico em alumínio. São solos, em geral, profundos e bem estruturados, sempre ácidos, nunca hidromórficos, todavia são pobres em nutrientes para as culturas (AGERH, 2018). Sua gênese provém dos mais diversos tipos de rochas e sedimentos sob várias condições climáticas e vegetativas.

Frequentemente, os Latossolos apresentam reduzida suscetibilidade à erosão em virtude da boa drenagem e permeabilidade e a pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B (GUERRA; BOTELHO, 1998). Na BDRN, localizam-se, sobretudo, em áreas de hipsometria e declividade do relevo mais baixos quando comparados àqueles de ocorrência dos Cambissolos, embora também ocorram em áreas mais elevadas próximas à nascente do Novo. Ambos os solos podem, aliados à rede de drenagem e à dimensão dos perfis, favorecer a mecanização e práticas agrícolas variadas, com ou sem irrigação.

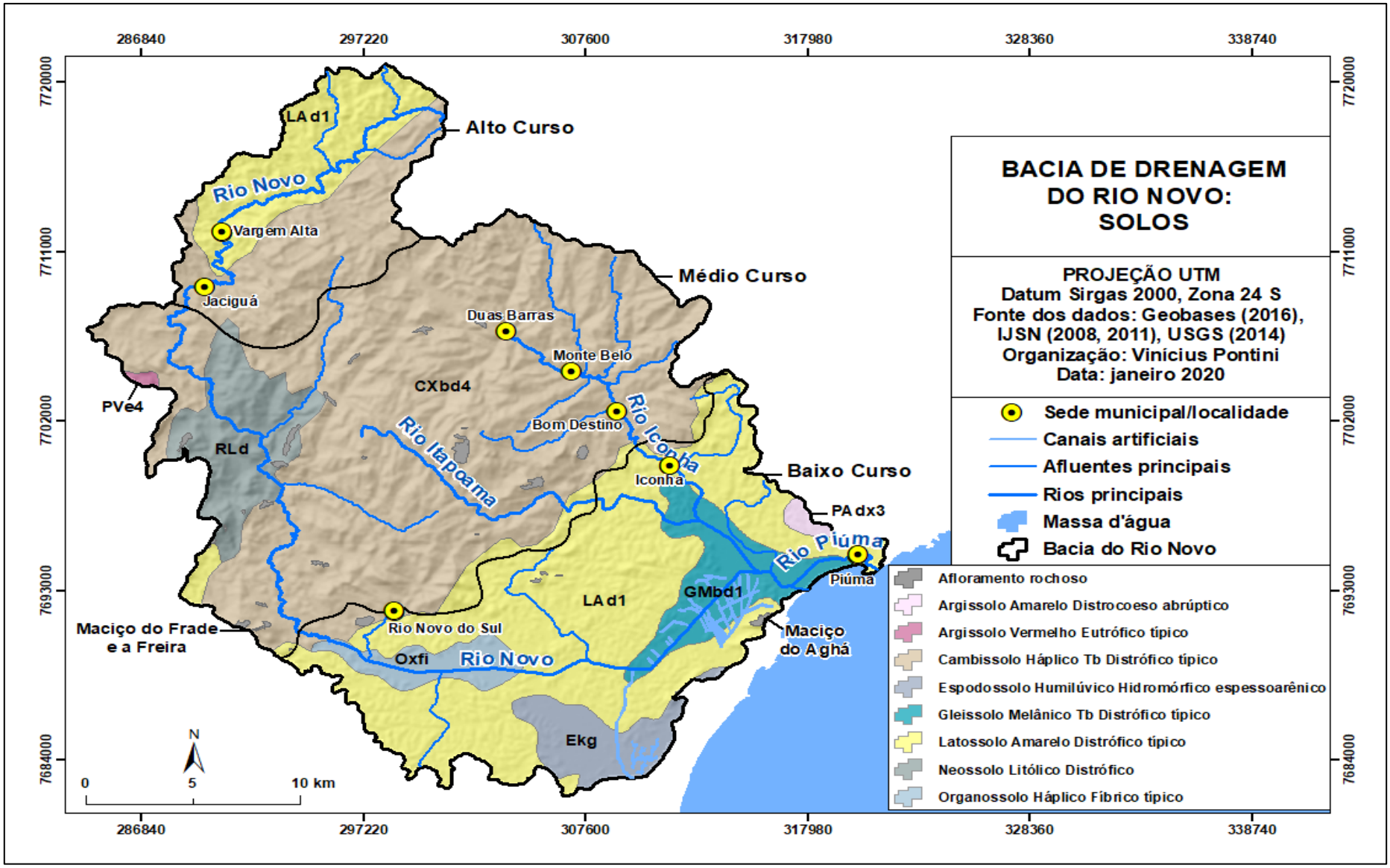


Figura 33. Mapa da tipologia de solos da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

Outra classe de solo que merece menção é a dos Gleissolos, que ocupam planícies aluviais, várzeas e áreas deprimidas por todo o Brasil e que, no contexto da BDRN, ocorrem no vale do Orobó, em uma área que ocorrem os maiores graus de densidade de drenagem na bacia graças à interferência antrópica com a construção de canais artificiais. De acordo com Guerra e Botelho (1998), são classificados como Glei Melânico quando apresentam, sobre o horizonte gleizado diagnóstico, um horizonte A espesso, escuro e com teor relativamente elevado de matéria orgânica Quando distróficos, são muito ácidos e, quanto à erosão, não apresentam consideráveis limitações por se localizarem em áreas planas que não favorecem o escoamento superficial.

3.5 Uso e cobertura da terra

Informações qualitativas e quantitativas acerca das classes de uso e cobertura da terra na BDRN estão dispostas na Tabela 5, ao passo que a Figura 34 apresenta a distribuição espacial de cada classe na bacia.

Tabela 5. Uso e cobertura da terra na BDRN.

Tipo de uso/cobertura	Área (km²)	Percentual da área na bacia (%)
Afloramento rochoso	4,37	0,57
Água	1,86	0,24
Alagado	12,63	1,66
Cultivo agrícola	**124,61**	**16,35**
Mata nativa	**195,38**	**25,64**
Manguezal	0,2	0,03
Mineração	1,13	0,15
Pastagem	**343,31**	**45,05**
Restinga	2,82	0,36
Silvicultura	65,7	8,62
Urbano	10,14	1,33

Fonte: Pontini (2018). Em negrito, estão os três tipos de usos/coberturas que predominam na bacia. Organização própria.

As áreas de pastagem correspondem à classe de maior abrangência na BDRN, ocupando 343,31 km² ou 45,05 % da bacia. Elas estão majoritariamente situadas nas áreas de relevo e topografia mais planos, o que favorece o desenvolvimento deste uso, onde realizam-se atividades pecuárias tanto de corte quanto de leite (A TRIBUNA, 2007).

As áreas de mata nativa correspondem à segunda classe mais abrangente na BDRN, com 195,38 km² ou 25,64 % da bacia. Esta classe se localiza, predominantemente, nas áreas interioranas da bacia com predomínio do domínio cristalino, representando coberturas vegetais remanescentes de mata atlântica. Ademais, nota-se que determinadas áreas florestadas correspondem à verdadeiros “bolsões vegetais” que se limitam com áreas de pastagens, culturas agrícolas e silvicultura (PONTINI, 2018).

Por sua vez, as áreas de cultivos agrícolas são a terceira classe mais expressiva na BDRN, correspondendo a 124,61 km² ou 16,35 % da bacia. A distribuição da classe pela bacia ocorre de maneira heterogênea: está mais concentrada no médio curso, sobretudo no vale do rio Iconha, embora também seja encontrada no alto e baixo cursos, sempre próxima aos principais cursos d’água. As culturas da banana e do café são as predominantes (A TRIBUNA, 2007).

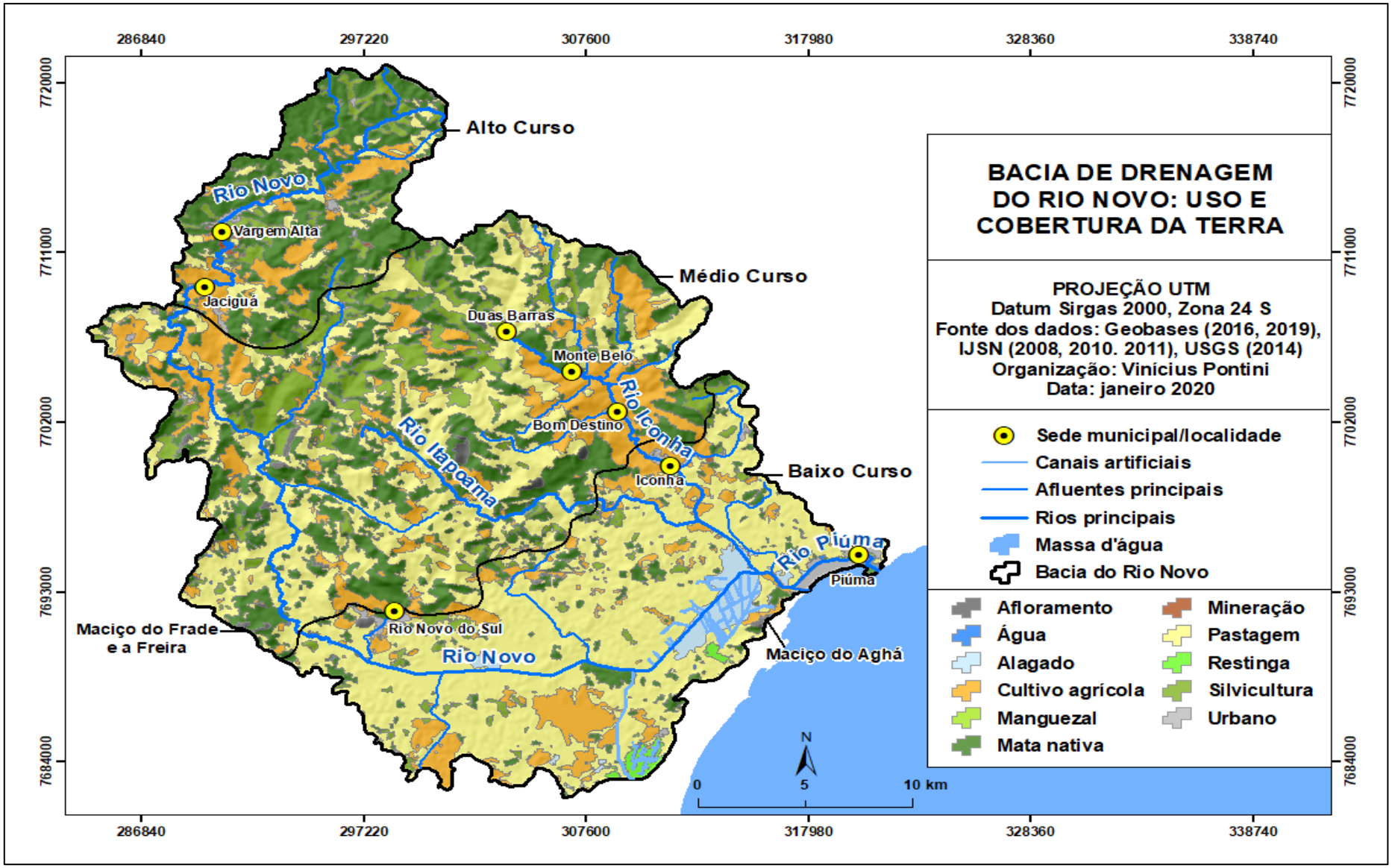


Figura 34. Mapa do uso e cobertura da terra da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

No trabalho da AGERH (2018) sobre o uso e cobertura da terra na BDRN, utilizando tipologias e um limite para a bacia diferentes dos empregados aqui, constatou-se que o chamado “sistema antropizado”, formado pelas tipologias cuja gênese associa-se à ações humanas, corresponde a aproximadamente 75 % da área da BDRN, o que é preocupante na medida em que o alto nível de antropização intensifica a pressão sobre a disponibilidade dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade.

No trabalho de campo também foram registradas fotografias de determinadas tipologias de uso e cobertura da terra na bacia, presentes na Figura 35.

Figura 35. Mosaico de determinadas tipologias de uso e cobertura da terra na Bacia de Drenagem do Rio Novo. A imagem do topo superior esquerdo, representando uma área de alagado, foi registrada pelo autor em setembro de 2018, ao passo que as demais foram registradas no trabalho de campo realizado no dia seis de setembro de 2020. Elaboração própria.

3.6 Urbanização e aspectos populacionais

Embora seja a sexta classe mais expressiva de uso e cobertura da terra na BDRN, as áreas urbanas serão destacadas pois são nelas que se materializam os mais expressivos exemplos das interferências antrópicas diretas nos ambientes fluviais da bacia.

O surgimento e a expansão das áreas urbanas estão estritamente relacionados ao crescimento populacional, que atingiu de forma significativa todos os municípios presentes na BDRN. A espacialização das áreas urbanas e dos principais modais de transporte na bacia está disposta na Figura 36, ao passo que informações quantitativas sobre o crescimento populacional dos municípios da bacia estão na Tabela 6 e no Gráfico 1.

Tabela 6. Crescimento populacional nos municípios da BDRN.

Ano / Município	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2020	Taxa de crescimento aproximado (%)[34]
Iconha	10.405	7.604	8.282	10.172	11.481	12.523	13.973	34.29
Itapemirim	31.733	28.558	35.113	44.492	28.121	30.988	34.656	9.21
Piúma	-[35]	3.583	5.345	9.430	14.987	18.123	22.053	515.49
Rio Novo do Sul	8.170	9.161	8.900	10.004	11.271	11.325	11.626	42.3
Vargem Alta	-[36]	-[35]	-[35]	13.082	17.376	19.130	21.591	65.04
Total	50.308	48.906	57.640	87.180	83.236	92.089	103.899	106.53

Fontes: IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2020). Os dados de 2020 são de população estimada, ao passo que os demais correspondem aos censos demográficos. Organização própria.

[34] As taxas foram calculadas considerando a diferença populacional entre o primeiro ano e o último ano onde os dados são dispostos para cada município.
[35] O município de Piúma foi fundado pela Lei Estadual nº 1908, de 24 de dezembro de 1963, desmembrado de Iconha. Logo, não consta a relação de população para o ano de 1960.
[36] O município de Vargem Alta foi fundado pela Lei Estadual nº 4063 de 10 de maio de 1988, desmembrado de Cachoeiro de Itapemirim. Logo, não constam as relações de população para os anos de 1960, 1970 e 1980.

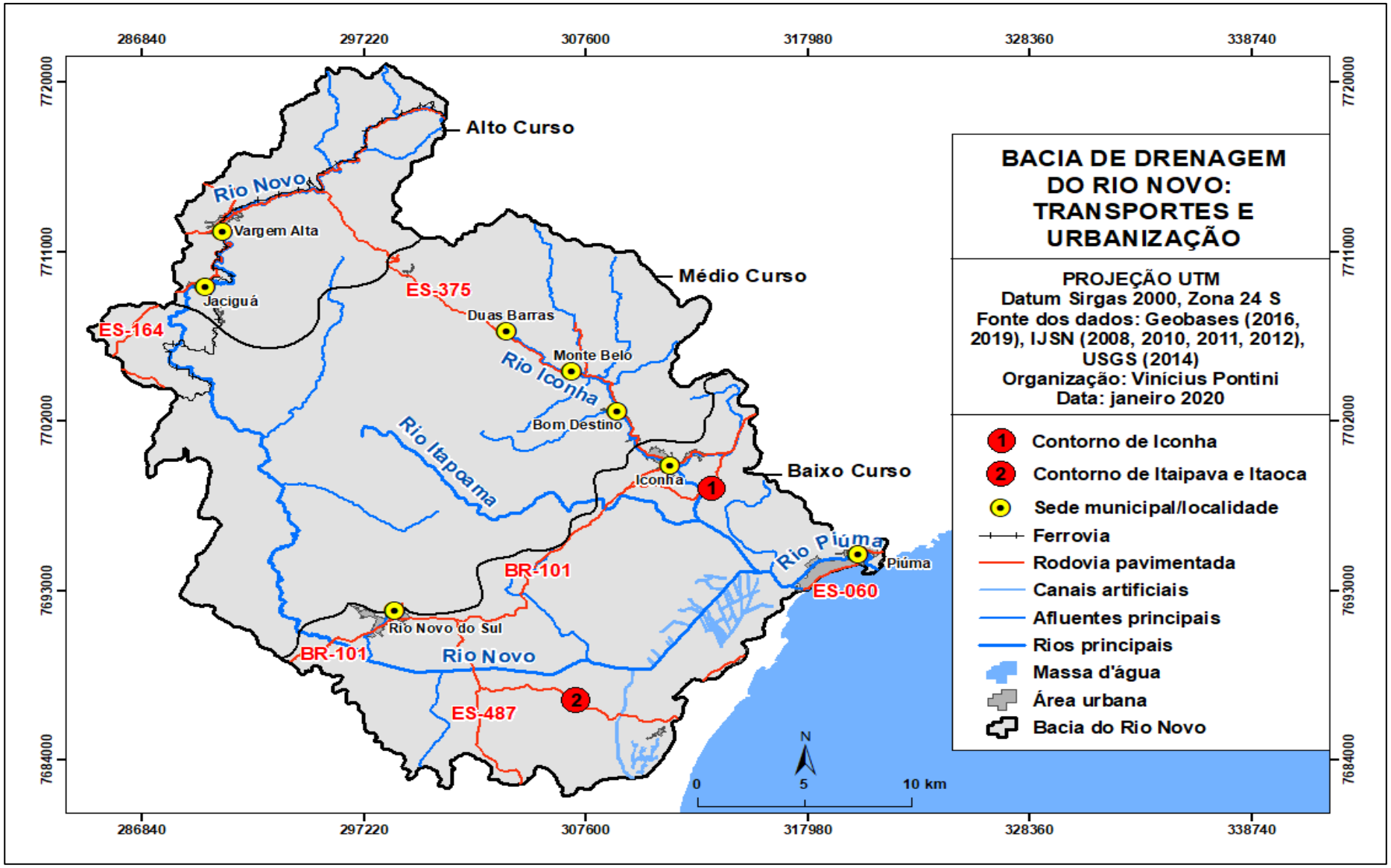
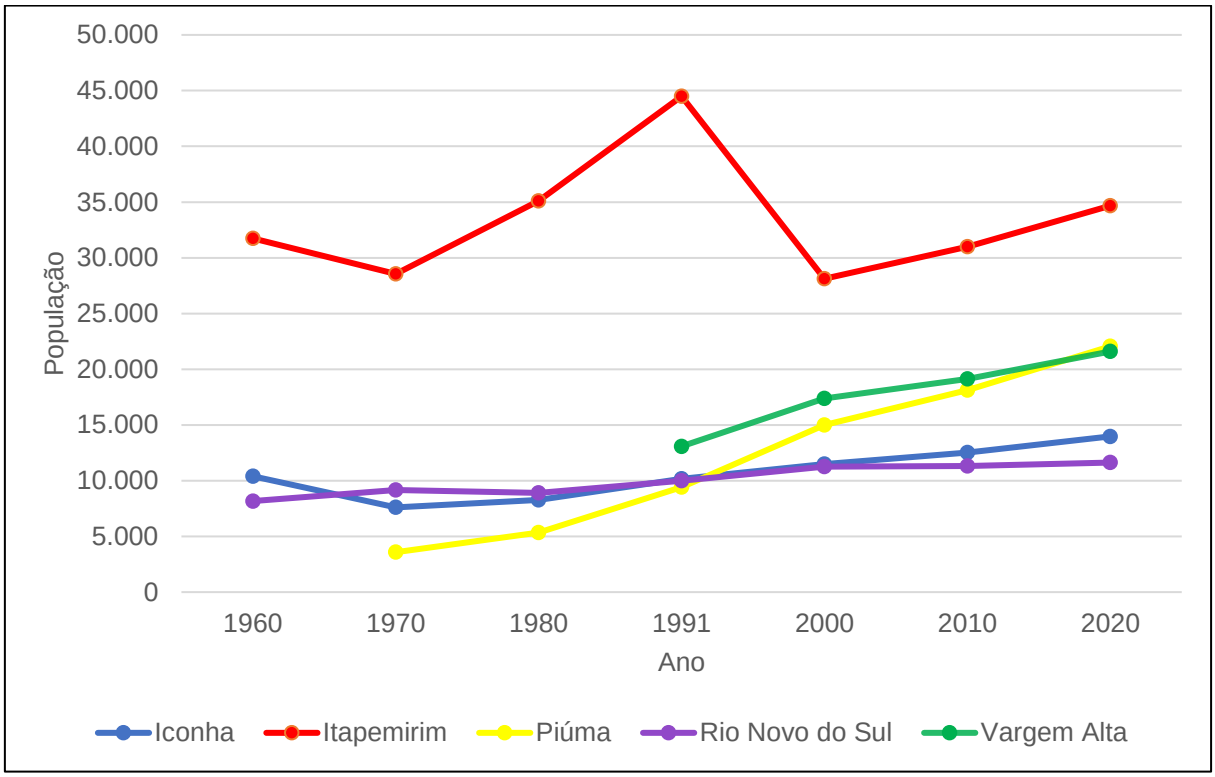


Figura 36. Mapa da rede de transportes e urbanização da Bacia de Drenagem do Rio Novo. Elaboração própria.

Gráfico 1. Crescimento populacional nos municípios da BDRN.



Fontes: IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2020). Elaboração própria.

Embora todos os municípios da bacia tenham apresentado crescimento populacional entre o primeiro ano cuja população é relacionada e o último ano, é preciso salientar alguns pontos. O mais importante é que essa população não se encontra totalmente inserida na BDRN, uma vez que apenas os territórios dos municípios de Iconha e Rio Novo do Sul encontram-se totalmente inseridos nela. Itapemirim, Piúma e Vargem Alta possuem áreas urbanas, que concentram muitas pessoas, fora dos limites da bacia.

O outro ponto é que, obviamente, a totalidade da população não se encontra apenas em áreas urbanas, mas também em rurais. Pela dificuldade de localização ou inexistência das informações sobre as populações rurais dos municípios nos primeiros censos demográficos, optou-se por levar em consideração a população total, sem distinção em urbana ou rural. De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado IBGE, Vargem Alta era o único município dos cinco que compõem a BDRN cuja população rural predominava em relação à urbana: 12.408 contra 6.722 (IBGE, 2010). Por sua vez, o não conhecimento acerca da distribuição espacial da população rural

nos municípios que integram parcialmente a bacia é outro ponto que precisa ser ponderado.

Os decréscimos populacionais significativos em alguns municípios observados entre os intervalos temporais são explicados pela criação de novos municípios, desmembrados destes e que, na maioria dos casos, não integram a BDRN. O decréscimo populacional observado em Iconha entre 1960 e 1970 se deve à criação do município de Piúma, desmembrando daquele, em 1963. Aquele observado em Itapemirim entre 1960 e 1970 se relaciona com a criação do município de Presidente Kennedy, desmembrado daquele, em 30 de dezembro de 1963, pela Lei Estadual nº 1.918. Por fim, o decréscimo populacional também observado em Itapemirim entre 1991 e 2000 remete à criação do município de Marataízes, desmembrado daquele, em 14 de janeiro de 1992 pela Lei Estadual nº 4.619.

O município menos populoso é Rio Novo do Sul, cuja população saltou de 8.170 em 1960 para 11.626 habitantes em 2020, representando um aumento de 42.3 %. O município mais populoso é Itapemirim, cuja população em 1960 era de 31.733 e em 2020 era de 34.656 habitantes, representando um aumento de 9.21 %, o mais baixo de todos os municípios da BDRN.

É importante destacar, mais uma vez, que a ampla maioria desta população não se encontra nos limites da bacia, uma vez que os núcleos urbanos dos dois distritos mais populosos do município, Itaipava e Sede, integram a bacia do rio Itapemirim. Por sua vez, Piúma (Figura 37) foi o município que apresentou o maior crescimento populacional na BDRN, passando de 3.583 em 1970 para 22.053 habitantes em 2020, representando uma taxa de crescimento de 515.49 %.

Figura 37. Vista parcial do núcleo urbano de Piúma, majoritariamente edificado ao longo de uma planície costeira/fluviomarinha. Constitui a porção mais populosa do município e é margeado pelo rio homônimo. Destaque, ao fundo, para o Monte Aghá (seta)[37]. Adaptação própria.

Todas as principais áreas urbanas da BDRN encontram-se edificadas ao longo dos principais cursos d'água da bacia e, consequentemente, nestas áreas há uma maior pré-disposição para a realização de interferências antrópicas executadas diretamente nos cursos d'água e ambientes fluviais associados, como as planícies de inundação e, consequentemente, para o incremento do quadro de degradação fluvial desses ambientes.

Atrelado à urbanização, um dado relevante e, no caso específico da BDRN, preocupante, é o que diz respeito ao esgotamento sanitário. Um sistema de esgotamento sanitário completo e de eficiência é de extrema importância, uma vez que contribui, concomitantemente, para a saúde pública e para a redução da degradação ambiental de cursos d'água receptores de efluentes. A Tabela 7 apresenta dados compilados sobre o esgotamento sanitário urbano dos cinco municípios componentes da BDRN presentes no aplicativo de *smartphone* Atlas Água e Esgotos, desenvolvido pela ANA.

[37] Disponível em: <http://www.praiadepiuma.com.br/cidade/>. Acesso em: 28 maio 2020.

Tabela 7. Informações sobre esgotamento sanitário urbano nos municípios da BDRN, para o ano de 2013.

Município	Atendimento adequado (%)	População atendida com fossa séptica (%)	População atendida com coleta e tratamento (%)	População atendida com coleta sem tratamento (%)	População não atendida com coleta e tratamento (%)
Iconha	46	10	36	54	0
Itapemirim	25	14	11	0	75
Piúma	59	10	49	0	41
Rio Novo do Sul	1	1	0	77	22
Vargem Alta	10	4	6	16	74

Fonte: aplicativo de *smartphone Atlas Água e Esgotos*, ANA, 2013. Organização própria.

Nota-se que os dados, apesar de serem do ano de 2013, revelam um panorama preocupante na bacia. Dos cinco municípios, Piúma foi o que apresentou o melhor atendimento adequado (59%), o que ainda é longe do ideal. No outro extremo, Rio Novo do Sul mostrou um atendimento adequado de apenas 1%. Quanto à população atendida com coleta e tratamento de esgoto, o percentual não chega à metade (50%) em nenhum município, ao passo que a população não atendida por nenhum desses dois serviços, os dados também são preocupantes: Iconha dispunha de 0% da sua população urbana, o que, muito provavelmente, corresponde a algum erro nos dados, enquanto que Itapemirim e Vargem Alta apresentaram, respectivamente, 75 e 74% de suas populações urbanas desprovidas de tais serviços.

Corroborando com os dados da ANA, as informações sobre esgotamento sanitário presentes no documento da AGERH (2018) apontam que tanto a cobertura de coleta como o tratamento de esgoto na BDRN são ainda parciais nas zonas urbanas e rurais, fazendo-se necessário a elaboração de propostas e de ações que visem a ampliação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto na bacia no âmbito do Plano de Recursos Hídricos.

CAPÍTULO 4 – INTERVENÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO NOVO

A urbanização e as suas mais variadas materializações constituem as principais interferências antropogênicas, diretas ou indiretas, observadas atualmente na BDRN. A ocupação e construção de imóveis às margens dos rios, com remoção da mata ciliar e lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento nos cursos d'água podem ser registradas em vários pontos da bacia onde, em muitos locais, coincidem com áreas de planície de inundação, o que auxilia no agravamento dos episódios de extravasamento da água do leito.

O assoreamento é outro ponto a ser destacado, especialmente no baixo curso, já no rio Piúma. Com as construções inadequadas em áreas marginais e a retirada da mata ciliar há o favorecimento da maior chegada de sedimentos ao curso d'água que, quando acumulados, podem gerar bancos de areia e ilhas vegetadas, o que reduz a sua capacidade e qualidade hídrica e favorece as inundações (CUNHA, 2009). A maior foz do Piúma é do tipo estuário onde, a poucos metros a montante, encontra-se uma colônia de pescadores locais que, com o assoreamento do estuário, só conseguem sair para e voltar do alto mar quando a maré está cheia o suficiente para as embarcações passarem sem encalhar, sendo impossível a passagem de barcos de médio porte (A TRIBUNA, 2007).

De modo a melhor interpretar e caracterizar as interferências antrópicas na BDRN para fins deste trabalho, foram selecionados alguns exemplos de maior expressão e abrangência física na bacia e que atuam em conjunto com as características fisiográficas locais nas suas materializações e repercussões. Todos os exemplos discutidos abrangem, predominantemente, os setores médio e baixo da BDRN, que são os mais urbanizados. Eventuais apontamentos acerca de tais interferências em trechos do alto curso da bacia serão contemplados no Capítulo 5, que trata da aplicação do modelo de PAR para a área de estudo.

4.1 Inundações

Na BDRN, a ocorrência deste tipo de fenômeno ocorre de maneira esporádica, especialmente nos períodos de cheia dos rios que formam seu sistema de drenagem. Apesar de comumente se observar as inundações, em um cenário geral, ocorrendo nos baixos cursos dos rios ou das bacias, em virtude da baixa topografia e declividade do terreno que condicionam o acúmulo de água extravasada nas áreas marginais dos cursos d'água, também se sucedem inundações no alto curso da bacia. É importante salientar que todas as sedes municipais situadas nos limites da BDRN (Iconha, Piúma, Rio Novo do Sul e Vargem Alta) se edificaram ao longo de cursos d'água. Embora seja um fenômeno natural, a inundação pode ter seus efeitos e consequências agravados pelas interferências do ser humano nas bacias.

O atlas da vulnerabilidade à inundações do estado do Espírito Santo da ANA (2014) revela que a BDRN possui determinados setores onde os cursos d'água são sujeitos à ocorrência de inundações, como mostra a Figura 38 abaixo.

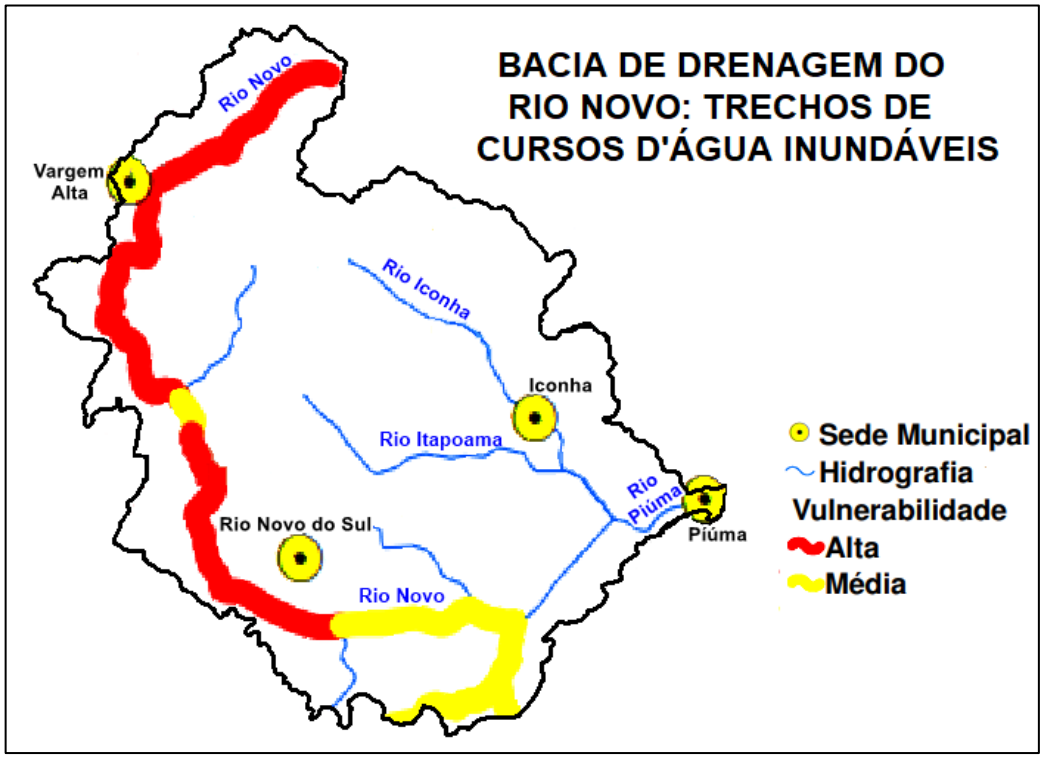


Figura 38. Mapa de trechos de cursos d'água inundáveis na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a ANA (2014). Adaptação própria.

Nota-se que, segundo o mapa, os trechos considerados como altamente vulneráveis à inundação são todos correspondentes ao rio Novo, desde a nascente próximo à sede de Rio Novo do Sul, o que vai contra às características do relevo regionais, onde o rio sofre grandes quebras na sua seção longitudinal e atravessa poucas áreas de topografia plana, onde formam-se as planícies de inundação. Em adição a isso, o rio Iconha, que possui um significativo histórico de inundações, não possui nenhum trecho do seu curso demarcado no mapeamento como vulnerável à ocorrência de tal fenômeno, nem mesmo os trechos dos três principais rios da bacia que atravessam o vale do Orobó, uma grande planície de inundação.

Em documento disponibilizado pela AGERH (2018) foi feito, dentre outras coisas, um mapeamento apontando áreas com riscos de inundação na BDRN (Figura 39), levando em consideração, na metodologia empregada, dados fornecidos pelo atlas de vulnerabilidade às inundações do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, de 2013; setorizações de riscos geológicos executados pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), de 2011 a 2015; e informações sobre desastres da Defesa Civil do Espírito Santo.

No referido mapeamento é notória a maior incidência e risco à inundações no baixo curso da bacia e, em relação à vulnerabilidade à inundação, observa-se que os setores indicados com alta vulnerabilidade correspondem às sedes municipais de Vargem Alta (alto curso) e Rio Novo do Sul (baixo curso). Vargem Alta, como já mencionado, possui sua sede cortada pelo rio Novo, ao passo que a de Rio Novo do Sul é atravessada pelo córrego Pau d’Alho, afluente do Novo.

Em contrapartida, também se nota que a área urbana correspondente à sede de Iconha não é cruzada pelos dados vetoriais em formato de linha correspondentes à vulnerabilidade à inundação, que é margeada pontualmente pela linha que expressa média vulnerabilidade (cor laranja). Portanto, observa-se a ausência de menção às inundações periódicas ocorrentes no rio Iconha em ambos os documentos/mapeamentos e que podem comprometer ações de planejamento, uma vez que tais trabalhos são importantes instrumentos para tomadas de decisão.

Ainda no documento da AGERH existem informações acerca de registros de desastres por meio de decretos municipais e estaduais e portarias de reconhecimento federal (Quadro 14).

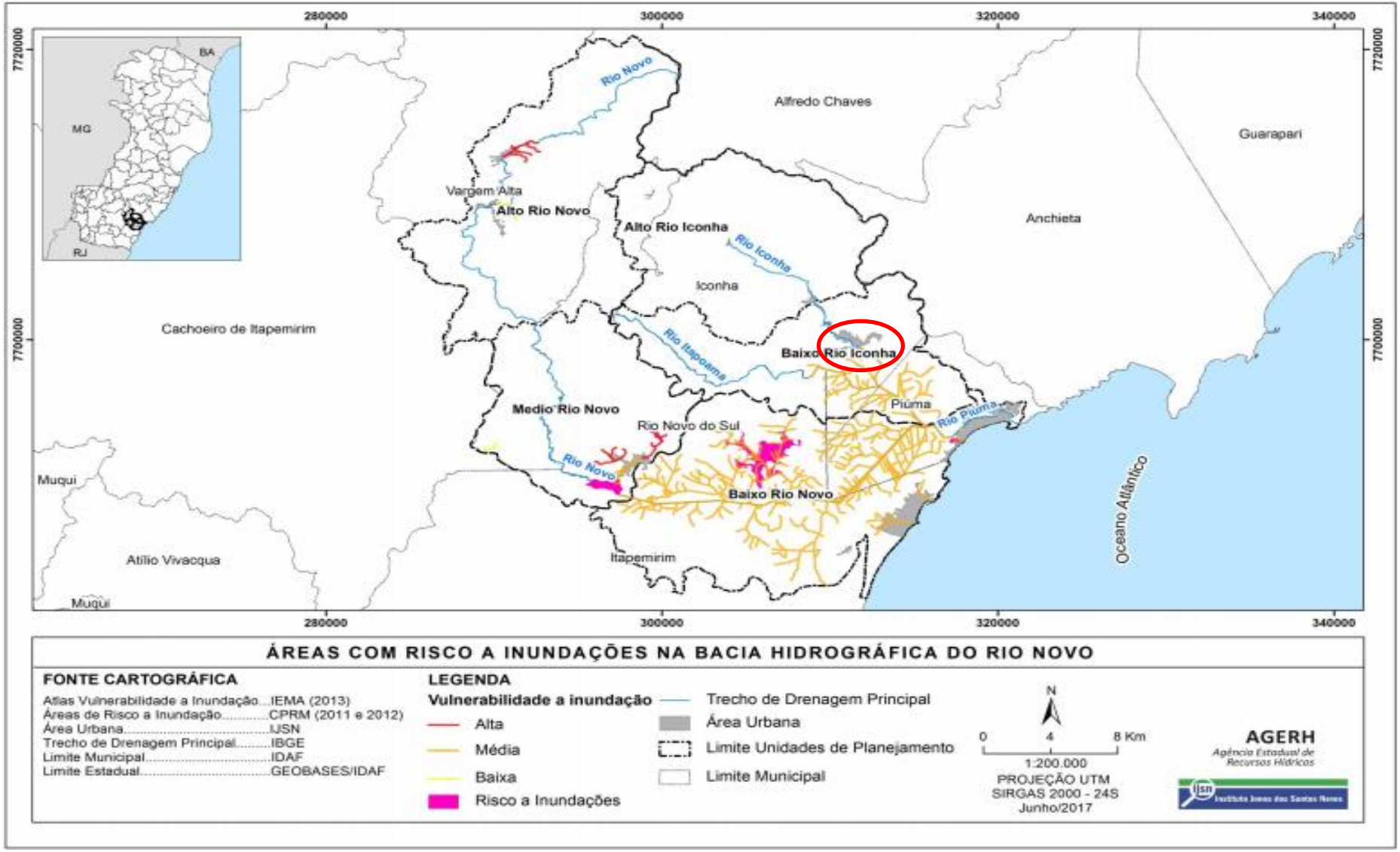


Figura 39. Mapa das áreas com risco de inundações na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a AGERH (2018). A forma oval vermelha destaca a área urbana (em cinza) da sede municipal de Iconha. Adaptação própria.

Quadro 14. Registro de desastres pela Defesa Civil para os municípios da BDRN.

Município	Tipo[1]	Desastre	Decreto municipal	Decreto estadual	Portaria de reconhecimento federal
Iconha	SE	Enxurrada	3092/2016	105-S/2017	18/2017
Itapemirim	SE	Enchente	4859/2011	150-S/2011	-
	SE	Enchente	4960/2011	957-S/2011	-
Rio Novo do Sul	SE	Enxurrada	252/2013	667-S/2013	-
	SE	Enxurrada	278/2013	708/2014	-
Vargem Alta	SE	Enxurrada	2079/2011	760-S/2011	-
	SE	Enxurrada	-	2924-S/2013	151/2013

Fonte: AGERH (2018), a partir de dados fornecidos pela Defesa Civil de 2011 a 2017. [1]: SE = Situação de Emergência. Organização própria.

Segundo reportagem do jornal A Gazeta, o município possui um significativo histórico de inundações e enxurradas, que são registradas desde 1942, tanto na sede quanto em outros distritos (RIBEIRO, 2020). Uma das mais marcantes foi a que ocorreu no ano de 1984, que devastou vários pontos do município (Figura 40).

Figura 40. Moradores limpando estragos causados pela inundação de 1984 na sede municipal de Iconha[38].

[38] Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/sul/chuva-em-iconha-a-historia-de-destruicao-na-cidade-em-grandes-enchentes-0120#>. Acesso em: 02 abr. 2020.

O episódio de inundação de alta magnitude mais recente na BDRN data do dia 17 de janeiro de 2020 (Figuras 41 e 42), quando fortes chuvas atingiram as áreas das cabeceiras dos rios principais, no alto curso, e repercutiram também em áreas a jusante.

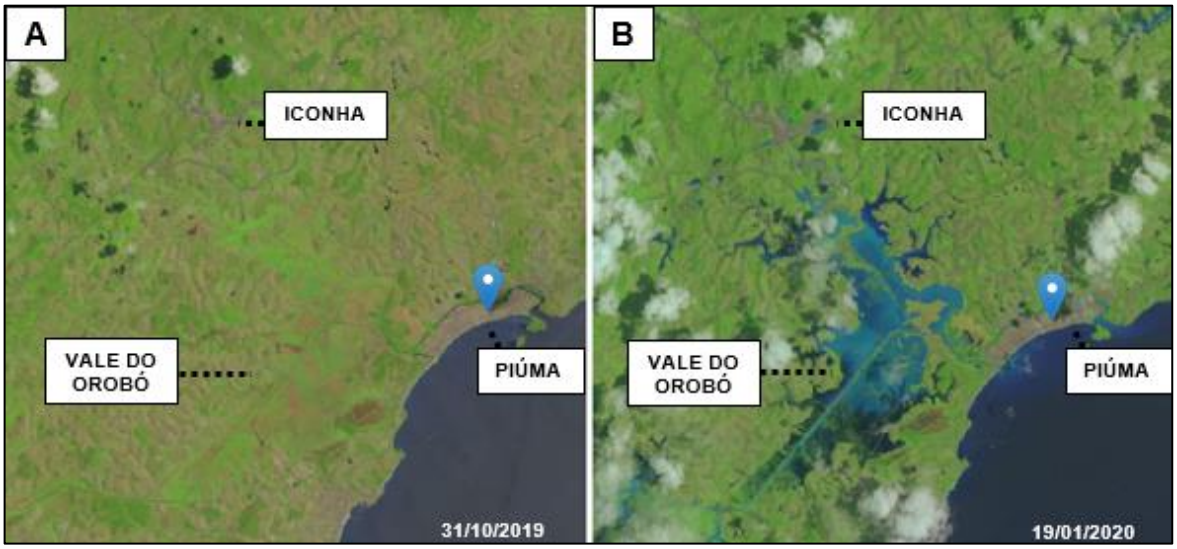


Figura 41. Imagens de satélite da série *Landsat* 8 fornecidas pelo *USGS* para parte do baixo curso da BDRN. A) Passagem em 31 de outubro de 2019, em período de vazante. B) Passagem em 19 de janeiro de 2020, em período de cheia. Nota-se a grande área inundável de cor azul no centro da imagem. Adaptação e organização próprias.

Figura 42. Inundação na sede municipal de Iconha em decorrência das fortes chuvas de 17 de janeiro de 2020[39].

[39] Disponível em: <https://www.portalvalenoticias.com.br/noticia/994/cidades-do-es-entram-em-estado-de-calamidade-publica-apos-enchentes>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Os altos índices de precipitação pluvial registrados a partir do dia 17 de janeiro foram observados em vários municípios, especialmente, no sul capixaba, que sofreram danos econômicos, materiais e humanos trazidos pelas chuvas. Nove pessoas faleceram, sendo quatro em Iconha, três em Alfredo Chaves, uma em Conceição do Castelo e uma em Iúna (CEPDEC, 2020). Tais fatos foram amplamente noticiados pelas mídias televisivas e jornalísticas locais e até mesmo nacionais (Figura 43), com destaque para o município de Iconha, o mais afetado da bacia.

Figura 43. Capturas de telas de manchetes de reportagens sobre os efeitos da inundação e enxurrada de janeiro de 2020 em Iconha[40]. Adaptação e organização próprias.

[40] Disponível em: <https://www.aquinoticias.com/2020/01/iconha-esta-em-alerta-por-conta-de-enchente-bombeiros-dizem-que-ha-desabrigados-veja-videos/>. Acesso em: 02 abr. 2020.
Disponível em: <https://portalmaratimba.com.br/enchente-em-iconha-rio-sobe-4-metros-e-arrasta-tudo-no-centro-da-cidade/>. Acesso em: 02 abr. 2020.
Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espirito-santo/noticia/2020/01/28/maior-parte-da-lama-e-retirada-de-iconha-es-e-moradores-falam-sobre-recomeco.ghtml>. Acesso em: 02 abr. 2020.
Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/01/cidade-do-es-e-tomada-por-destruicao-e-vira-segunda-brumadinho-apos-enxurrada.shtml>. Acesso em: 02 abr. 2020.

A sede municipal de Iconha encontra-se edificada em uma área de planície de inundação do rio Iconha e é, em partes, cercada por um relevo marcado por vertentes de declividades onduladas e forte onduladas e cujas encostas não são totalmente vegetadas, como pode-se observar na já mencionada Figura 42, havendo maiores chances, em episódios de intensas precipitações fluviais, dos sedimentos gerados serem carreados ao fundo do vale, assoreando o rio e, consequentemente, potencializando os efeitos das inundações.

No dia 22 de janeiro, o governo federal reconheceu o decreto de estado de calamidade pública para quatro cidades, sendo três delas situadas na BDRN: Iconha, Rio Novo do Sul e Vargem Alta, além de Alfredo Chaves (G1 ESPÍRITO SANTO, 2020[41]). Estes foram os municípios mais atingidos pelas chuvas do mês, que tiveram outros efeitos materiais além das inundações e enxurradas em si, como destruição de pontes, rodovias e edificações em geral, suspensão do fornecimento de água, energia elétrica, telefone e serviços similares, perda/escassez de produtos básicos em supermercados e comércios correlatos, como alimentos e materiais de higiene pessoal e limpeza e o completo isolamento de algumas comunidades interioranas por via terrestre.

Como mencionado anteriormente, as inundações são fenômenos naturais que podem ser potencializados pela ação antrópica das mais diversas formas. Do ponto de vista natural, a chuva concentrou-se nas áreas de maiores altitudes, que também coincidem com as maiores declividades da bacia. Uma vez que os rios correspondem às porções mais baixas dos terrenos por onde eles passam, a alta concentração pluviométrica em suas cabeceiras (alto curso) verte naturalmente para suas calhas. Em adição a isso, ainda tratando-se do alto e também do médio curso, as seções longitudinais são marcadas por muitas quebras de inclinação, correspondendo a níveis de base locais que condicionam o aumento da velocidade do fluxo.

Além dos estragos nestes compartimentos, isso resultou na chegada enérgica d'água (enxurrada) em setores no baixo curso, como a sede de Iconha que, somado às interferências antrópicas nos cursos d'água e áreas marginais – canalização, remoção

[41] Tratando-se de uma reportagem jornalística, o título da sua indicação nas referências da dissertação está como "UMA semana após forte chuva que deixou mortos no ES, 3,3 mil pessoas ainda estão fora de casa".

de vegetação ciliar, ocupações inadequadas – culminou no cenário de tragédia observado nos municípios da bacia (Figura 44).

Figura 44. Efeitos das fortes chuvas de janeiro de 2020 na BDRN. A e B) Destruição de residências e veículo e acúmulo de lama na sede de Iconha[42]. C) Cratera aberta na ES-375, em Rio Novo do Sul[43]. D) Edifícios destruídos em Vargem Alta[9]. Adaptação e organização próprias.

Como já previamente destacado, o fenômeno das inundações, no contexto da BDRN, não é restrito apenas ao baixo curso, ocorrendo, também, em setores dos alto e médio cursos da bacia, ocorrendo em áreas de declividade de moderada à baixa e em todas as unidades geomorfológicas da bacia. Um dos fatos que auxilia a explicar a incidência desses eventos no alto curso da bacia é que, a jusante, existem uma sucessão de *knickpoints* e barramentos (Figura 45) onde há a organização dos trechos planos, que são justamente onde ocorrem, de maneira recorrente, as inundações e, também, a edificação de áreas urbanas.

[42] Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espirito-santo/noticia/2020/01/18/fotos-confira-o-cenario-de-destruicao-em-iconha-apos-a-forte-chuva-no-es.ghtml>. Acesso em: 02 abr. 2020.
[43] Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espirito-santo/noticia/2020/01/24/uma-semana-apos-forte-chuva-que-deixou-mortos-no-es-33-mil-pessoas-ainda-estao-fora-de-casa.ghtml>. Acesso em: 02 abr. 2020.

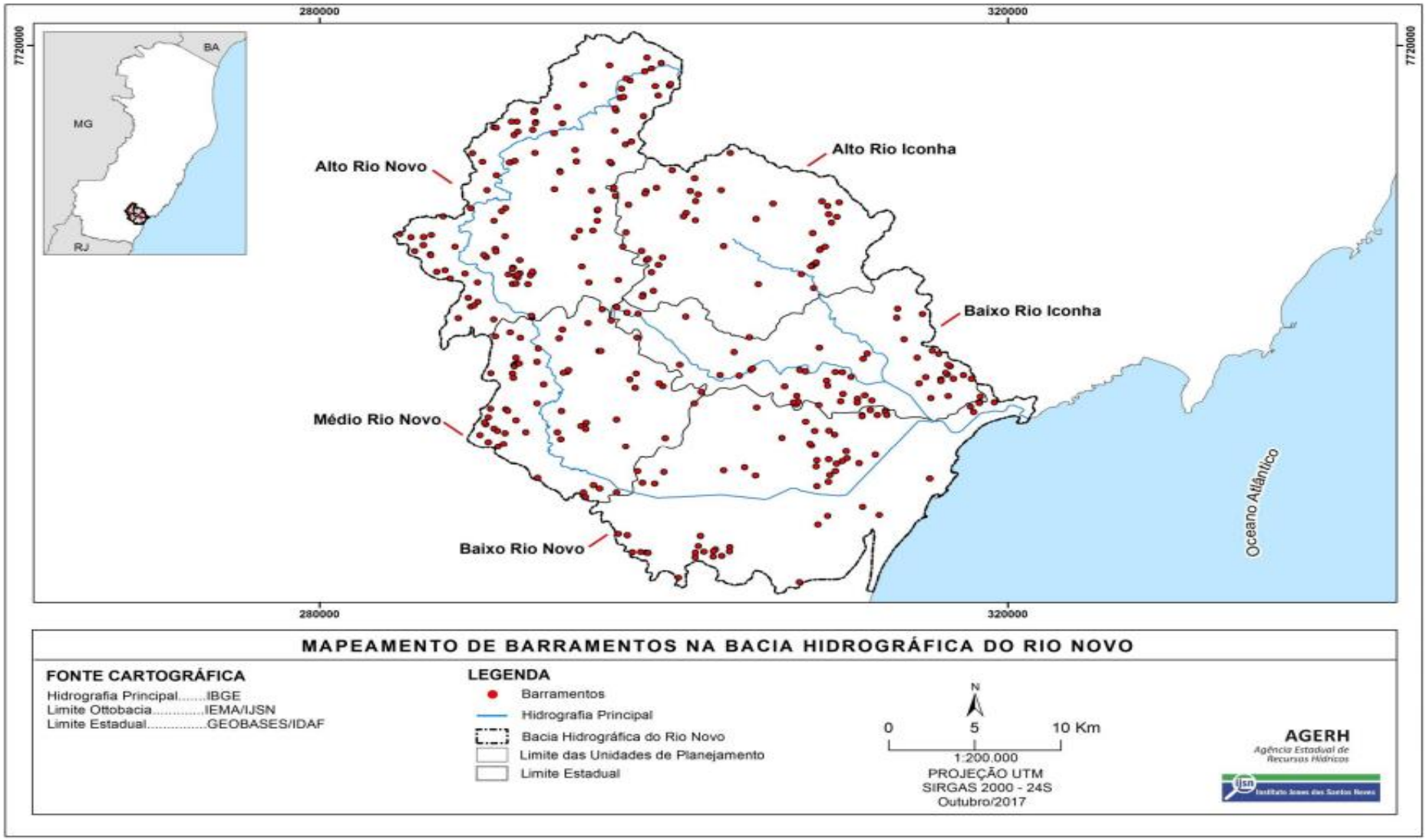


Figura 45. Mapa de barramentos na Bacia de Drenagem do Rio Novo, segundo a AGERH (2018). A unidade de planejamento “Alto Rio Novo” possuía a maior quantidade, 111 ao total, ao passo que a unidade de planejamento “Alto Rio Iconha” possuía a menor quantidade, 47 ao total.

4.2 Canais artificiais retilíneos do vale do Orobó

O vale do Orobó diz respeito a uma ampla área situada no interior dos municípios de Iconha, Itapemirim, Piúma e Rio Novo do Sul correspondente à planície fluvial inundável dos rios Novo, Iconha e Piúma. A população local, por conta da topografia plana e baixa que caracteriza a área, sofre periodicamente com os empecilhos trazidos pelas inundações dos rios que atravessam a área nos períodos de cheia, como já foi destacado no trabalho de Coelho e Nascimento (2012) (Figura 46).

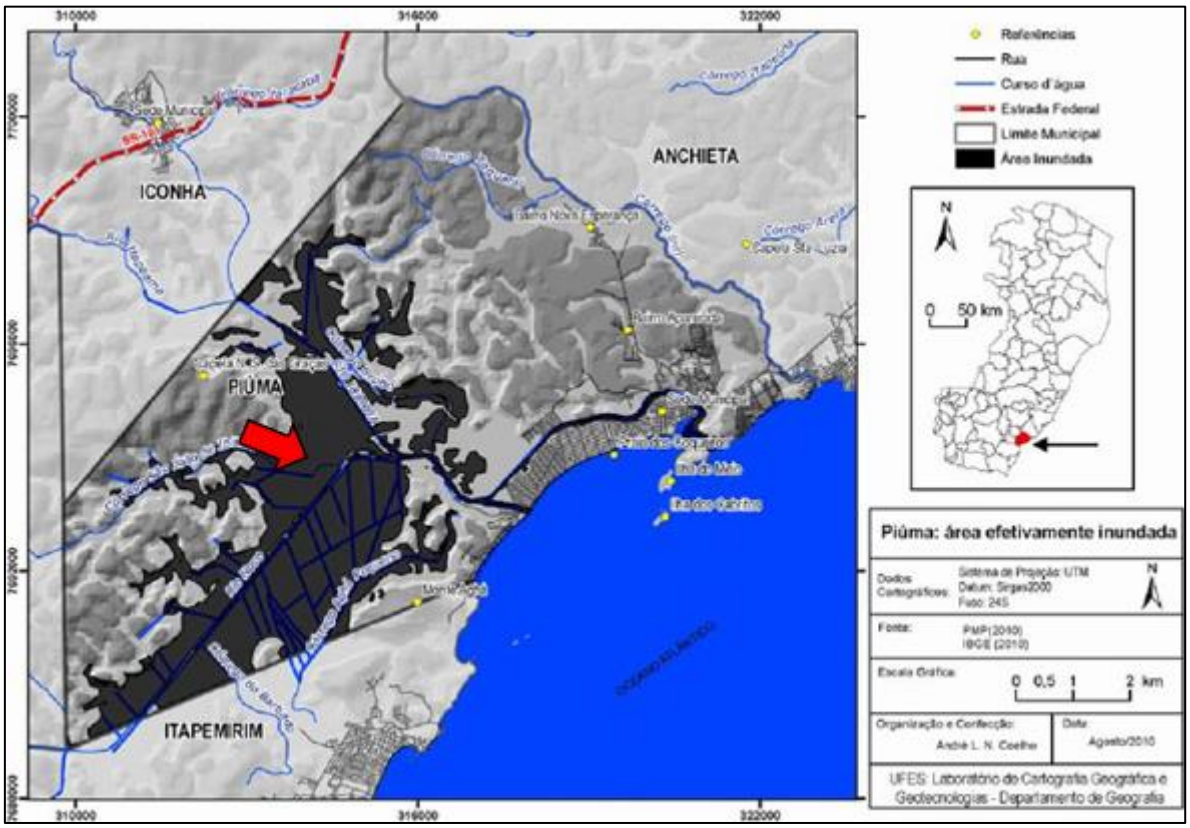


Figura 46. Mapa de áreas sazonalmente inundáveis em Piúma no ano de 2008, em tom escuro. Grande parte da área inundada compreende à ao vale do Orobó no município (seta). Fonte: Coelho e Nascimento (2012). Adaptação própria.

Segundo Paula (2014), historicamente a área foi ocupada de forma adaptada à essa condição, destacando o cultivo de arroz. Todavia, devido a alterações ambientais naturais, parte do rio Piúma foi desviada para o Oceano Atlântico (atual canal de Itaputanga) pela sucessão de chuvas torrenciais que atingiram o local, proporcionando o aumento da vazão e do escoamento superficial e fazendo com que o vale do Orobó

ficasse inundado por menos tempo. Tais fatos motivaram os proprietários de terra locais a iniciarem outras práticas, como a pecuária extensiva.

Posteriormente, obras de engenharia aterraram o canal formado e o vale voltou a sofrer de maneira mais efetiva com as inundações, o que gerou o descontentamento dos pecuaristas, alegando sofrer prejuízos econômicos, embora o fenômeno das inundações seja natural e sazonal na área. Novas intervenções foram realizadas visando atender as reivindicações dos pecuaristas, promovendo novamente a abertura do canal (PAULA, 2014).

Em meio a tais fatos, também foram construídos dezenas de canais artificiais (Figura 47) para auxiliar na drenagem da área nos períodos de inundação e também ser captada para uso na agropecuária. Além da construção dos canais, observa-se em imagens de satélite que os rios, especialmente o Novo e o Iconha, apresentam no trecho que percorrem suas planícies fluviais um padrão retilíneo quando, normalmente, é comum observar um padrão sinuoso ou mesmo meandrante (Figura 48), revelando interferência antrópica em suas morfologias por meio de retificação.

Figura 47. Trecho da planície fluvial inundável do rio Novo, na zona rural de Piúma. As setas destacam alguns canais artificiais retilíneos identificados na imagem. Ademais, também se destaca a morfologia retilínea do rio no trecho em questão. Fonte: *Google Earth Pro*, imagem de satélite *DigitalGlobe*, com data de passagem em 24 jun. 2019. Adaptação própria.

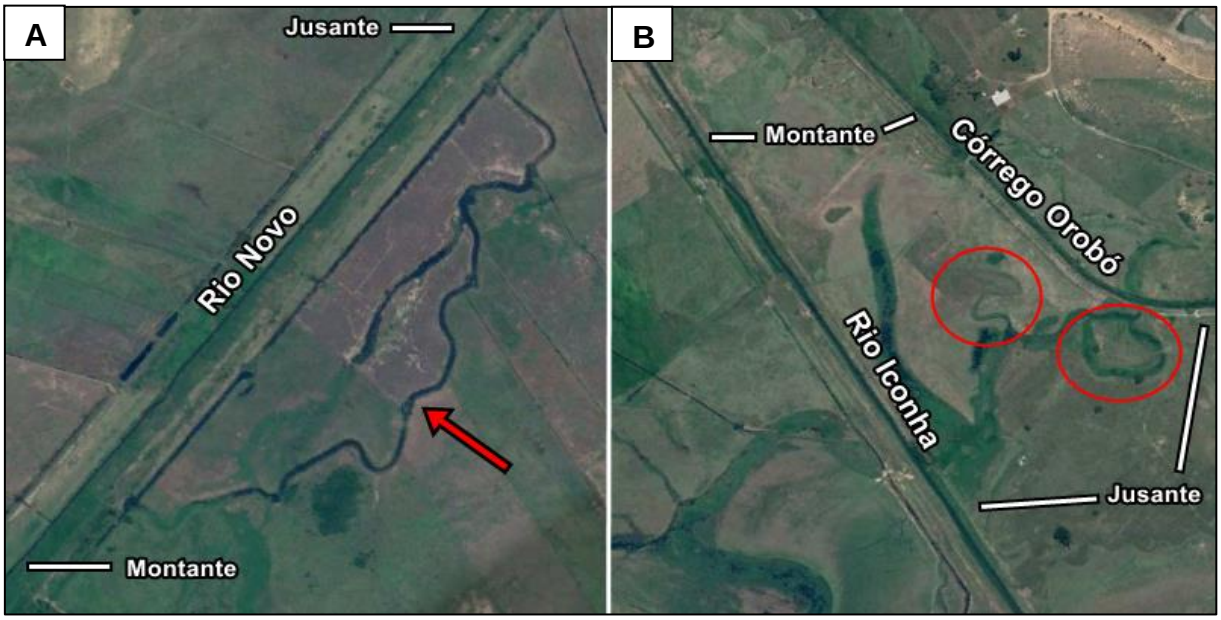


Figura 48. A) Trecho atualmente retilíneo do rio Novo em sua planície fluvial e trecho adjacente sinuoso do mesmo rio antes da sua canalização (seta). B) Trechos retilíneos do rio Iconha e córrego Orobó com destaque para meandros abandonados na planície fluvial (círculos). Fonte: *Google Earth Pro*, imagem de satélite *DigitalGlobe*, com data de passagem em 20 set. 2019. Adaptação e organização próprias.

Embora a construção desses canais artificiais tenha beneficiado o desenvolvimento de atividades agropecuárias na região, faz-se necessário mencionar seu efeito nocivo na dinâmica hidrológica local. A compreensão sistêmica, muitas vezes omitida em tais obras de engenharia, é de extrema importância por permitir a reflexão de que, tratando-se de um único sistema (fluvial), a execução de obras de tal porte causarão mudanças não apenas no trecho da obra, como também a montante e a jusante. Os rios, além de terem sido retificados no local, ficaram menos volumosos em decorrência do deslocamento da água dos seus leitos em direção aos canais artificiais, alterando a vazão fluvial. Com a retificação a velocidade das águas também aumenta, potencializando processos erosivos a montante e, consequentemente, há maior disponibilidade de sedimentos a serem transportados e depositados a jusante (BOTELHO, 2011), podendo criar pontos de assoreamento.

4.3 Interferências no canal de Itaputanga

Com aproximadamente 900 m e de gênese natural, o canal de Itaputanga (Figura 49) consiste na desembocadura sul do rio Piúma, no bairro Monte Aghá, em Piúma. Principalmente a partir da segunda metade do século XX, o curso d’água vem

sofrendo severas intervenções humanas diretas em seu curso, como canalização, retificação, dragagens, aterros e demais obras de engenharia, além da expansão urbana que chega às suas margens e, com isso, promove o desmatamento da mata ciliar, agravando os reflexos do assoreamento no canal, o aterro e a impermeabilização de áreas outrora ocupadas por ramificações do canal principal e a deterioração das suas águas com o despejo direto de esgoto doméstico sem tratamento.

Figura 49. Visão a montante do canal de Itaputanga onde se notam algumas residências edificadas próximas às margens. Fonte: acervo pessoal do autor (abr. 2018).

Em 1986 o canal foi emergencialmente aterrado pelo antigo Departamento de Estradas de Rodagem (DER), órgão ligado ao governo do Estado, para permitir o tráfego de veículos, uma vez que a antiga ponte sobre o mesmo corria um grande risco de cair (PAULA, 2005). Uma outra ponte foi inaugurada em 2006 pelo governo estadual que, assim, anunciou a reabertura do canal e a construção de um vertedouro no canal, a montante da nova ponte, feito pela empresa Contractor Engenharia (Figura 50). A obra, similar a uma represa, não permite o contato da água doce a montante com a salgada no período de vazante do rio, liberando a passagem de parte do mesmo sempre que o nível ultrapassar determinado limite, evitando os alagamentos durante as cheias e impedindo que as marés cheias adentrem o canal e salguem áreas a montante, fato que poderia acontecer se a energia da maré fosse o suficiente e em virtude da baixa topografia local (PONTINI; COELHO, 2018).

Figura 50. A) Vertedouro do canal de Itaputanga sendo construído, onde observa-se a concretagem das margens e do fundo do leito. B) Visão a jusante do canal, à direita, com o vertedouro (seta) já finalizado[44]. Adaptação e organização próprias.

Desde então, o referido curso d'água vem sendo motivo de constantes discussões e impasses de caráteres social, político e ambiental. A sua abertura e contato direto com o mar permitem a drenagem e o escoamento superficial mais rápidos das águas em períodos de inundação, beneficiando famílias que vivem a montante e, especialmente, moradoras do vale do Orobó. Em contrapartida, a abertura do canal prejudica comerciantes da orla do município, que alegam que, dessa forma, a água contaminada e com matéria orgânica transportada desde pontos a montante polui as praias próximas, comprometendo a balneabilidade, afastando turistas e, consequentemente, diminuindo suas rendas (PONTINI; COELHO, 2018). A principal reivindicação do setor comercial local é que as águas do canal sejam tratadas antes

[44] Disponível em: <http://www.contractor.eng.br/atuacao/24>. Acesso em: 31 mar. 2020.

da foz (PAULA, 2005), para que ambos os moradores do Orobó e os comerciantes da orla não sejam afetados pela abertura do mesmo.

Pontini (2018) realizou um trabalho acerca das alterações morfológicas do canal em quatro anos distintos (1951, 1978, 2005 e 2018) a partir do tratamento cartográfico digital de fotografias aéreas antigas e imagens de satélite devidamente georreferenciados para a área, que culminou em um mapa síntese das transformações (Figura 51). Informações quantitativas acerca das mudanças estão presentes na Tabela 8.

Tabela 8. Comprimento das margens e largura máxima do canal de Itaputanga.

Ano	Comprimento das margens (m)		Largura máxima (m)
	Direita	Esquerda	
1951	1307	1360	52
1978	861	1091	181
2005	717	740	87
2018	805	867	93

Fonte: Pontini (2018). Organização própria.

O autor destaca que as principais alterações antrópicas diretas no período considerado (1951-2018) no canal foram: seu alargamento, supressão de um antigo trecho sinuoso que culminava na antiga foz, aterrada; uma nova foz ao norte da antiga; perca de prolongamentos do canal e sua retificação; construção de ponte; construção de vertedouro com concretagem das margens e do leito menor, impermeabilizando-o. Em relação às alterações indiretas, destacam-se: crescimento urbano criando diferentes níveis de áreas urbanas (densas, esparsas), em ambas as margens; supressão e acréscimo de vegetação ciliar e despejo de efluentes domésticos sem tratamento (PONTINI, 2018).

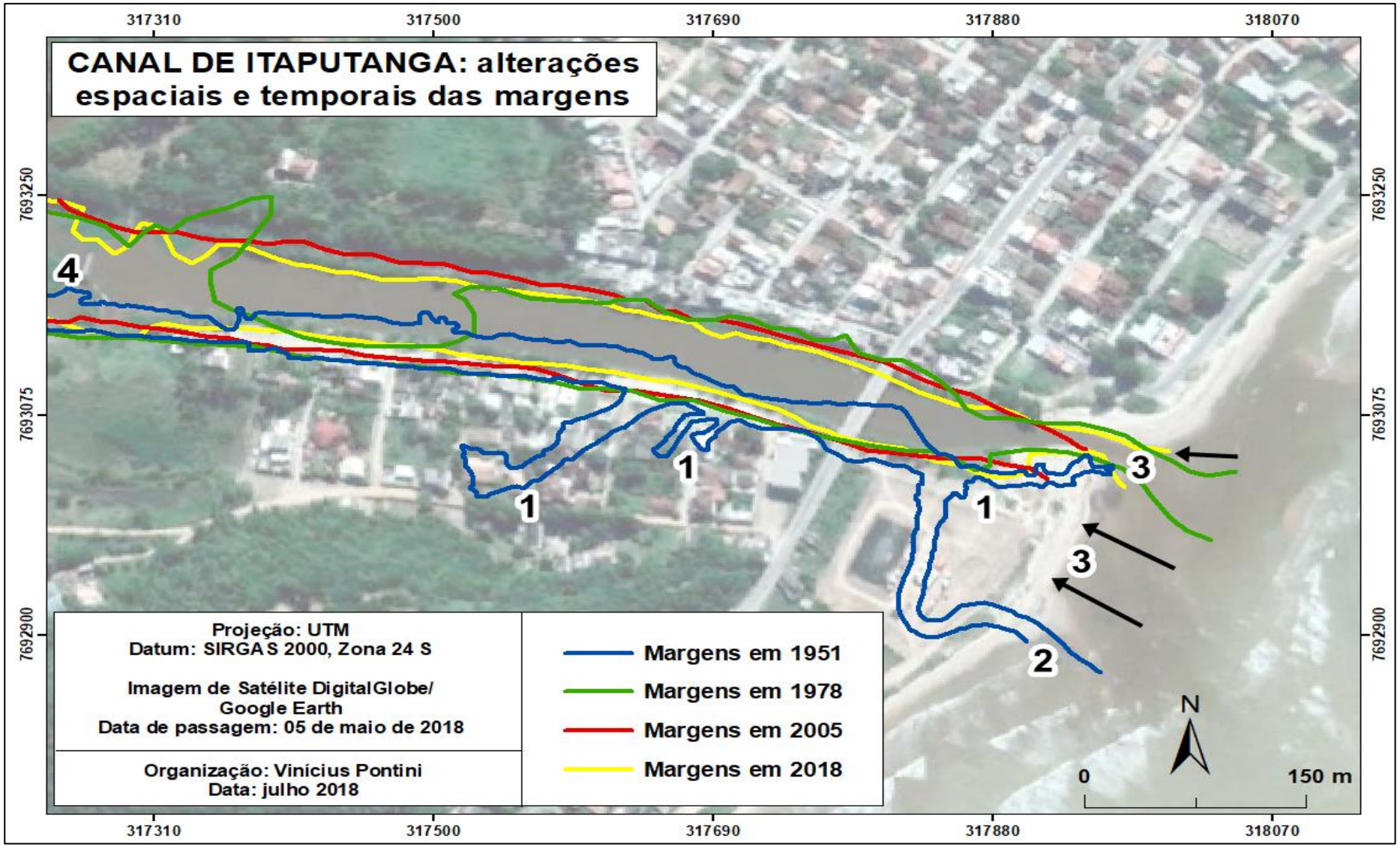


Figura 51. Evolução multiespacial e temporal da morfologia do canal de Itaputanga. 1) Supressão dos prolongamentos do canal. 2) Supressão da antiga foz. 3) Retrogradação da linha de costa (setas pretas). 4) Vertedouro. Fonte: Pontini (2018).

O aterro e a desobstrução da foz do canal, como já mencionado, são pontos de muitos conflitos e divergências (Figura 52). Embora possa ter a sua foz naturalmente aterrada em períodos de vazante, em virtude da baixa energia d'água somada à remobilização de sedimentos pela ação das ondas, este ambiente já foi palco de muitos aterramentos antrópicos (Figura 53), prática que perpetua até os dias atuais.

Moradores e comerciantes de Piúma bloqueiam ponte em protesto por fechamento de canal

A reivindicação é o fechamento do canal e os manifestaram colocaram fogo em pneus para impedir a passagem de veículos. Após conversas com a PM, liberaram a pista

Redação Folha Cachoeiro

27 de Dezembro de 2016 às 09:46

Atualizado 27/12/2016 09:46:07

Figura 52. Reportagem sobre o bloqueio da ponte sobre o canal de Itaputanga por moradores e comerciantes, que reivindicavam o fechamento dele[45].

[45] Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/12/2016/moradores-e-comerciantes-de-piuma-bloqueiam-ponte-em-protesto-por-fechamento-de-canal>. Acesso em: 03 abr. 2020.

Figura 53. Construção de depósito tecnogênico com o intuito de aterrar a foz do canal de Itaputanga [197-][46].

Em uma tentativa de aumentar a vazão do canal e diminuir os efeitos das inundações no vale do Orobó, moradores já cavaram valetas na foz do curso d'água (Figura 54), que se encontrava aterrada. Práticas como estas não são exclusivas da população ribeirinha carente e desesperada, uma vez que maquinários a serviço da prefeitura de Piúma são observados com frequência na área com o intuito de aterrar a foz (Figura 55), principalmente na alta temporada, durante o verão. Com a foz do canal obstruída, a balneabilidade das praias mais frequentadas pelos turistas é melhorada, pois não há lançamento de detritos pelo canal no oceano que eventualmente podem ser transportados às praias pela ação das correntes longitudinais locais.

[46] Disponível em: <https://ihgpiuma.wixsite.com/inicial>. Acesso em: 30 mar. 2020.

Chuva no ES

Moradores de Piúma abrem valeta para escoar água e polícia é acionada

Nível do canal de Itaputanga subiu alagando casas e buraco na areia foi cavado para direcionar a água para o mar. Defesa Civil alerta que prática é crime ambiental

Beatriz Caliman
cachoeiro@redegazeta.com.br

Publicado em 15/11/2019 às 20h28

Figura 54. Reportagem sobre a tentativa de abertura da foz do canal de Itaputanga por moradores locais[47].

Figura 55. Escavadeira a serviço da prefeitura de Piúma realizando o aterramento da foz do canal de Itaputanga. Destaque para a placa informando que o local é uma Área de Preservação Permanente (APP). Fonte: acervo pessoal de Regina Oliveira (dez. 2019).

[47] Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/sul/moradores-de-piuma-abrem-valeta-para-escoar-agua-e-policia-e-acionada-1119>. Acesso em: 03 abr. 2020.

É importante destacar que tais medidas de aterramentos e desobstruções da foz do canal de Itaputanga só se tornam legais se autorizadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema); do contrário, são consideradas crimes ambientais graves.

Embora a erosão costeira e a retrogradação (recuo) da linha de costa sejam fenômenos que se cristalizam naturalmente na área, as incontáveis interferências na foz do canal impactaram em seu agravamento. O local é sujeito a passagens de frentes frias, associadas a ondas maiores e mais energéticas de SE do que aquelas de NE em situações de normais climatológicas, culminando no agravamento da erosão costeira e, eventualmente, na desobstrução da foz pela remobilização de sedimentos.

Como tentativa de conter a erosão na praia de Acaiaca, fato discutido com mais detalhe adiante neste trabalho, a prefeitura de Piúma retira areia da foz do canal de Itaputanga para utilizá-la no engordamento praial em Acaiaca. Com a menor disponibilidade de sedimentos na área, a foz do canal se torna mais suscetível à erosão em períodos de cheia e de frentes frias, como se observou no mês de janeiro de 2020 com as inundações em vários pontos na bacia (Figuras 56 e 57).

Figura 56. Canal de Itaputanga antes e depois das chuvas de janeiro de 2020. A) Situação do canal em período de vazante (s.d.), sem concentração de sedimentos em suspensão (coloração azulada). B) Situação do canal após as chuvas de 17 de janeiro de 2020, com alta concentração de sedimentos em suspensão, expondo a turbidez das águas. Ademais, nota-se, ao fundo, áreas do vale do Orobó completamente inundadas (setas vermelhas). Fonte: acervo pessoal de Marlon França (mar. 2020). Adaptação e organização próprias.

Figura 57. Erosão costeira no contato entre o canal e o oceano condicionada pelas fortes chuvas de janeiro de 2020 (forma oval vermelha). O ponto de interseção da Rua Itaperuna e da Avenida Beira-Mar foi destruído na ocasião. Fonte: acervo pessoal de Marlon França (mar. 2020). Adaptação própria.

O caso específico do aterramento antropogênico da foz do canal de Itaputanga é um claro de exemplo de como o interesse econômico do capital com a exploração turística, na tentativa de melhorar, sem antes realizar ações eficazes para diminuir a degradação ambiental do rio, as condições a balneabilidade das praias do município e, consequentemente, atrair e manter turistas, se sobressai à preocupação ambiental costeira e fluvial locais. Albino, Paiva e Machado (2001) argumentam que áreas de planícies costeiras e praias com maior grau de desenvolvimento situadas próximas à desembocaduras fluviais, como é o caso aqui descrito, são de grande complexidade morfodinâmica, não favorecendo a ocupação urbana estável.

Além da diminuição da vazão, o aterramento antropogênico da foz do canal condiciona a estocagem de sedimentos que não chegam ao mar, o que pode, ainda que em pequena escala, agravar a tendência à erosão na praia de Acaiaca, em Piúma, ao gerar desequilíbrio sedimentar, fato discutido adiante. É, portanto, uma ação mitigadora da poluição praial que, por outro lado, traz sérias consequências socioambientais.

4.4 Interferências no trecho urbano do rio Piúma

O referido curso d'água se forma a partir da confluência dos rios Novo e Iconha no interior do município homônimo. Deste ponto em diante, o rio percorre um pequeno trecho situado em área rural antes de chegar à área urbana do município, onde percorre aproximadamente 5 km e meio antes de desaguar no oceano em um ponto conhecido como praia Doce, com foz do tipo estuário.

No trabalho de Pontini (2018) já citado para o canal de Itaputanga, o referido autor, empregando a mesma metodologia, expôs as alterações morfológicas do trecho atualmente urbano do rio compiladas no mapa síntese abaixo (Figura 58). Informações quantitativas acerca das mudanças estão presentes na Tabela 9.

O autor destaca que as principais alterações antrópicas diretas no período considerado (1951-2018) no trecho foram: assoreamento e aterros na margem direita do estuário; supressão de trechos sinuosos, retificando o rio; abandono de meandro, que atualmente não é recarregado pelo rio; perca de prolongamento do rio; e aterro do antigo início do trecho mapeado do rio, a partir do canal de Itaputanga. Em relação às alterações indiretas, destacam-se: crescimento urbano criando diferentes níveis de áreas urbanas (densas, esparsas), em ambas as margens; supressão de vegetação ciliar; e despejo de efluentes domésticos sem tratamento.

Figura 58. Evolução multiespacial e temporal do trecho urbano do rio Piúma. 1) Retificação do rio. 2) Supressão de trechos sinuosos. 3) Aterro do antigo início do rio a partir do canal de Itaputanga. 4) Abandono de meandro. 5) Trecho com margem direita concretada. 6) Aterros e agravamento do assoreamento no estuário. Fonte: Pontini (2018).

Tabela 9. Comprimento das margens e largura máxima do trecho urbano do rio Piúma.

Ano	Comprimento das margens (m)		Largura máxima (m)
	Direita	Esquerda	
1951	7620	7189	355
1978	6054	6072	367
2005	6383	5890	321
2018	6195	5731	278

Fonte: Pontini (2018). Organização própria.

Uma das alterações diretas que merecem destaque são os aterros que agravam o assoreamento do estuário do rio (Figura 59). A partir da segunda metade do século XX, a margem direita do estuário passou a sofrer com aterros que permitiram a construção de ruas e edificações, incluindo o *campus* do Ifes de Piúma. Outro efeito dos aterros foi a perca da condição de ilha da chamada ilha do Gambá, que ainda é popularmente nomeada assim e é, atualmente, ligada à ilha de Piúma por meio de um tômbolo artificial (Figura 60).

Figura 59. Visão parcial do estuário do rio Piúma a partir da sua margem direita, composta por sucessivos aterros. Destaca-se a alta concentração de resíduos sólidos e orgânicos na área que evidenciam a poluição e degradação do local, conhecido como praia Doce. Fonte: acervo pessoal do autor (jun. 2019).

Figura 60. Tômbolo artificial que liga a chamada ilha do Gambá à ilha de Piúma. Fonte: *Google Earth Pro*, imagem de satélite *DigitalGlobe*, com data de passagem em 02 abr. 2020. Adaptação própria.

Com relação ao assoreamento do rio Piúma, Basílio (2015) destaca que o curso d'água nunca foi profundo, logo, houve o desejo político de torná-lo mais propício à navegação a partir de dragagens realizadas por autoridades na década de 1970. Tais intervenções no canal fluvial, embora tivessem sido executadas em benefício aos pescadores, tiveram um efeito contrário, pois agravaram o assoreamento do rio, trazendo empecilhos para os pescadores artesanais. Embarcações maiores ficam impossibilitadas de navegar pelo estuário com a maré baixa, tornando-os reféns, assim, da maré alta.

Ao longo do trecho urbano do rio Piúma também é possível identificar edificações de populações carentes erguidas parcialmente sobre o leito de vazante (Figura 61), evidenciando a pressão urbana sobre o curso d'água e a sua materialização sem nenhuma preocupação ambiental evidente. Alguns bairros que margeiam o rio (Figura 62) são enquadrados no Plano Diretor Municipal (PDM) como Zonas Especiais de Interesse Social, correspondendo a setores carentes com parâmetros diferenciados de uso e ocupação da terra em áreas urbanas, sendo compostas,

predominantemente, por populações de baixa renda, em áreas com carência de infraestrutura urbana e acessibilidade inadequada e que, portanto, serão destinadas a programas e projetos especiais de (re)urbanização, regulação urbanística e fundiária (PIÚMA, 2010).

Figura 61. Residências edificadas ao longo de um trecho da margem direita do rio Piúma, com pilares sobre o seu leito de vazante. Fonte: acervo pessoal de Regina Oliveira (2018).

Figura 62. Residências à margem esquerda do rio Piúma no bairro Piuminas, um dos enquadrados na Zona Especial de Interesse Social. Fonte: acervo pessoal do autor (set. 2018).

Outro exemplo de problemática socioambiental na bacia que merece menção, embora, neste trabalho, não se realizará um estudo mais detalhado da sua possível relação com a dinâmica hidrológica regional, é a erosão costeira na praia de Acaiaca, em Piúma. O município possui o turismo como o setor mais rentável da sua economia, recebendo anualmente milhares de turistas provenientes de outros municípios capixabas e também de outros estados, principalmente na alta temporada (meses de verão) e que vão a Piúma buscando desfrutar, sobretudo, de suas praias, que são majoritariamente urbanizadas. Uma dessas praias é Acaiaca (Figura 63), amplamente procurada por turistas e demais frequentadores por sua considerável extensão e por contar com equipamentos urbanos, tais como calçadão para a prática de exercícios físicos, quiosques, restaurantes e vagas de estacionamento. Ademais, a sua orla e de das praias vizinhas do Corujão e Doce são os trechos mais verticalizados do município, contando, além de apartamentos residenciais, com hoteis e pousadas.

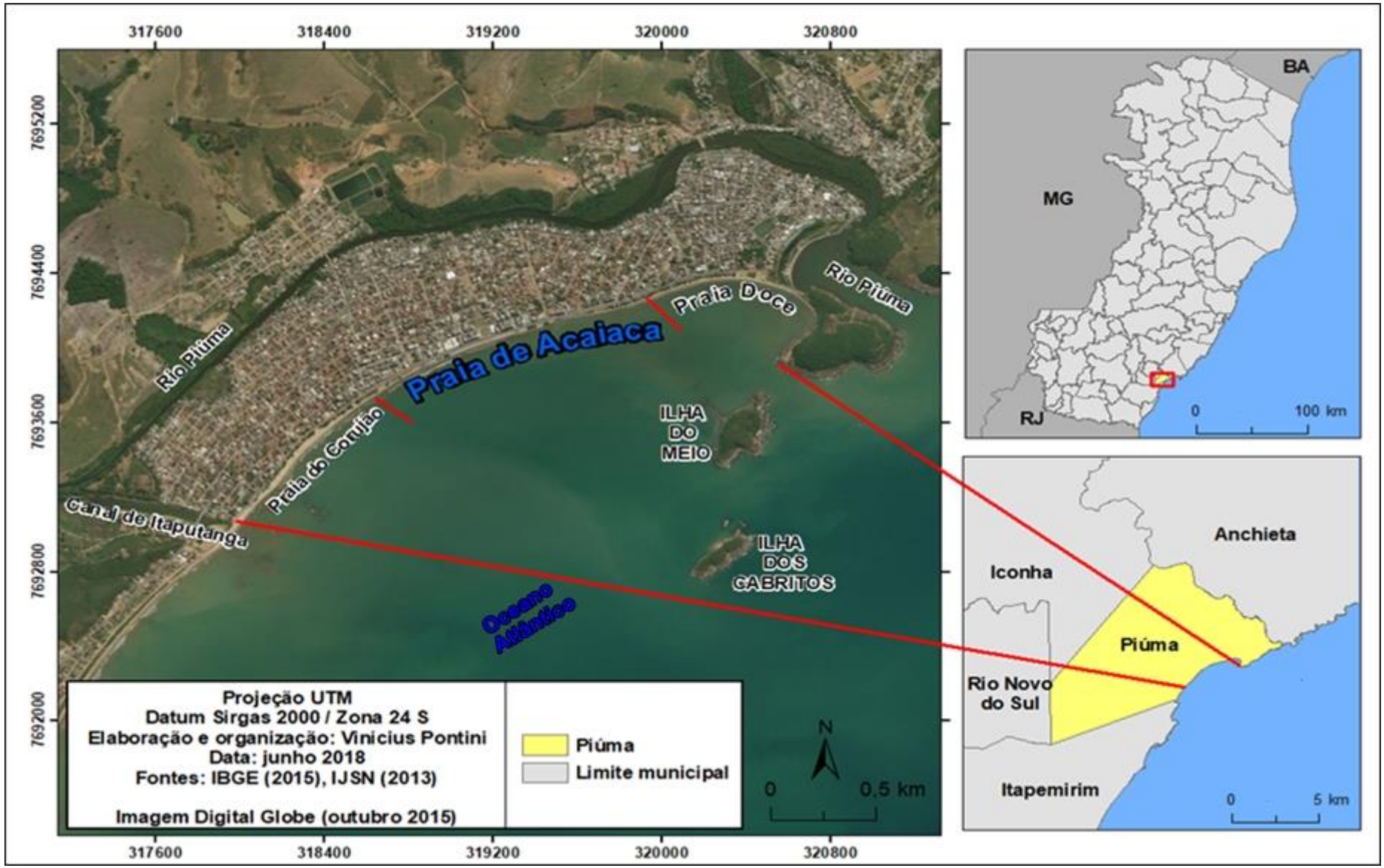


Figura 63. Mapa de localização da praia de Acaiaca, em Piúma. Elaboração própria.

Acaiaca e grande parte do núcleo urbano de Piúma situam-se em uma planície costeira desenvolvida sobre sedimentos marinhos e fluviais (rio Piúma) de idade quaternária e margeada por tabuleiros costeiros, desenvolvidos sobre camadas de rochas sedimentares do Grupo Barreiras, de idade terciária; por colinas e maciços costeiros, as primeiras desenvolvidas sobre gnaisses do Éon Proterozóico e maciços desenvolvidos sobre granitos da Era Paleozóica; e, finalmente, por uma grande planície de inundação dos rios Novo, Iconha e Itapoama, popularmente conhecida como vale do Orobó.

Em relação às suas características fisiográficas, Acaiaca é uma praia com grau de exposição SE, abrigada da ação de ondas e ventos de NE em situações de normais climatológicas e dissipativa, ou seja, apresentando baixo gradiente topográfico, ondas de alta energia e deslizantes (*spilling*), zona de surfe larga e areias finas (SHORT; HESP, 1982). Nos últimos anos, a praia vem apresentando uma intensificação nos processos erosivos que repercutem sobre a orla que, embora tenham ganhado mais notoriedade em tempos mais atuais, já são reportados na área desde, pelo menos, a década de 2000 (Figura 64).

A TRIBUNA - VITÓRIA-ES - QUARTA-FEIRA - 27/09/2006 REGIONAL 15

Mar avança em Piúma

Donos de quiosques já estão preocupados com a erosão, que destruiu parte do calçadão

CACHOEIRO – A erosão provocada pelo avanço do mar está danificando a orla de Piúma, no Sul do Estado. Em algumas partes da praia central, a água já arrancou a calçada. Donos dos quiosques estão preocupados e fazem o que podem para não ficar no prejuízo. Os coqueiros que enfeitam a orla estão com as raízes à mostra e podem cair.

O problema é antigo, afirmam os moradores, mas agravou-se com a ressaca da semana pas-

A erosão provocada pelo avanço do mar ameaça derrubar coqueiros na praia central

Figura 64. Reportagem sobre erosão costeira em Piúma em setembro de 2006[48].

[48] Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/>. Acesso em: 24 fev. 2020.

Albino, Girardi e Nascimento (2006) classificam a praia de Acaiaca quanto à macro unidade morfológica de planície de cristas de praia, à meso unidade morfológica de cordão litorâneo largo e às unidades morfodinâmicas de praia dissipativa e dunas frontais. Existem dois principais sistemas de ondas atuantes na área: as ondas de NE, que ocorrem em condições de normais climatológicas e sofrem o efeito de difração, que é o transporte lateral de energia devido a um obstáculo emerso fora da linha d'água na propagação da onda, provocado por um promontório natural na extremidade nordeste da praia e duas ilhas – do Meio e dos Cabritos – e, assim, passam de NE para incidentes de SE. O outro sistema é de ondas de SE, associadas à passagem de frentes frias, sendo maiores e mais energéticas que as de NE, intensificando a retrogradação (recuo) da praia e, consequentemente, a erosão local.

Dados do IBGE (1970, 2020) apontam que Piúma contava com uma população de 3.583 residentes em 1970 e que esse número saltou para 22.053 em 2020, expressando um crescimento populacional exponencial superior a 500 %. Tais dados também refletem a expansão urbana no município que se deu, de forma predatória, do interior da planície costeira de onde grande parte da sua área urbana está materializada em direção ao mar, não levando em consideração a morfodinâmica praial.

Em uma campanha de campo realizada em junho de 2018 pelo autor foram identificados três principais registros de eventos erosivos em Acaiaca (Figura 65): escarpas praiais íngremes e superiores a 1 m de altura em determinados trechos; calçadão destruído em diversos trechos, onde em um deles é possível observar depósitos de areias finas por debaixo do concreto e, pela declividade moderada entre o calçadão e a faixa de areia no ponto, evidencia-se que a ocupação urbana local se deu sobre a duna frontal, atualmente impermeabilizada; e faixas de minerais pesados e escuros, que afloram pela remobilização de sedimentos quartzosos superficiais e menos densos por ondas mais energéticas em eventos de frente fria.

Figura 65. Registros erosivos na praia de Acaiaca. A) Calçadão parcialmente destruído. B) Escarpa praial de origem erosiva. C) Faixa de afloramento de minerais escuros (seta vermelha) com o Monte Aghá ao fundo (seta amarela). Fonte: acervo pessoal do autor (jun. 2018).

Também foram observadas três obras costeiras visando frear a ação das ondas sobre a orla (Figura 66) e, consequentemente, diminuir os reflexos da erosão: enrocamentos longitudinais compostos por grandes blocos rochosos de granitos e gnaisses, principalmente; sacos de areia e pneus e um muro de contenção fixado na porção intermediária da faixa de areia em trecho de intensa ação erosiva, com visíveis sinais de destruição pela ação das ondas.

Figura 66. Obras costeiras na praia de Acaiaca. A) Enrocamento longitudinal e, logo atrás, um quiosque abandonado. B) Sacos de areia e pneu. C) Muro de contenção parcialmente destruído. Fonte: acervo pessoal do autor (jun. 2018).

Embora a tarefa de definir as causas naturais e antrópicas da erosão praial seja complexa, pode-se afirmar que a praia de Acaiaca apresenta tendência de retrogradação por conta da sucessão de eventos de frentes frias de SE, intensificando, também, os processos erosivos e sua repercussão sobre a orla local. Além disso, a interferência antrópica com a urbanização impermeabilizou a pós-praia, gerou desequilíbrio sedimentar e contribuiu para que os reflexos da erosão fossem potencializados. Ademais, é necessária atenção especial à área por estar situada próxima à duas desembocaduras fluviais, que não favorecem a ocupação urbana estável por conta da grande complexidade morfodinâmica e instabilidade (ALBINO; PAIVA; MACHADO, 2001; MUEHE, 2001).

Por fim, outro exemplo de interferência antrópica direta em ambientes fluviais na BDRN é o córrego Comporta, popularmente conhecido como canal do Pinto (Figura 67), que representa um curso d’água artificial de aproximadamente 13 km de

comprimento que liga o rio Novo, no tríplice limite entre Itapemirim, Piúma e Rio Novo do Sul ao rio Itapemirim, no município homônimo e próximo a sua foz no município de Marataízes.

Figura 67. Visão a montante do canal do Pinto no município de Itapemirim. Fonte: *Google Maps* (abr. 2015). Adaptação própria.

A história da construção do canal remete ao século passado, atrelado ao escoamento da produção agrícola do interior do estado aos pequenos portos do litoral. Durante os séculos XIX e XX, sobretudo, o atual município de Itapemirim servia como entreposto da denominada Colônia do Rio Novo, que era conectada ao município pelo referido canal artificial por onde escoava a produção agrícola do interior da colônia – atuais municípios de Iconha, Rio Novo do Sul e Alfredo Chaves, situado na bacia do rio Benevente – ao Porto da Barra, em Itapemirim, que também recebia produtos primários transportados ao longo do rio homônimo, sendo os principais banana e café, além de madeira (ITAPEMIRIM, 2018).

No início do século XX a prática de desmatamento foi se tornando mais corriqueira no interior da bacia do Itapemirim, agravando o assoreamento do rio em diversos trechos e prejudicando a navegação. Ademais, neste mesmo período houve a construção da Estrada de Ferro Itapemirim, ligando o Porto da Barra do Itapemirim à Usina Paineiras, destinada à produção de açúcar e, depois, a Cachoeiro de Itapemirim. Com o advento do modal ferroviário na área, a navegação fluvial foi perdendo função até ser completamente abandonada (ITAPEMIRIM, 2018) e o canal permaneceu sem receber manutenção por anos.

O canal do Pinto ilustra um caso de transposição de bacias de drenagem que, por sua vez, pode repercutir de forma negativa, especialmente, na esfera ambiental local. É interessante destacar que sua obra não esteve atrelada a fins de equilíbrio do balanço hídrico entre as bacias ou à entrega de água em áreas com *déficit* hídrico, auxiliando nas atividades agropecuárias ou populações rurais carentes. Ao contrário, sua finalidade foi essencialmente comercial, numa tentativa bem sucedida do ser humano alterar o meio natural ao seu favor.

Dentre os supostos efeitos negativos da construção deste curso d'água artificial, podem-se citar: a diminuição da vazão dos dois rios interconectados, uma vez que o canal está sempre abastecido, embora pontualmente assoreado; a supressão da vegetação ciliar que, combinado ao primeiro efeito, promovem o agravamento do assoreamento; a alteração do regime fluvial; e até mesmo na modificação das comunidades biológicas aquáticas de ambos os rios.

Outro efeito que merece destaque é o fato que o canal exerce influência na lagoa Guanandy (Figura 68), localizada no município de Itapemirim, por meio de um outro canal artificial que conecta os dois corpos d'água. Em dezembro de 2015 as águas turvas da lagoa que, além de natural, também serve como ponto de recreação principalmente no verão, ficaram com um aspecto cristalino, chamando a atenção da comunidade local. Segundo entrevista do então secretário de Meio Ambiente de Itapemirim da época, este fenômeno se deve ao fato de que o canal do Pinto, que margeia a lagoa, foi desassoreado para conseguir receber água do rio Novo e, uma

vez que o canal está também ligado à lagoa, esta também recebeu águas do Novo, o que alterou a coloração da sua água (FOLHA VITÓRIA, 2015[49]).

Figura 68. Lagoa Guanandy frequentada por banhistas no verão de 2015[50].

Ainda em sua entrevista, o secretário afirmou que o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) conseguiu uma autorização da AGERH para realizar o desassoreamento do canal do Pinto para que o mesmo pudesse ser utilizado como ponto de captação de água, e não a lagoa, garantindo que esta mantivesse seu volume d'água durante a longa estiagem enfrentada na ocasião e que a Secretaria de Meio Ambiente, como medida corretiva, solicitou o bloqueio da conexão do canal com a lagoa e que continuaria o monitoramento para mitigar possíveis impactos (FOLHA VITÓRIA, 2015).

[49] Tratando-se de uma reportagem jornalística, o título da sua indicação nas referências da dissertação está como "COM águas cristalinas, Lagoa Guanandy se torna a sensação do verão em Itapemirim".
[50] Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/entretenimento/noticia/12/2015/sensacao-do-verao-a-guanandy-vem-sendo-comparada-pelos-turistas-como-lagoa-caribenha>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO PAR EM ÁREAS URBANAS DA BACIA E ANÁLISE DO CENÁRIO OBSERVADO EM CAMPO

A seguir serão descritos e discutidos os cenários observados em campo em relação aos ambientes fluviais e áreas adjacentes da BDRN visitados para aplicação do PAR.

5.1 Ponto 1

O ponto 1 (Figura 69) corresponde a um trecho urbano do rio Iconha localizado na sede municipal do município homônimo, em uma área pouco acessada e situada em uma barra fluvial do rio, logo a montante de uma margem deposicional (margem convexa). Na margem esquerda nota-se a presença de residências e os fundos de alguns edifícios comerciais. Em alguns pontos a margem esquerda encontra-se concretada, indicando canalização e também se notou a presença de canos de lançamento de efluentes domésticos no rio. Alguns resíduos sólidos foram verificados na margem direita, onde fez-se a aplicação do PAR.

Figura 69. Visão a montante do rio Iconha no ponto 1. A aplicação do PAR no referido ponto foi realizada em uma barra fluvial e nota-se a presença de edificações na margem esquerda e vegetação esparsa. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Manchas e espumas não foram visualizadas no rio, que apresentou um fraco odor d'água e águas opacas. Não foi verificada nenhuma vegetação aquática no rio, contudo, uma pequena quantidade de rochas e troncos obstruindo o canal foi constatada. As margens são pouco protegidas por vegetação, que também sobreiam parcialmente o canal. A cobertura vegetação adjacente se apresentou esparsa e as margens estavam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa, sendo verificados desmoronamentos (Figura 70). Observou-se a presença de uma garça transitando no canal fluvial, indicando o seu baixo volume e não houve registros de presença de outros animais na área. Diante do cenário observado, a pontuação atribuída foi de **32 pontos**.

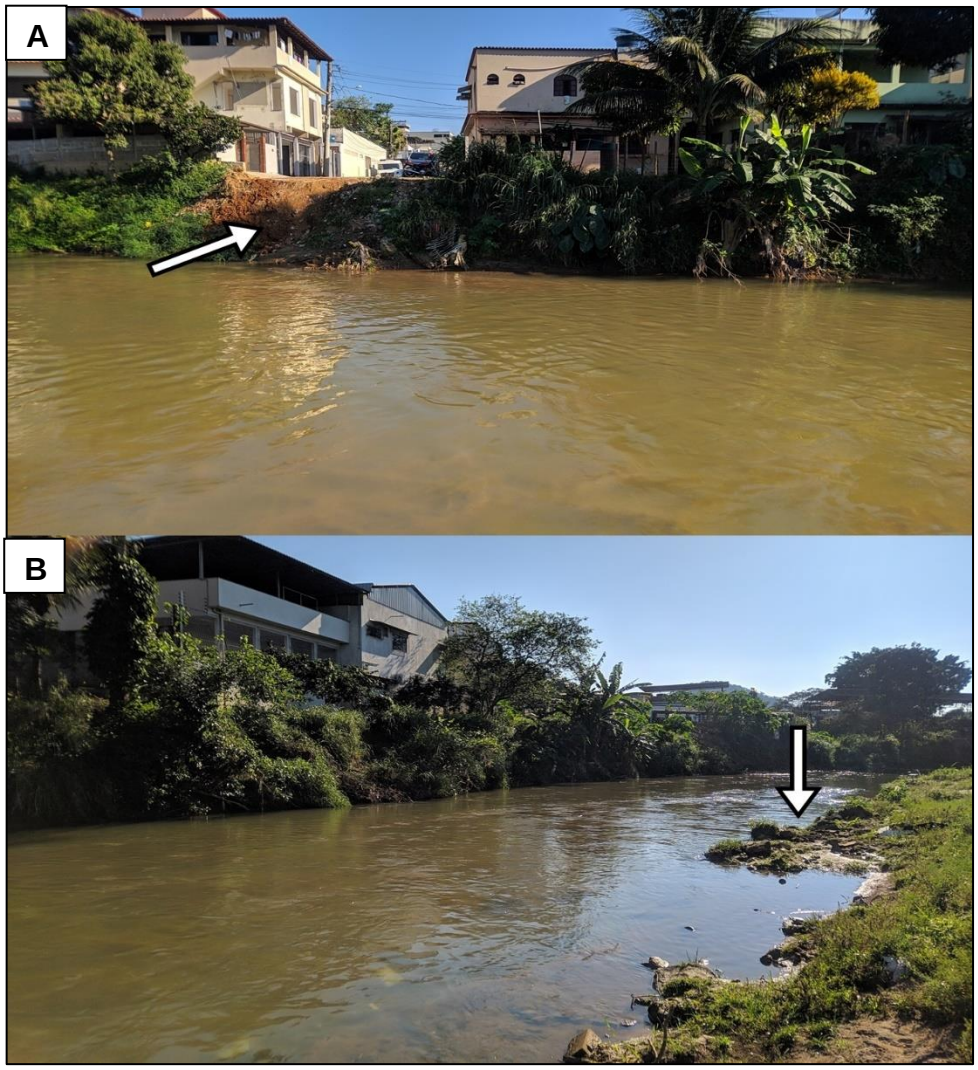


Figura 70. A) Desmoronamento na margem esquerda com deposição de sedimentos e detritos antrópicos nos leitos de vazante e menor (seta). B) Visão a jusante do rio Iconha no ponto 1 onde se nota a erosão da margem direita (seta), de menor declividade e altura em relação ao rio do que a margem esquerda. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.2 Ponto 2

O ponto 2 (Figura 71) também corresponde a um trecho urbano do rio Iconha situado na sede municipal do município homônimo, a montante do ponto 1. Nota-se a predominância da ocupação urbana em ambas as margens, mais marcante na paisagem que à do ponto 1, com residências e comércios. No trecho analisado as margens encontravam-se quase que completamente concretadas, revelando uma canalização que compromete amplamente o desenvolvimento da seção transversal do rio. Observou-se canos que lançam efluentes domésticos diretamente no rio, bem como resíduos sólidos em ambas as margens.

Figura 71. Visão a montante do rio Iconha no ponto 2. Destaque para a total concretagem da margem esquerda e para a ocupação dos terraços fluviais em ambas as margens com residências e vias de circulação. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Não se verificou espumas ou manchas no rio, cujas águas, no trecho em questão, possuíam um forte odor de esgoto e eram opacas. Não foi observada vegetação

aquática no rio e, contudo, notou-se a presença de alguns resíduos sólidos e um pequeno tronco de árvore depositados à margem direita do canal. Inexistiam barras fluviais no ponto em questão e as margens se encontravam pouco protegidas por vegetação, que também se apresentou distribuída de forma parcial nas áreas adjacentes, que são predominantemente urbanas. As margens, nos trechos onde não foram concretadas, que são minoria, estavam instáveis à erosão e a movimentos de massa, onde verificou-se, assim como no ponto 1, um desmoronamento na margem direita (Figura 72). Não foi observada a presença de animais no ponto analisado, que recebeu um total de **31 pontos**.

Figura 72. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 2. Destaque para o desmoronamento na margem direita, resultando na deposição de sedimentos e detritos antrópicos nos leitos de vazante e menor e na destruição de um muro (seta) e para a diferença na pintura/coloração externa de um edifício situado à margem esquerda do rio, demarcada pela linha tracejada (escura abaixo e clara acima da linha), indicando o nível que a água atingiu na última inundação. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.3 Ponto 3

O ponto 3 (Figura 73) compreende um trecho urbano do rio Iconha localizado em área urbana da comunidade interiorana de Bom Destino, em Iconha. Os tipos de ocupações predominantes são de cultivos agrícolas e pastagens, embora o uso urbano, com residências e pequenos comércios, também se faça presente. Na margem esquerda há a presença de residências sustentadas por pilares erguidos no leito menor do rio como estratégia aos efeitos das esporádicas inundações que ocorrem na área. Notou-se que as margens se encontram concretadas em alguns pontos e a presença de uma espécie de “muro” edificado no leito fluvial, paralelo a ele. Existe ampla emissão de efluentes domésticos no local (Figura 74), constatado pela grande presença de canos nas residências na margem esquerda e também em pontos na margem direita. Verificou-se alguns resíduos sólidos em ambas as margens e a inexistência de espumas ou manchas no rio.

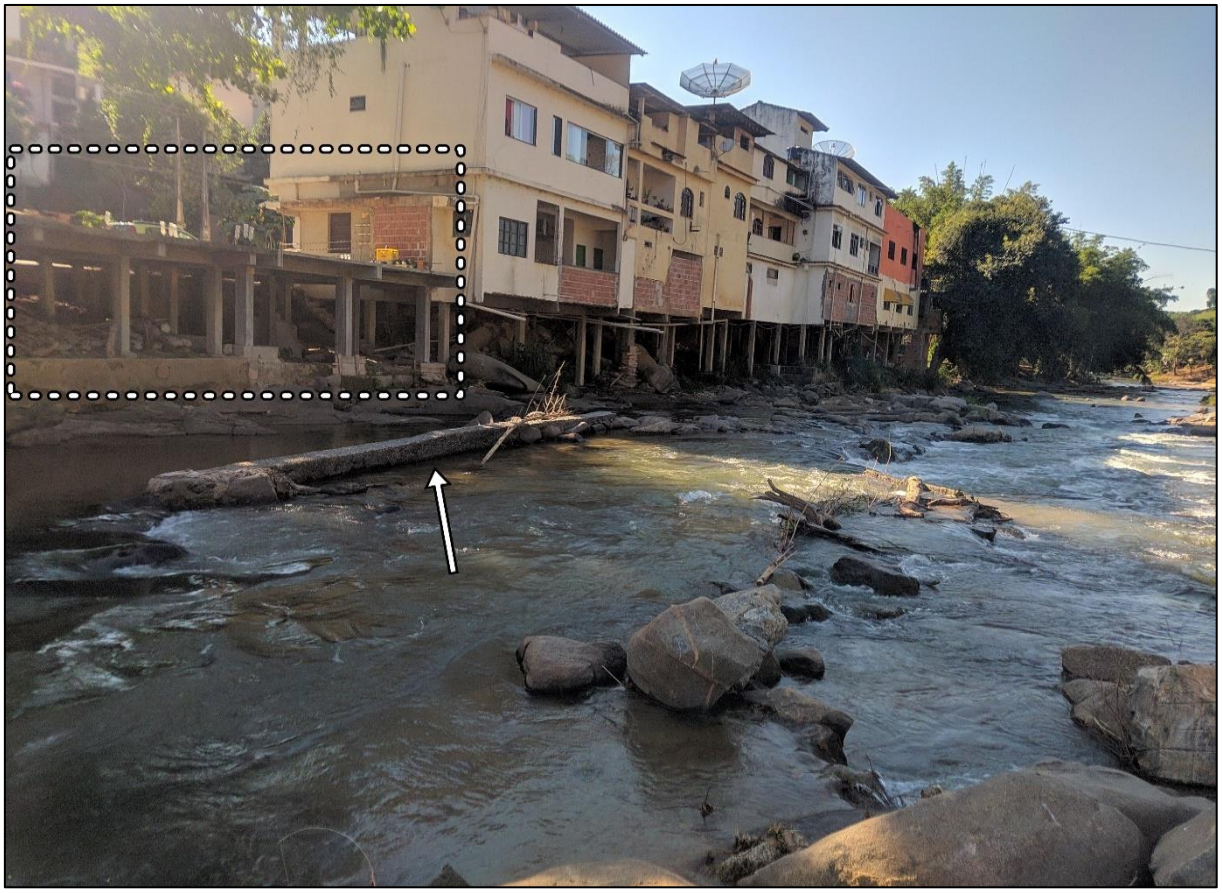


Figura 73. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 3. Destaque para a presença de residências sustentadas por pilares e dos edifícios que correspondiam a uma residência e a um açougue destruídos na inundação e enxurrada de janeiro de 2020 (retângulo tracejado), para a presença de um muro edificado no canal, paralelo a ele (seta) e para o leito rochoso. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 74. Lançamento de efluentes domésticos diretamente no rio Iconha. Nota-se, também, a presença de matéria orgânica de coloração esverdeada, popularmente chamada de *lodo*. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

A água apresentava aspecto opaco e detectou-se a presença de vegetação rasteira em um único ponto, desenvolvida sobre sedimentos arenosos depositados no canal, formando um ponto de assoreamento (Figura 75). O trecho é marcado pelo aglomerado de matacões e blocos expostos no leito do rio, que condicionam a formação de pequenas corredeiras. As margens são pouco protegidas pela vegetação ciliar, que também sombreia de forma parcial o canal. A cobertura vegetal adjacente é esparsa, as margens se encontravam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa e observou-se a presença de um urubu na área no momento da aplicação do PAR. A pontuação atribuída foi de **30 pontos**.

Figura 75. Visão a montante do rio Iconha no ponto 3. Observa-se a deposição de sedimentos arenosos gerando o assoreamento do canal (área tracejada), onde desenvolveu-se uma pequena vegetação rasteira na área de contato com o rio (seta). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.4 Ponto 4

O ponto 4 (Figura 76) diz respeito a um trecho urbano do rio Iconha na comunidade interiorana de Monte Belo. Aqui, há o predomínio de pastagens e áreas de cultivos agrícolas nos entornos. A margem direita se encontra concretada em um pequeno trecho (Figura 77) e não foram verificadas fontes de emissão de efluentes de quaisquer naturezas. Resíduos sólidos foram observados de maneira esparsa em ambas as margens e não se constataram espumas ou manchas no rio, cujas águas não exalavam nenhum odor evidente e tinham aspecto opaco.

Figura 76. Visão a montante do rio Iconha no ponto 4. Destaque para a cicatriz de um movimento de massa na encosta situada à margem direita do rio (seta branca), para a barra fluvial (seta vermelha) e para a grande presença de blocos e seixos ao longo do canal fluvial. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 77. Margem esquerda concretada do rio Iconha no ponto 4 (seta branca) e captação das águas de um córrego, parcialmente tamponado, pelo referido rio (seta vermelha). Pela consulta aos dados vetoriais da rede de drenagem da bacia, pela coloração da água e pelo odor exalado, constatou-se que não se trata de lançamento de efluentes domésticos. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Notou-se a presença de vegetação rasteira em determinados trechos do canal e, assim como o ponto 3, o leito é muito rochoso, havendo a concentração, aqui, de blocos e seixos tanto no canal, quanto depositados às suas margens (Figura 78). Há a presença de uma barra fluvial, as margens pouco protegidas pela vegetação ciliar, que promovem o sombreamento parcial do canal. As margens se encontravam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa, embora tenha sido constatada uma cicatriz de movimento de massa em uma encosta situada à margem esquerda do canal. Não foram observados animais na área e, diante do cenário exposto, a pontuação conferida foi de **34 pontos**.

Figura 78. Visão a jusante do rio Iconha no ponto 4. Destaque para a formação de uma barra fluvial à margem esquerda (seta), para a deposição de blocos e seixos também à margem esquerda e para, ao fundo, a vertente parcialmente desmatada, à esquerda, provavelmente utilizada para pastagem, e vegetada, à direita. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.5 Ponto 5

O ponto 5 (Figura 79) se refere a um trecho urbano do ribeirão Monte Alegre, um dos formadores do rio Iconha, na comunidade interiorana de Duas Barras. Embora o uso urbano se faça presente na área, predominam as áreas de pastagens cultivos agrícolas nos entornos e há canalização parcial das margens. Observaram-se fontes pontuais de emissão de efluentes domésticos na forma de canos, assim como nos pontos previamente descritos, bem como alguns resíduos sólidos presentes em ambas as margens. Inexistiam espumas ou manchas no ribeirão, cujas águas apresentavam um fraco odor e tinham aspecto opaco.

Figura 79. Visão a jusante do ribeirão Monte Alegre no ponto 5. Destaque para a construção de uma nova ponte rodoviária sobre o ribeirão, substituindo a antiga que foi destruída com a inundação e enxurrada de janeiro de 2020 e para a considerável quantidade de blocos e seixos depositados à margem direita, também reflexo dos fenômenos ocorridos do início do ano. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Não foi verificada vegetação aquática no canal, contudo, foi possível observar vários blocos e seixos dispostos tanto no leito fluvial, quanto nas margens (Figura 80). Não se observou barras fluviais na área, cujas margens estavam parcialmente vegetadas e, consequentemente, o canal também se encontrou parcialmente sombreado pela vegetação ciliar. A cobertura vegetal adjacente era esparsa, as margens estavam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa e não foram observados animais transitando na área. A pontuação atribuída foi de **33 pontos**.

Figura 80. Visão a montante do ribeirão Monte Alegre no ponto 5. Destaque para a grande quantidade de blocos e seixos depositados, sobretudo, à margem direita. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.6 Ponto 6

O ponto 6 (Figura 81) corresponde a um trecho periurbano[51] do rio Novo localizado na sede municipal de Vargem Alta. Aqui, diferentemente de todos os demais pontos de

[51] Conforme o IJSN (2011, p. 5), a área periurbana (faixa rural-urbana) compreende “[...] o espaço urbano com características rurais formado entre a cidade concentrada e o perímetro urbano”.

parada, a vegetação nativa, excluindo as práticas de silvicultura, é o tipo de ocupação predominante na área. Não se observou obras de canalização no rio e fontes de emissão de poluentes, contudo, houve a presença de resíduos sólidos em pouca quantidade nas proximidades. Não foram observadas espumas ou manchas no rio, assim como não foi identificado odor das suas águas. Pela primeira vez na aplicação do PAR, foram identificadas águas de aspecto turvo.

Figura 81. Visão a jusante do rio Novo no ponto 6. Destaque para a presença de vegetação ciliar abundante, sobretudo, à margem esquerda. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Não foi observada vegetação aquática, embora tenha sido verificada a presença de alguns troncos no canal. Barras fluviais também não foram constatadas e as margens encontravam-se parcialmente ocupadas por vegetação ciliar (Figura 82), conferindo sombreamento parcial ao rio. A cobertura vegetal adjacente era abundante e a estabilidade das margens à erosão e a movimentos de massa era parcial. Não se

verificou animais na área. Mediante o cenário observado, a pontuação conferida foi de **40 pontos**, a maior entre todos os pontos.

Figura 82. Visão a montante do rio Novo no ponto 6. Destaque para a presença de vegetação ciliar abundante em ambas as margens. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.7 Ponto 7

O ponto 7 (Figuras 83 e 84) corresponde a um trecho urbano do rio Novo localizado na sede municipal de Vargem Alta, a jusante do ponto 6. Há o predomínio da ocupação urbana na área com residências e comércios e verificou-se que o rio passou por dois principais processos de canalização na área: a retificação e a concretagem total de ambas as margens na visualização a montante, onde a orla fluvial próxima é marcada pela presença de vias de circulação. Observou-se canos de emissão de efluentes domésticos, onde um deles, no momento da avaliação, fazia o lançamento diretamente no canal. Notou-se resíduos sólidos nas margens e proximidades e não foram verificadas espumas ou manchas no rio, que apresentou fraco odor e aspecto opaco nas suas águas.

Figura 83. Visão a montante do rio Novo no ponto 7. Neste ângulo de visão, nota-se a retificação e a concretagem de ambas as margens do rio, confinado em meio às vias de circulação e cujo leito de vazante encontra-se parcialmente ocupado por vegetação rasteira, onde se observou um pneu (círculo tracejado). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 84. Visão a jusante do rio Novo no ponto 7. Destaque para o cano lançando efluentes domésticos diretamente no rio (seta). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Sobretudo na visualização a montante no ponto em questão, observou-se a ampla presença de vegetação rasteira ocupando parcialmente o leito de vazante, com a presença de um pneu em meio a ela, bem como a presença de blocos e seixos, sobretudo, depositados à margem direita. As margens são pouco protegidas por vegetação, conferindo pouco sombreamento ao rio. A cobertura vegetal adjacente era dispersa, as margens estavam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa, onde se observou a destruição parcial de um muro e de uma calçada em decorrência da inundação e enxurrada de janeiro de 2020 (Figura 85). Não se verificou a presença de animais na área. A pontuação atribuída foi de **31 pontos**.

Figura 85. Muro e calçada parcialmente destruídos na margem direita do rio Novo, gerando material antropogênico altamente passível de ser transportado pelo rio. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.8 Ponto 8

O ponto 8 (Figura 86) se situa em um trecho urbano do rio Novo no distrito de Jaciguá, em Vargem Alta, a jusante do ponto 7. O uso urbano, notadamente com residências, é o predominante e o rio encontra-se parcialmente canalizado na área, onde se

observou a concretagem pontual da margem esquerda, especialmente com um muro parcialmente destruído de uma residência situada no leito menor do rio (Figura 87). Foram constatados canos de emissão de efluentes domésticos no canal, muito entulho depositado em ambas as margens e não se notou espumas ou manchas nele. As águas não apresentaram odor aparente e eram turvas.

Figura 86. Visão a jusante do rio Novo no ponto 8. Destaque para a alta quantidade de entulho depositado às margens e diretamente no leito de vazante do rio e para as residências edificadas no leito menor. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 87. Visão lateral do rio Novo no ponto 8, onde se destaca o muro (seta) e o quintal, logo atrás, parcialmente destruídos de uma residência edificada à margem esquerda do rio. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

A vegetação aquática era inexistente e, como mencionado acima, havia muito entulho na área e que foi gerado em virtude como consequência da inundação e enxurrada do início, depositado também no canal fluvial (Figura 88) Não foram observadas barras fluviais e as margens estavam parcialmente cobertas por vegetação ciliar que, consequentemente, conferia sombreamento parcial ao rio. A vegetação adjacente era esparsa e as margens se encontravam altamente instáveis à erosão e a movimentos de massa. Não foram observados animais na área. A pontuação atribuída foi de **31 pontos**.

Figura 88. Visão a montante do rio Novo no ponto 8. Destaque para a presença considerável de entulho junto a seixos e blocos rochosos mais nítidos à margem direita desmatada e de um cano (seta). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.9 Ponto 9

O ponto 9 (Figuras 89 e 90) corresponde a um trecho urbano do córrego Pau d'Alho, afluente do rio Novo, situado na sede municipal de Rio Novo do Sul. O uso urbano com residências e comércios é o predominante na área, onde o córrego encontra-se completamente canalizado com a concretagem total de suas margens e retificação, confinando o córrego em meio à paisagem urbana e comprometendo amplamente o desenvolvimento da sua seção transversal. Fontes pontuais de emissão de efluentes domésticos na forma de canos foram identificados, bem como resíduos sólidos nas proximidades. Espumas ou manchas não foram constatadas no córrego, cujas águas apresentaram um fraco odor e aspecto turvo.

Figura 89. Visão a montante do córrego Pau d'Alho no ponto 9. Destaque para a retificação do córrego, as margens totalmente concretadas e a edificação de residências próximas ao córrego. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 90. Visão a jusante do córrego Pau d'Alho no ponto 9. Assim como na Figura anterior, destaque para a retificação do córrego, as margens totalmente concretadas e a edificação de residências próximas ao córrego. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Observou-se pontualmente a ocorrência de vegetação rasteira no leito de vazante, o acúmulo de matéria orgânica no canal e a ausência de barras fluviais. A pouca vegetação observada no ponto se encontrava presente nos quintais murados das residências edificadas às margens do córrego e em uma praça, conferindo nenhuma proteção às margens. Todavia, conseguia sombrear pontualmente o canal. A cobertura vegetal adjacente era esparsa, as margens se encontravam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa e, embora não tenha sido observado nenhum animal notadamente relacionado a uma condição de degradação, foram avistadas duas garças e uma galinha sobrevoando e transitando pelo canal. Para o ponto 9, se atribuiu **31 pontos**.

5.10 Ponto 10

O ponto 10 (Figuras 91 e 92) também diz respeito a um trecho urbano do córrego Pau d'Álho situado na sede municipal de Rio Novo do Sul e a jusante do ponto 9. A ocupação urbana com residências e comércios é a predominante e o córrego se encontra totalmente canalizado com a sua retificação e concretagem quase que total de suas margens, exceto por um pequeno trecho. Foram visualizados canos de emissão de efluentes domésticos no canal e resíduos sólidos nas proximidades. As águas do córrego não possuíam manchas ou espumas, apresentavam fraco odor e aspecto opaco, diferente do turvo identificado a montante no ponto 9 e que se situa a aproximadamente 500 m de distância, indicando a elevada poluição hídrica no pequeno trecho entre os dois pontos e que impacta, também, na coloração da água.

Figura 91. Visão a montante do córrego Pau d'Alho no ponto 10. Destaque para a retificação do córrego, as margens quase que totalmente concretadas, com exceção de um pequeno trecho (seta) e a edificação de residências próximas ao córrego. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 92. Visão a jusante do córrego Pau d'Alho no ponto 10. Assim como na Figura anterior, destaque para a retificação do córrego, as margens totalmente concretadas e a edificação de residências próximas ao córrego. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Foi identificada vegetação rasteira ocupando parte do leito de vazante do canal, bem como pontuais blocos rochosos depositados nele. Inexistiam barras fluviais e a vegetação ciliar é inexistente, sendo identificada apenas uma árvore em um quintal murado de uma residência situada à margem esquerda do córrego e que não conferia sombreamento a ele. Contudo, a vegetação adjacente se apresentou esparsa. As margens se apresentavam parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa e não foram identificados animais na área. A pontuação conferida foi de **29 pontos**, a menor entre todos os pontos.

5.11 Ponto 11

O ponto 11 (Figura 93) se localiza em um trecho urbano do manguezal rio Piúma na sede municipal do município homônimo. O uso urbano com residências e comércios é o predominante e observou-se a concretagem da margem esquerda próxima ao ponto onde se concentram algumas embarcações de pescadores artesanais, correspondendo a um pequeno porto. Não foram identificadas fontes de emissão de poluentes e, tratando-se de uma área de manguezal, o parâmetro “odor da água” não foi levado em consideração, atribuindo-lhe a pontuação máxima, e as águas apresentavam aspecto turvo.

Figura 93. Visão a jusante do rio Piúma no ponto 11. Destaque para a concentração de embarcações em um pequeno porto à margem esquerda (seta) e para a vegetação de mangue à margem direita. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Inexistia vegetação aquática na área, não levando em consideração as espécies de mangue, foram observados, à distância, alguns troncos no canal e não foram constatadas barras fluviais no rio. Contudo, o elemento de retenção mais marcante foi uma embarcação destruída e abandonada à margem direita do rio (Figura 94). As margens, em geral, são bem protegidas pelo mangue, que conferia sombreamento parcial ao canal, e a cobertura vegetal adjacente era esparsa. Por conta do mangue, as margens também estavam estáveis à erosão e à movimentos de massa, fato também constatado nos trechos das margens desprovidas por esta vegetação. Não foram observados animais na área. Mediante o cenário apresentado, a pontuação atribuída foi de **38 pontos**.

Figura 94. Visão a montante do rio Piúma no ponto 11. Destaque para uma embarcação destruída e abandonada à margem direita (seta vermelha) e para o Monte Aghá ao fundo (seta branca). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.12 Ponto 12

O ponto 12 (Figuras 95 e 96) se refere a um trecho do estuário urbano do rio Piúma na sede municipal do município homônimo, em um local conhecido como praia Doce. Apesar de ser considerado um estuário urbano, a vegetação nativa remanescente de

mata atlântica nas colinas e a de restinga predominavam na área, onde não se observou obras ou estruturas hidráulicas e fontes de emissão de poluentes. Contudo, muitos resíduos sólidos foram visualizados à margem direita e também na água próxima à margem (Figura 97), revelando o alto descarte inadequado de resíduos sólidos na área. Ademais, por se tratar de uma área de pouca circulação de pessoas fora da alta temporada, ela é um ponto frequente de tráfico e uso de entorpecentes pela população local. Não foram detectadas espumas ou manchas nas águas, que apresentavam um fraco odor e aspecto opaco.

Figura 95. Visão a montante do estuário do rio Piúma no ponto 12. Nota-se a margem direita de domínio sedimentar, com a vegetação de restinga logo atrás, ao passo que a margem esquerda é de domínio cristalino com a presença de uma colina vegetada por remanescente de mata atlântica. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 96. Visão a jusante do estuário do rio Piúma no ponto 12. Destaque para a transição do domínio sedimentar para o cristalino (linha tracejada) na margem direita. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 97. Mosaico indicando o alto acúmulo de resíduos sólidos na margem direita do estuário do rio Piúma. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Não foram identificadas vegetação aquática e barras. Ambas as margens se encontravam bem protegidas por vegetação de mata atlântica e de restinga, contudo, pela distância até a água e pela baixa altura da vegetação de restinga, não foi observado sombreamento do estuário pela vegetação de mata atlântica. A cobertura vegetal adjacente se apresentava abundante, assim como a estabilidade das margens à erosão e a movimentos de massa. Foram observados muitos urubus sobrevoando a área durante a aplicação do PAR. A pontuação atribuída foi de **35 pontos**.

5.13 Ponto 13

O ponto 13 (Figura 98) se refere à foz do canal de Itaputanga, situado na sede municipal de Piúma. O tipo de ocupação predominante é o urbano e não foram identificadas obras e estruturas hidráulicas na área. É importante, neste ponto, resgatar o fato já mencionado que a foz do canal, que se encontrava antropicamente aterrada antes da inundação e da enxurrada de janeiro de 2020, foi desobstruída com a alta magnitude da ocorrência destes dois fenômenos no referido período. Também não foram visualizadas fontes de emissão de poluentes e havia resíduos sólidos e orgânicos nas proximidades. Não foram constatadas espumas e manchas nas águas do canal, que apresentavam fraco odor e aspecto opaco.

Figura 98. Visão a jusante da foz do canal de Itaputanga no ponto 13. Nota-se a presença de banhistas no canal. Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Vegetação aquática não foi observada e alguns blocos rochosos foram observados pontualmente no canal. Foram detectadas duas barras fluviais na área, uma lateral e outra de desembocadura (Figuras 99 e 100). As margens se apresentavam parcialmente protegidas pela vegetação ciliar que, consequentemente, conferia sombreamento parcial ao canal. Elas também se mostraram parcialmente estáveis à erosão e a movimentos de massa e animais não foram observados transitando na área. A pontuação conferida foi de **34 pontos**.

Figura 99. Visão a montante da foz do canal de Itaputanga no ponto 13. Destaque para a barra lateral à margem direta (seta branca) e a ponte da rodovia ES-060 (Rodovia do Sol) sobre o canal (seta vermelha). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

Figura 100. Barra de desembocadura na foz do canal de Itaputanga (seta). Acervo pessoal do autor (set. 2020).

5.14 Organização e tratamento estatístico dos dados quantitativos

Após a aplicação do PAR nos treze pontos de parada, realizou-se a organização quantitativa das pontuações atribuídas à cada parâmetro visual em todos os pontos de parada, dispostos na Tabela 10 abaixo. Ela inclui a pontuação total de cada ponto de parada, as médias de cada ponto parada e a total e o desvio padrão em relação à média calculada de cada ponto de parada. Também há informação a respeito do enquadramento na escala de qualidade ambiental de acordo com as pontuações totais.

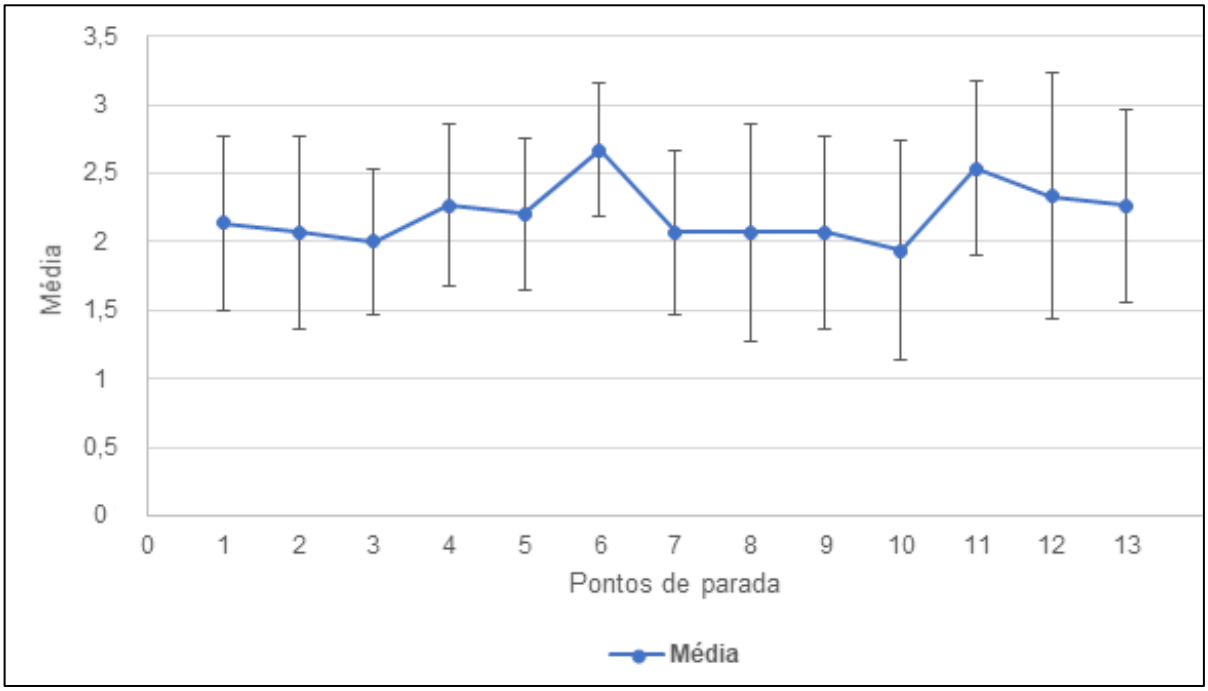
Tabela 10. Dados quantitativos obtidos a partir da aplicação do PAR.

Parâmetro / Ponto de parada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total	Média	Desvio padrão
P1	1	2	2	2	3	2	1	3	3	2	2	2	2	2	3	32	2,13	0,64
P2	1	2	2	2	3	1	1	3	2	3	2	2	2	2	3	31	2,07	0,70
P3	2	2	2	2	3	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2	30	2,00	0,53
P4	2	2	3	2	3	3	1	2	3	2	2	2	2	2	3	34	2,27	0,59
P5	2	2	2	2	3	2	1	3	3	2	2	2	2	2	3	33	2,20	0,56
P6	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	40	2,67	0,49
P7	1	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	3	31	2,07	0,59
P8	1	2	2	1	3	3	2	3	1	3	2	2	2	1	3	31	2,07	0,80
P9	1	1	2	2	3	2	2	2	3	3	1	2	2	2	3	31	2,07	0,70
P10	1	1	2	2	3	2	1	2	3	3	1	1	2	2	3	29	1,93	0,80
P11	1	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	38	2,53	0,64
P12	3	3	3	1	3	2	1	3	2	3	3	1	3	3	1	35	2,33	0,90
P13	1	3	3	2	3	2	1	3	3	2	2	2	2	2	3	34	2,27	0,70
Média																33		

Fonte: Elaboração própria. **Parâmetros**: 1) Tipo de ocupação predominante nas margens e proximidades. 2) Obras e estruturas hidráulicas. 3) Fontes pontuais de emissão de poluentes. 4) Resíduos sólidos nas margens e proximidades. 5) Espumas e manchas. 6) Odor da água (exceto mangue). 7) Turbidez da água. 8) Vegetação aquática. 9) Elemento de retenção no canal. 10) Deposição de sedimentos. 11) Estrutura/proteção das margens por vegetação. 12) Sombreamento por vegetação. 13) Cobertura vegetal adjacente. 14) Estabilidade das margens à erosão e a movimentos de massa. 15) Uso por animais. **Escala de qualidade ambiental**: 15 a 20 pontos – crítica (cor vermelha). 21 a 26 pontos – ruim (cor laranja). 27 a 33 pontos – intermediária (cor amarela). 34 a 39 pontos – boa (cor verde). 40 a 45 pontos – ótima (cor azul).

O cálculo do desvio padrão objetivou compreender a uniformidade dos elementos do conjunto de dados em relação às médias calculadas para cada ponto de parada. Quanto mais próximo a zero, significa que mais uniforme é o conjunto de dados. Além de estar disposto na Tabela 10, os desvios padrões também estão representados no Gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2. Desvios padrões em relação à média calculada em cada ponto de parada, para mais (positivos) ou para menos (negativos).



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos desvios padrões calculados, todos inferiores a um, pode-se concluir que o conjunto de dados apresenta alta uniformidade. É preciso destacar que isso se deve, principalmente, ao fato de que as pontuações atribuídas a cada parâmetro seguiram uma escala de que variou de três a um, não apresentando grande amplitude (pontuação máxima menos pontuação mínima) de pontuação possível de ser atribuída durante a aplicação do PAR. Todavia, em testes pretéritos à aplicação do PAR, constatou-se que é possível atingir desvios padrões superiores a um se as pontuações atribuídas se concentrassem em apenas dois dos três possíveis valores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa objetivou investigar o cenário de degradação de ambientes fluviais no contexto da Bacia de Drenagem do Rio Novo provocado por ações de origem antrópica que, ao alterar o padrão de uso e cobertura da terra, desencadeia mudanças substanciais, diretas e indiretas, em tais ambientes.

Com os mapeamentos temáticos propostos e as inter-relações estabelecidas entre os diversos dados vetoriais físico-sociais levantados, como aspectos geológicos e geomorfológicos, precipitação, pedologia e uso e cobertura da terra, foi possível constatar que algumas áreas da bacia, sobretudo no seu baixo curso, são vulneráveis à ocorrência de inundações e enxurradas, ora mais, ora menos enérgicas. E são nessas áreas vulneráveis que correspondem, em grande parte, à planícies de inundação dos rios Novo e Iconha que, em muitos casos, se encontram as principais áreas urbanas da bacia, edificadas em pontos impróprios à ocupação humana em virtude do caráter sazonal de ocorrência de tais fenômenos. Em casos extremos, residências e comércios são sustentados por pilares construídos nos leitos de vazante e menor dos cursos d'água.

As diversas obras de engenharia executadas em ambientes fluviais da BDRN levantadas neste trabalho e que foram realizadas sem o conhecimento ou simplesmente desconsiderando a compreensão sistêmica fluvial, representando intervenções antropogênicas com o intuito de solucionar ou mitigar "empecilhos" do passado e atuais, onde se destacam as já comentadas inundações e enxurradas, por meio de aterramentos, retificações, concretagem total das margens fluviais e criação de canais artificiais, forçaram o sistema de drenagem a se adaptar à novas condições e comprometeram amplamente a sua dinâmica pretérita. Um claro exemplo de tal situação encontra-se na foz do canal de Itaputanga, onde a dinâmica deposicional e a vazão fluvial são totalmente prejudicados com os aterramentos antrópicos esporádicos da foz do canal e que interferem, inclusive, na erosão praial observada na praia de Acaiaca.

Neste sentido, a adoção da noção sistêmica, onde os diversos componentes internos e externos ao sistema fluvial são considerados e interpretados não apenas de maneira fragmentada, mas em sua totalidade, considerando que quaisquer alterações em cada

um deles, por menores que sejam, podem comprometer em diferentes níveis o funcionamento do sistema como um tudo, se mostra como extremamente relevante e importante no planejamento de tais intervenções. Trata-se de um sistema de natureza físico-social complexa onde qualquer mudança de grande impacto deve ser bem estudada.

A partir do trabalho de campo realizado, foi possível estabelecer comparações entre o cenário encontrado *in situ* e os dados vetoriais e matriciais manipulados em ambiente SIG e que resultaram nos mapeamentos temáticos, sobretudo no que diz respeito ao uso e cobertura da terra em determinados pontos da bacia. Constatou-se que, de fato, os vales fluviais e áreas marginais dos rios Iconha e Novo são amplamente utilizados como áreas de cultivos agrícolas e pastagens, que substituíram em grandes trechos a vegetação ciliar e ripária e, com isso, há a maior pré-disposição de carga detrítica a ser transportada dessas áreas aos canais fluviais, gerando pontos de assoreamento. Também ocorre a captação das águas, armazenadas em barramentos que interferem na vazão fluvial.

Considerando a dinamicidade do espaço geográfico, que está em constante (re)construção e que os dados vetoriais utilizados no mapeamento do uso e cobertura da terra serem do ano de 2010, foram identificados no trabalho de campo, em determinadas áreas, usos e coberturas da terra que destoam daqueles indicados no mapeamento. Um grande exemplo disto foi com o uso “mineração”, onde áreas indicadas no mapa com a ocorrência desse uso próximas à sede municipal de Vargem Alta não foram totalmente identificadas, coincidindo, na maioria das vezes, com locais de armazenamento e comercialização de rochas ornamentais, e não de extração delas.

O trabalho de campo, em consonância com o levantamento e descrição das principais interferências antrópicas em ambientes fluviais da bacia, permitiram observar e discutir tais interferências que, em maiores escalas, nem sempre são possíveis de serem visualizadas, representando alterações diretas e indiretas que conduzem ao cada vez maior quadro de degradação ambiental do sistema fluvial em questão. Neste sentido, a adoção da compreensão “sociogeomorfológica” de Ashmore (2015), onde os rios são interpretados como uma coprodução híbrida entre processos e dinâmicas naturais e socioeconômicas, se apresenta como uma relevante contribuição de

releitura epistemológica para a mesma problemática e que também auxilia a compreender e a discutir o quadro de degradação de ambientes fluviais.

Também se constatou que as inundações, as enxurradas e a precipitação pluvial de alta magnitude ocorridas em janeiro de 2020 em diferentes pontos da bacia deixaram marcas profundas na forma não apenas da destruição física, mas também psicológica das populações afetadas, e que parecem necessitar de bastante tempo até que sejam cicatrizadas pelo desenvolvimento e implementação de políticas públicas de diferentes esferas governamentais. São rodovias importantes para o escoamento agrícola e o turismo na região que ainda estão sendo recuperadas em alguns pontos; pontes, residências e comércios que foram destruídos pela força das águas e que também, no caso dos dois últimos, foram abandonados; movimentos de massa que destruíram e interditaram rodovias, derrubaram imóveis e trouxeram materiais das mais diversas dimensões aos canais fluviais; e, o mais grave, são vidas que foram ceifadas violentamente.

Sabendo que a aplicação isolada do PAR enquanto instrumento de avaliação do estado ambiental de ambientes/sistemas fluviais é útil para uma aferição preliminar de tal estado, a indagação se o PAR se apresentou como um instrumento auxiliar satisfatório de análise diagnóstica do quadro de degradação de tais ambientes vem à tona. Conclui-se que a aplicação deste instrumento, no âmbito desta pesquisa e associada aos mapeamentos propostos e ao levantamento e descrição das principais interferências antrópicas nos ambientes fluviais da BDRN, se apresentou como uma relevante, acessível e competente ferramenta para se atingir tal objetivo. Ademais, possibilitou a identificação de nuances e problemáticas socioambientais em escalas de detalhe, que, novamente, nem sempre são possíveis de realização em escalas maiores.

Diante das pontuações atribuídas e do enquadramento na escala de qualidade ambiental proposta da pontuação total de cada um dos treze pontos de parada visitados e da média calculada a partir da soma de todas as pontuações totais, se faz necessário realizar algumas considerações e sugestões. Dos treze pontos de parada, oito foram enquadrados como tendo uma situação “intermediária”; quatro como tendo uma situação “boa”; e apenas um como tendo uma situação “ótima”. Durante a aplicação do PAR, é levado em consideração tudo o que está no campo de visão do avaliador, próximo ou à distância, e não apenas o canal fluvial e as suas proximidades.

Tal fato teve alta influência na pontuação e, consequentemente, no enquadramento final na escala de qualidade ambiental de todos os pontos.

O ponto 12, por exemplo, que correspondeu a um trecho do estuário do rio Piúma, recebeu uma pontuação total de 35 pontos, considerada uma situação ambiental “boa”. Contudo, o local é marcado pela ampla poluição na forma de descarte inadequado de resíduos sólidos dos mais diferentes tipos, encontrados nas águas, na areia e em meio à vegetação de restinga. Esta condição de degradação específica, no entanto, foi mascarada pela pontuação dada considerando o entorno do ponto de avaliação captável pela visão.

Por sua vez, o ponto de parada 6, o primeiro realizado dentro dos limites da sede municipal de Vargem Alta, foi o que recebeu a maior pontuação total e o único enquadrado como tendo uma situação ambiental “ótima”. Isso é explicado pela sua localização geográfica afastada de áreas urbanas e pelo o rio Novo, a montante, não atravessar nenhuma área urbana adensada. É um ponto onde a vegetação ciliar é preservada e inexistem fontes de emissão de poluentes, por exemplo.

Ademais, a média da pontuação somada de todos os pontos de parada foi enquadrada na situação “intermediária”, indicando que o quadro de degradação de ambientes fluviais induzido por ação antropogênica na BDRN se materializa de diversas formas em seus principais núcleos urbanos. Reitera-se que esta classificação não corrobora para que não sejam tomadas ações por parte da esfera política e pública. A situação “intermediária” indica um quadro alarmante e preocupante de degradação ambiental que merece ser discutida e levada em consideração em diversas ações que podem ser executadas.

Limitar a aplicação do PAR baseada apenas no canal fluvial e suas proximidades, atribuindo novos parâmetros visuais de avaliação e repensar a maneira de se atribuir as notas, com outros valores e pesos, são duas possíveis formas de se contornar essa problemática que veio à tona a partir da experiência em campo. Outro ponto a se pensar é na possibilidade de expansão da aplicação do PAR à áreas rurais, que estabelecem relações com os ambientes fluviais distintas, em partes, daquelas estabelecidas pelas áreas urbanas, realizando uma comparação entre essas duas realidades existentes dentro de um mesmo sistema fluvial e com a adoção de novos parâmetros visuais.

O trabalho de campo foi realizado durante um período de vazante. Logo, realizar a aplicação de um PAR em um sistema fluvial durante dois períodos distintos (vazante e cheia) se apresenta como uma interessante proposta para incitar comparações entre determinados parâmetros, como turbidez d'água e deposição de sedimentos. Coletas de amostras de água de diferentes cursos fluviais e em pontos distintos, com o intuito de realizar análises físico-químicas *in situ* com utilização de equipamentos específicos ou em laboratório, também são interessantes sugestões para que se tenha uma noção mais concreta da qualidade ambiental da água.

Diante da sua elaboração e realização acessíveis e de baixo custo pelos diversos atores e agentes engajados nos estudos fluviais, em espaços formais e não formais de ensino, recomenda-se a aplicação do PAR, de forma adaptada, a outros recortes espaciais no estado do Espírito Santo, onde estudos desta natureza ainda são incipientes, para que sejam promovidos, a partir do compartilhamento de experiências e cenários observados em campo, avanços epistemológicos e metodológicos nesta linha e que culminem em trabalhos que possam subsidiar a (re)formulação de planejamentos territoriais, urbanos e ambientais das mais diversas naturezas e que adotem a compreensão sistêmica.

Com os resultados alcançados por meio das opções teóricas-conceituais e metodológicas adotadas, foi possível expor uma parcela da complexidade advinda das interações em diversos níveis entre agentes naturais e antrópicos na Bacia de Drenagem do Rio Novo, manifesta na litologia, no relevo, nos solos, nas áreas urbanas e também no sistema de drenagem. Considerando que estudos de quaisquer naturezas e desenvolvidos em espaços acadêmicos sobre essa bacia são escassos, esta pequena parcela exposta se mostra significativa para promover o avanço nos estudos sobre a BDRN, especificamente os fluviais.

Outro ponto que merece destaque é a não correspondência dos mapeamentos de áreas e trechos inundáveis na BDRN da ANA e da AGERH à realidade, sobretudo no que diz respeito ao rio Iconha, permitindo concluir que tais documentos são insuficientes para orientar ações de planejamento e tomadas de decisão quanto às inundações na bacia.

Com o manifesto quadro de degradação de ambientes fluviais na BDRN por ação antropogênica de diferentes maneiras e exposto a partir da realização deste trabalho,

faz-se necessário, ainda que brevemente, discutir a recuperação ou revitalização de tais ambientes. Exemplos estrangeiros (rio Tâmisa, Londres, Inglaterra; rio Sena, Paris, França; rio Cheonggyecheon, Seul, Coreia do Sul) e até mesmo nacionais, como o caso do rio Piracicaba no município homônimo, em São Paulo, mostram que a revitalização em diferentes níveis é um caminho possível, demandando não apenas recursos financeiros, mas vontade política, adotando-a como uma política de governo ou mesmo de Estado.

Todavia, não se trata apenas de despoluir os rios: é necessário promover a conscientização ambiental da população para o problema e aproximá-la dos ambientes fluviais de maneira não nociva, entendendo-os como partes integrantes e fundamentais das nossas vidas para que haja uma mudança paradigmática a longo prazo. Trata-se, portanto, de uma forma de se relacionar e de enxergar os nossos rios, urbanos ou não, a partir de uma ótica que exalte e reconheça a sua importância e dentro de um modelo de desenvolvimento urbanístico que entenda sua dinamicidade e que os conservem para as atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – AGERH. **Diagnóstico e prognóstico das condições de uso na Bacia Hidrográfica do Rio Novo**. Relatório da etapa A – diagnóstico e prognóstico, janeiro 2018. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/Rio%20Novo/REA_DiagnosticoPrognostico_CBH%20RioNovo.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Estações fluviométricas e pluviométricas. 2012. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Vulnerabilidade à inundações do estado do Espírito Santo**. 2014. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?uuid=2cbc59f2-e09f-4c19-9bd6-9f05d70cdd02>. Acesso em: 30 mar. 2020.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Erosão e progradação do litoral brasileiro – Espírito Santo. *In*: MUEHE, D. (Org). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 227-264.

ALBINO, J.; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia e vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo. **Revista Geografares**, Vitória, n. 2, p. 63-69, jun./2001. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/1141>. Acesso em: 23 ago. 2020.

AMARANTE, O. A. C. Atlas eólico: Espírito Santo. *In*: AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; ANDRADE, P. E. P. (Orgs). **Vitória**: Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo – ASPE, 2009. 100p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_ES.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e a sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do Instituto de Geociências**, Geologia USP, Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006. Disponível em:

<http://www.periodicos.usp.br/guspsc/article/view/27419/29191>. Acesso em: 25 maio 2020.

ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, n. 251, p. 149-156, 2015.

ATLAS ÁGUA E ESGOTOS. **Aplicativo para celular**. Disponível para *download* na loja virtual *Playstore* para celulares *Android*.

BASÍLIO, T. H. **Análise integrada de sustentabilidade da pesca artesanal do município de Piúma, litoral sul do Espírito Santo, Brasil**. 179 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16784>. Acesso em: 19 set. 2018.

BERSOT, M. R. O. B.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé – RJ. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 11, n. 2, p. 277-294, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ac97/ee83e511d83bd761a4a26228fe53c842a7b6.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. Trad.: Olga Cruz. **Revista Ra'ega**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BEZERRA, F. H. R.; MELLO, C. L.; SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP**, Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-4, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27418>. Acesso em: 25 maio 2020.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de Avaliação Rápida (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO**, Niterói, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2014.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (Org). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-116.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 31 ago. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 08 jan. 1997.

BRICALLI, L. L. Procedimentos metodológicos e técnicas em geomorfologia tectônica. **Revista Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 75-110, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/5239/3860>. Acesso em: 26 out. 2019.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo%2010_14(1).pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Ameaças naturais**: enxurrada. 2016. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/enxurrada/>. Acesso em: 02 maio 2020.

CHARLTON, R. The fluvial system. *In*: CHARLTON, R. (Org). **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Londres: Routledge, 2008. p. 10-20.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos integrados em Geografia**. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos, 1974. 222p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**: introdução. São Paulo: Hucitec, 1979. 106p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 152p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

COELHO, A. L. N. **Alterações hidrogeomorfológicas no médio-baixo Rio Doce / ES**. 247 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Niterói, 2007.

COELHO, A. L. N. Bacia hidrográfica do rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada**. Revista Geografares**, Vitória, n. 7, p. 131-146, 2009.

COELHO, A. L. N. **Mudanças históricas na morfologia fluvial no médio-baixo Rio Doce por processos de erosão e sedimentação**. 1 ed. Vitória: UFES, Proex, 2019. 114p.

COELHO, A. L. N. Uso de produtos de sensoriamento remoto para delimitação de área efetivamente inundável: estudo de caso do baixo curso do rio Benevente, Anchieta – ES. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 53-63, 2010.

COELHO, A. L. N. et al. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espirito Santo, escala 1:400.000**. Instituto Jones dos Santos Neves – Nota Técnica 28. Vitoria, 2012. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/component/attachments/download/1598>. Acesso em: 19 mar. 2018.

COELHO, A. L. N.; NASCIMENTO, F. H. Delimitação de área sazonalmente inundável no baixo curso do rio Iconha, Piúma – ES – Brasil. *In*: IX SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2012. p. 1-5.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. *In*: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 93-148.

COM águas cristalinas, Lagoa Guanandy se torna a sensação do verão em Itapemirim. **Folha Vitória**, Vitória, 29 dez. 2015. Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/entretenimento/noticia/12/2015/sensacao-do-verao-

a-guanandy-vem-sendo-comparada-pelos-turistas-como-lagoa-caribenha>. Acesso em: 31 mar. 2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS / SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM/SGB. **Mapa geológico do estado do Espírito Santo, escala 1:400.000**. Programa Integração, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 2015.

CONTRACTOR ENGENHARIA. **Obras marítimas e fluviais**. 2020. Disponível em: <http://www.contractor.eng.br/atuacao>. Acesso em: 03 abr. 2020.

COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL – CEPDEC. **Informações sobre as chuvas no Espírito Santo**. 28 jan. 2020. Disponível em: <http://eshoje.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Release-28-01-2020-06h.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.

COSTA, L. M. S. A. Rios urbanos e o desenho da paisagem. *In*: COSTA, L. M. S. A. (Org). **Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley: Ed. PROURB, 2006. 190p.

CROCE, R. **Relações entre espaço urbano e cursos d'água**: conflitos e interações no vale do rio Doce. 378 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2020.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 219-238.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 211-252.

CUNHA, S. B. Morfologia dos canais urbanos. *In*: POLETO, C. (Org). **Ambiente e sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2008. p. 329-360.

CUNHA, S. B. Rios desnaturalizados. *In*: BARBOSA, J. L.; LIMONAD, E. (Orgs). **Ordenamento territorial e ambiental**. 1. ed. Niterói: Editora da UFF, 2012. p. 171-192.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e gestão ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 43-76.

DALLAPICOLA, M. S. Q. **Desnaturalização do rio Doce**: uma abordagem geográfica das intervenções no setor urbano de Colatina/ES. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2015.

DAMASCO, F. S.; CUNHA, S. B. Inundações em bacias hidrográficas urbanas. *In*: DAMASCENO, I.; MALHEIROS, T. (Orgs). **Espaços plurais**. Rio de Janeiro: Consequência, 2018. p. 359-384.

DEINA, M. A. **Alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu (ES)**. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2013.

GIL, A. P. **Alterações no corredor fluvial do baixo curso do rio Doce em 1987 e 2011 – Linhares, ES**. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2017.

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades**: ruptura e reconciliação. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010. 300p.

GPS ESSENTIALS. **Aplicativo para celular**. Disponível para *download* na loja virtual *Playstore* para celulares *Android*.

GREGORY, K. R. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, n. 79, p. 172-191, 2006.

GUEDES, I. G. et al. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista Geociências**, Guarulhos, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/98/190>. Acesso em: 17 abr. 2020.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 390p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 241-260, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.996>. Acesso em: 11 jan. 2020.

HORTON, R. E. **Drainage basin characteristics**. Transaction of the American Geophysical Union, n. 13, p. 250-361, 1932.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censos demográficos**: 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapas interativos do IBGE**: base de dados geográficos, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População estimada para os municípios de Iconha, Itapemirim, Piúma, Rio Novo do Sul e Vargem Alta**: 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Resolução IBGE nº 1/2005 que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro, passando a ser o SIRGAS-2000**. 2005. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf>. 19 maio 2020.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES / COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO – IJSN/CGEO. **Base de dados geográficos**: 2010, 2012, 2013. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em: 05 mar. 2018.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES / COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO – IJSN/CGEO. **Mapeamento das áreas periurbanas do Espírito Santo**. Vitória: IJSN, 2011. 32p. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20120821_853_ijsn_td24.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

ITAPEMIRIM. **História do município**. Disponível em: < http://www.itapemirim.es.gov.br/detalhe-da-materia/info/historia-do-municipio/6502>. Acesso em: 31 mar. 2020.

LASZLO, J. O perfil longitudinal e a compartimentação dos rios Aguapéi e Peixe. *In*: XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: Editora EDUEM, 2016. p. 1-5. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/3/3-268-1099.html>. Acesso em: 08 jun. 2020.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU JÚNIOR, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa**, Série Biologia, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 18-32, 2011. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4726/3276>. Acesso em: 11 jan. 2020.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente (UNIVILLE)**, Joinville, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.

MOURA, C. A. Avaliação da tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 30, n. 2, p. 123-138, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229012/23414>. Acesso em: 11 jan. 2020.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_2001/Revista2_Artigo 0 3_2001.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.

NAVEGANDO os rios capixabas – rio Novo. **A Tribuna**, Vitória, 9 set. 2007. Caderno Especial. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/>. Acesso em: 19 fev. 2018.

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

OLIVEIRA, F. M.; NUNES, T. S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza on line**, Santa Teresa, v. 13, n. 2, p. 86-91, 2015. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/08_Oliveira&Nunes_8691.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

OLIVEIRA, F. S. et al. Evolução temporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Rio Iconha, Espírito Santo, Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 83-91, 2015. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/776/pdf_23>. Acesso em: 10 mar. 2018.

PASSOS, R. M. **Rede hídrica e urbanização**: o córrego Jucutuquara na paisagem urbana de Vitória-ES. 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2015.

PAULA, A. Comerciantes protestam contra abertura de canal. **A Tribuna**, Vitória, 18 nov. 2005. Caderno Regional.

PAULA, A. N. E. Caracterização geográfica do município de Piúma. *In*: BODART, C. N. (Org). **História e estórias de Piúma**. 1 ed. Cachoeiro de Itapemirim: Gracal, 2014. p. 13-21.

PENNA, T. V. C. **Rios urbanos e paisagem**: do convívio à negação em Cachoeiro de Itapemirim – ES. 196 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2017.

PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS – PNAD. **Síntese de indicadores 2015/IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 108p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PESSOA, D. F. O processo de retificação do rio Tietê e suas implicações na cidade de São Paulo, Brasil. **Revista Paisagem e Ambiente**, São Paulo, v. 30, n. 44, p. 1-13, 2019. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/158617>. Acesso em: 10 maio 2020.

PIMENTEL, M. Largo da Carioca: de lagoa aterrada a centro nervoso da cidade. **MultiRio**, Rio de Janeiro, 05 out. 2017. Reportagens. Disponível em: <http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/12870 largo-da-carioca-de-polo-de-abastecimento-de-%C3%A1gua-a-centro-nervoso-da-cidade>. Acesso em: 11 maio 2020.

PINHEIRO, C. A. K.; VALE, C. C.; COELHO, A. L. N. Avaliação da fragilidade emergente na bacia do rio São Mateus e o enquadramento da APA de Conceição da Barra (ES). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 1-16, 2017.

PIÚMA. Lei nº 1.656, de 3 de dezembro de 2010. Institui o Plano Diretor Municipal de Piúma. **Diário Oficial [da] Prefeitura de Piúma**, Piúma, 03 dez. 2010.

PONTINI, V. V. **Interferências antrópicas em ambientes fluviais**: estudo de caso no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Novo, Piúma (ES). 128 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2018.

PONTINI, V. V.; COELHO, A. L. N. Artificialização do canal de Itaputanga, Piúma (ES): um novo cená(rio) frente às intervenções antrópicas. *In*: I SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA E GESTÃO TERRITORIAL E XXXIV SEMANA DE GEOGRAFIA DA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, 2018, Londrina. **Anais...** Londrina: Portal de Anais de Eventos da UEL, 2018. p. 1708-1726.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL. Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das Minas e Energia – Secretaria Geral, 1983. 775p.

RADTKE, L. **Protocolos de avaliação rápida**: uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7883>. Acesso em: 12 jan. 2020.

RAMOS, A. L. D. **Sistema fluvial do rio Jacaraípe, Serra, Espírito Santo**: proposta de análise a partir do geossistema e da sociogeomorfologia. 232 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2018.

RAMOS, A. L. D. et al. Avaliação visual de rios urbanos: metodologia e aplicação**.** **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 11, n. 25, p. 159-184, 2017.

RIBEIRO, I. Chuva em Iconha: a história de destruição na cidade em grandes enchentes. **A Gazeta**, Vitória, 23 jan. 2020. Região Sul. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/sul/chuva-em-iconha-a-historia-de-destruicao-na-cidade-em-grandes-enchentes-0120>. Acesso em: 02 abr. 2020.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. *In*: TEIXIERA, W. et al. (Orgs). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. p. 192-214.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2140/1/DISSERTA%C3%87%

C3%83O_Adequa%C3%A7%C3%A3oProtocoloAvalia%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

ROSA, N. M. G. **Avaliação da qualidade ambiental de sistemas fluviais em unidades de conservação e áreas de entorno**: aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) no vale do Ribeirão da Prata, Serra do Gandarela – MG. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.igc.ufmg.br/images/igc/biblioteca/GEO191.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

ROSA, N. M. G.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: o caso do Parque Nacional da Serra do Gandarela (MG). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 29, n. 57, p. 441-464, 2019.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

SÁNCHEZ, L. E. Conceitos e definições. *In*: SÁNCHEZ, L. E. (Org). **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e definições. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 17-43.

SANTOS, E. M. **Dicotomias entre os cursos hídricos e o meio urbano**: o caso do canal da Passagem – Vitória/ES. 124 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2019.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SARTÓRIO, M. V. O. **Desnaturalização dos sistemas fluviais urbanos**: o caso do canal da Costa e do canal Bigossi, Vila Velha (ES). 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2018.

SARTÓRIO, M. V. O. **Processo de urbanização em bacias de drenagem**: estudo de caso da bacia do rio Marinho - ES. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel

em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2015.

SARTÓRIO, M. V. O.; COELHO, A. L. N. A contribuição da abordagem sistêmica nos estudos fluviais urbanos. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 13, p. 710-728, jan./dez. 2019.

SHORT, A. D.; HESP, P. A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, p. 259-284, 1982. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025322782901001>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – Geobases 2.0. **Navegador geográfico, feições**: 2016. Disponível em: <https://www2.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=N>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas**. Trad.: Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora Amarante. Série secundária Métodos em Questão, n. 16. São Paulo: Instituto de Geografia, Editora da USP, 1977. 52p.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC; Curitiba: Editora UFPR, 1990. 183p.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Orgs). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 11-44.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 91-102, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>. Acesso em: 15 abr. 2020.

UMA semana após forte chuva que deixou mortos no ES, 3,3 mil pessoas ainda estão fora de casa. **G1 Espírito Santo**, Vitória, 24 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espirito-santo/noticia/2020/01/24/uma-semana-apos-forte-

chuva-que-deixou-mortos-no-es-33-mil-pessoas-ainda-estao-fora-de-casa.ghtml>. Acesso em: 02 abr. 2020.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Earth Explorer**. Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (SRTM1S21W041V3, publication: 23-SEP-14). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 19 dez. 2019.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 161-168, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=61&SUMARIO=811>. Acesso em: 14 jan. 2020.