

Geovano Pedro Hoffmann

**O USO DA TERRA E A INFLUÊNCIA SOBRE O VOLUME DAS
ÁGUAS NA BACIA DO RIO BIGUAÇU – SC**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Curso de Graduação em
Geografia da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Bacharel em Geografia
Orientador: Prof. Dr. Arthur Schmidt
Nanni

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hoffmann, Geovano Pedro

O uso da terra e a influência sobre o volume das águas
na Bacia do Rio Biguaçu - SC / Geovano Pedro Hoffmann ;
orientador, Arthur Schmidt Nanni - Florianópolis, SC, 2014.
141 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas. Graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Uso e Cobertura da Terra. 3.
Escoamento. 4. Bacia do Rio Biguaçu - SC. I. , Arthur
Schmidt Nanni. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Geografia. III. Título.

Geovano Pedro Hoffmann

**O USO DA TERRA E A INFLUÊNCIA SOBRE O VOLUME DAS
ÁGUAS NA BACIA DO RIO BIGUAÇU – SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Bacharel em Geografia” e aprovado em sua forma final pelo curso de graduação em Geografia

Florianópolis, 25 de novembro de 2014.

Prof. Dr. Carlos José Espíndola
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Arthur Schmidt Nanni
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Maria Paula Casagrande Marimon
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Marinez Eymael Garcia Scherer
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha mãe Verônica (*in memoriam*), pessoa em quem me inspiro, além de ter me incentivado e apoiado nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em especial ao professor Arthur Schmidt Nanni pela orientação nesta monografia, por compartilhar comigo seus conhecimentos e ideias durante o trajeto da pesquisa e fornecer os meios necessários para a realização, assim como pela amizade e confiança.

À minha banca examinadora pelas correções e sugestões para este trabalho.

Aos demais professores da graduação em Geografia da UFSC por me ensinarem uma outra maneira de olhar a realidade e por ampliarem as minhas noções do espaço geográfico.

Aos meus amigos Diana, Driele, Elaine, Filipe, Josiely, Karine, Leonardo, Márcio, Priscila, Sabrina e Yanna, que me acompanharam durante a faculdade.

Aos meus amigos da minha cidade natal, Andréia, Douglas, Franciele, Luana, Maria Helena e Valéria, que merecem ser agradecidos pela nossa grande amizade.

À Junira e família de Bernadete e João pelo acolhimento.

À Marli, e família de João e Miriam por sempre me apoiarem.

À Yanna, por ter cedido gentilmente os dados pluviométricos fornecidos a ela pela Epagri.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para este trabalho.

Muito obrigado!

“Fazer geografia hoje é se debruçar sobre os desafios aos quais a humanidade está confrontada, é explorar as mudanças de atitude que ela deve efetuar, é imaginar as novas formas das quais deve se dotar”

(Paul Claval, 2011).

RESUMO

Os recursos naturais, com destaque para a água, são imprescindíveis para a construção e transformação do espaço geográfico. O uso inadequado da terra agrega problemas que afetam direta ou indiretamente o ciclo hidrológico. Até o início do século XIX, a bacia hidrográfica do rio Biguaçu (BHB) apresentava o equilíbrio entre os diferentes agentes que controlam a dinâmica ambiental. Contudo, a ocupação da região alterou o processo hidrológico de escoamento. Nessa perspectiva, a pesquisa teve por objetivo identificar os condicionantes que promovem modificações no volume das águas na BHB, uma vez que o conhecimento acerca do problema é escasso e a expansão da área de aglomeração urbana da Grande Florianópolis tende a agravá-lo. A metodologia contemplou uma etapa de gabinete, em que houve o levantamento bibliográfico e de dados cartográficos, o mapeamento dos atuais canais fluviais e dos usos da terra dos anos de 1982 e 2014, bem como a análise quantitativa do escoamento. Na outra etapa efetuaram-se observações *in loco* na região. Os resultados obtidos demonstram que a modificação no uso da terra na bacia hidrográfica vem ocorrendo com o aumento da área dos usos com altas velocidades de escoamento, a exemplo das áreas descobertas, de mineração e urbanizadas, e a redução da área dos usos com baixas velocidades, especialmente as áreas de pastagem, campestre e de cultivo. Dessa maneira, associado aos canais retelinizados, o escoamento superficial se concentra em curtos períodos, ocasionando o aumento da área da planície de inundação e a redução do nível mínimo do escoamento de base. Os condicionantes que promovem esta situação são socionaturais, indicando-se a ampliação das áreas descobertas e urbanizadas, a criação de trechos fluviais retelinizados e a restrição da área florestal apenas no médio e alto curso. É de suma importância que haja o monitoramento das águas e a implementação de um plano em nível de bacia hidrográfica voltado a orientação da ocupação territorial. Da mesma forma é relevante a recuperação do ambiente fluvial anterior às obras de retelinização, de modo a aproximar o escoamento superficial da sua dinâmica hidrológica original.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra. Escoamento. Bacia do Rio Biguaçu – SC.

ABSTRACT

Natural resources, especially water, are essential to the construction and transformation of geographical space. Improper land use aggregates problems that directly or indirectly affect the hydrological cycle. By the early nineteenth century, the Biguaçu's river basin (BRB) had the balance between the different agents that control the environmental dynamics. However, the occupation of the region changed the hydrological process flow. In this perspective, the research aimed to identify the conditions that promote changes in the volume of water in the BRB, since the knowledge of the problem is scarce and the expansion of urban agglomeration area of Greater Florianópolis tends to aggravate it. The methodology included a stage one, where there was the bibliographic and cartographic data survey, mapping of current river channels and land uses of the years 1982 and 2014, and the quantitative analysis of the flow. In another step there was effected up in situ observations in the region. The results show that the change in land use in the watershed is occurring with increasing area of use with high flow rates, like the uncovered areas, mining and urban, and the reduction of the area of uses at low speeds especially grazing areas, country and culture. Thus, associated with rectilinear channels, runoff is concentrated in short periods, increasing the floodplain area and reduce the minimum level of the basic flow. The conditions that promote this are socionaturals, indicating the expansion of discoveries and urban areas, the creation of rectilinear river stretches and the restriction of forest area only in the middle and upper reaches. It is extremely important the monitoring of waters and the implementation of a watershed-level plan focused orientation of territorial occupation. Similarly relevant is the recovery of previous fluvial environment to works of rectilinearization, so as to approximate the runoff from its original hydrological dynamics.

Keywords: Use and land cover. Flow. Biguaçu's River Basin – SC.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Biguaçu – SC.....	32
Figura 2. Representação do ciclo hidrológico.....	34
Figura 3. Hidrograma hipotético de uma bacia hidrográfica.....	39
Figura 4. Vazões máximas em vários tipos de coberturas.....	44
Figura 5. Fluxograma do mapeamento dos dados espaciais.....	56
Figura 6. Rede hidrográfica de planície da BHB atualizada no ambiente SIG QGIS tendo por base as imagens do Google Satellite Layer.....	59
Figura 7. Imagem orbital da BHB do ano de 1982 após o pré-processamento digital no ambiente SIG QGIS.....	60
Figura 8. Imagem orbital da BHB do ano de 2014 após o pré-processamento digital no ambiente SIG QGIS.....	61
Figura 9. Equação do método cinemático do SCS para o cálculo do tempo de concentração do escoamento superficial.....	66
Figura 10. Fórmula para estimar o escoamento superficial médio da BHB.....	69
Figura 11. Mapa dos pontos de levantamento de informações em campo.	71
Figura 12. Formações geológicas da bacia do rio Biguaçu – SC.....	73
Figura 13. Unidades geomorfológicas da bacia do rio Biguaçu – SC....	75
Figura 14. Balanço hídrico rural nas unidades hidrográficas de Santa Catarina.....	78
Figura 15. Simulação de projeto do loteamento Cidade Deltaville dentro da BHB, em Biguaçu, pertencente a empresa que atua no setor nacional.	85
Figura 16. Vista aérea da área central do município de Biguaçu, com destaque à sua ocupação sobre a planície de inundação, nas margens da foz do rio homônimo.....	86
Figura 17. Centro do município de Antônio Carlos.....	87
Figura 18. Precipitação anual para a série histórica 1911-2013 da estação São José – SC.....	90
Figura 19. Ocorrência de precipitação na localidade de Usina, em Antônio Carlos, sobre as morrarias da unidade Serras do Leste Catarinense.....	92
Figura 20. Balanço hídrico climatológico normal para Florianópolis no	

período de 1981 a 2010.....	94
Figura 21. Seções do rio Biguaçu na bacia hidrográfica.....	95
Figura 22. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Biguaçu – SC em 1982.....	97
Figura 23. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Biguaçu – SC em 2014.....	101
Figura 24. Área florestal no alto curso da BHB, com destaque para a vegetação de maior porte ao fundo, na Serra das Congonhas, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos), próximo à nascente do rio Biguaçu... 103	
Figura 25. Área de pastagem com vegetação campestre e em estágio sucessional, cultivos e silvicultura no alto curso da BHB, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos),.....	104
Figura 26. População de Antônio Carlos - SC por censo demográfico desde 1980.....	105
Figura 27. População de Biguaçu - SC por censo demográfico desde 1980.....	106
Figura 28. Área florestal do médio curso da BHB com presença de monocultivos florestais em torno do rio Biguaçu, localidade de Egito (Antônio Carlos).....	107
Figura 29. Cultivo de hortaliças com pastagem no entorno, no baixo curso da BHB, localidade de Guiomar (Antônio Carlos).....	108
Figura 30. Cultivo de arroz na localidade de Três Riachos (Biguaçu), onde constam inúmeros canais retelinizados.....	109
Figura 31. Cultivo de grama sobre material oriundo de saibreiras, localidade de Santa Catarina (Biguaçu).....	110
Figura 32. Trecho retelinizado do rio do Louro com área de cultivo de hortaliças e pastagem no entorno, sem a vegetação ciliar, favorecendo os processos erosivos e contribuindo para o assoreamento do canais fluviais, localidade do Louro (Antônio Carlos),.....	111
Figura 33. Área de pastagem na localidade de Três Riachos (Biguaçu).	112
Figura 34. Distribuição do uso e cobertura da terra na BHB em 1982 conforme classificação de Kibler (1982) apud Porto et al (2000, p. 819).	114
Figura 35. Distribuição do uso e cobertura da terra na BHB em 2014 conforme classificação de Kibler (1982) apud Porto et al (2000, p. 819).	114

Figura 36. Contribuição de cada uso da terra em função da velocidade média de escoamento superficial para a BHB.....	115
Figura 37. Área florestal, com vegetação em estágio sucessional e também de maior porte no alto curso da BHB, onde nasce o rio Biguaçu, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos).....	116
Figura 38. Área de pastagem com presença do gado, o qual favorece o escoamento superficial, localidade de Rio Farias (Antônio Carlos).....	117
Figura 39. Cultivo de bananeiras na localidade de Guiomar (Antônio Carlos).....	118
Figura 40. Centro da cidade de Antônio Carlos onde observa-se a água acumulada sobre os aterros após um evento de precipitação.....	119
Figura 41. Efeitos hidrológicos das alterações de uma área rural para urbana.....	121
Figura 42. Mapa dos canais fluviais retinizados da BHB (2014).....	123
Figura 43. Trecho retinizado do rio Biguaçu no seu baixo curso, localidade de Alto Biguaçu (Biguaçu).....	125
Figura 44. Placa de registro de licenciamento ambiental referente a uma obra de retinização de curso fluvial do ano 2010, localidade de Usina (Antônio Carlos).....	126
Figura 45. Diferenças no amortecimento do hidrograma de enchentes devido à modificações no trajeto do curso d'água.....	127
Figura 46. Mapa da declividade da bacia do rio Biguaçu – SC.....	139
Figura 47. Mapa da rede hidrográfica da bacia do rio Biguaçu – SC em 1957.....	141

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Efeitos desempenhados por uma espécie vegetal relacionados à dinâmica hidrológica.....	42
Quadro 2. Relação dos objetivos, métodos realizados e resultados finais.	52
Quadro 3. Relação entre as classes de uso e cobertura da terra da BHB entre IBGE (2013, p. 149) e Kibler (1982) apud Porto et al (2000, p. 819).....	67
Quadro 4. Síntese da dinâmica de modificação do uso e cobertura da terra na BHB conforme a ordem de abrangência em cada seção.....	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre a área florestada e o escoamento superficial....	43
Tabela 2. Classes de declividade.....	65
Tabela 3. Velocidades médias de escoamento superficial em m.s-1.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACARESC – Associação de Crédito e Assistência Rural do Estado de Santa Catarina
BHB – Bacia Hidrográfica do Biguaçu
CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENSO – *El Niño Southern Oscillation*
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.
GPS – *Global Positioning System*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MNT – Modelo Numérico de Terreno
MSS – *Multispectral Scanner Subsystem*
OLI – *Operational Terra Imager*
QGIS – Quantum GIS
ROI – *Regions Of Interest*
RPPN – Reserva Particular de Patrimônio Natural
SCS – *Soil Conservation Service*
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*
USGS – *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	27
1.1. OBJETIVOS.....	29
1.1.1. Objetivo geral.....	29
1.1.2. Objetivos específicos.....	30
1.2. JUSTIFICATIVA.....	30
1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
2.1. RECURSOS HÍDRICOS: PANORAMA GERAL.....	33
2.2. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE TERRITORIAL.....	36
2.3. ESCOAMENTO.....	37
2.3.1. Hidrograma.....	38
2.3.2. Clima e a influência sobre o escoamento.....	40
2.3.3. Usos da terra e a influência sobre o escoamento.....	41
2.4. SENSORIAMENTO REMOTO.....	48
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	54
3.2. MAPEAMENTO DOS DADOS ESPACIAIS.....	55
3.2.1. Levantamento de dados cartográficos.....	56
3.2.2. Edições primárias no QGIS.....	58
3.2.3. Pré-processamento digital.....	59
3.2.4. Produção cartográfica.....	61
3.2.4.1. Mapa de localização da área de estudo.....	61
3.2.4.2. Mapas de uso e cobertura da terra do ano de 1982 e 2014.....	61
3.2.4.3. Mapa atual dos canais fluviais retinizados.....	63
3.2.4.4. Mapa da declividade da BHB.....	64
3.3. LEVANTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL HISTÓRICA.....	65
3.4. ANÁLISE DOS DADOS DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	65
3.5. ATIVIDADE DE CAMPO.....	69
4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BIGUAÇU – SC.....	73
4.1. AMBIENTE NATURAL.....	73
4.1.1. Unidades geológicas.....	73
4.1.2. Unidades geomorfológicas.....	74
4.1.3. Aspectos climáticos.....	76

4.1.4. Aspectos hidrográficos.....	76
4.1.5. Solos.....	78
4.1.6. Vegetação e fauna.....	79
4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	80
4.2.1. Povoamento inicial.....	80
4.2.2. História do município de Biguaçu.....	81
4.2.3. História do município de Antônio Carlos.....	82
4.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E SOCIOECONÔMICOS.....	84
4.3.1. Município de Biguaçu.....	84
4.3.2. Município de Antônio Carlos.....	86
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	89
5.1. CONDICIONANTES NATURAIS.....	89
5.2. CONDICIONANTES ANTRÓPICOS.....	94
5.2.1. Dinâmica físico-temporal da BHB no período 1982-2014.....	94
5.2.2. Efeitos da modificação do uso e cobertura da terra sobre o escoamento superficial.....	113
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

1. INTRODUÇÃO

Os recursos naturais, com destaque para a água, são imprescindíveis para a construção e transformação do espaço geográfico, permitindo ao homem a sua reprodução econômica e social no decorrer do tempo. A água não só é fundamental para a manutenção ecossistêmica da vida dos seres como também é utilizada para diversos fins humanos, dentre eles, o agropecuário, o industrial, o de abastecimento urbano, o turístico e para a geração de energia elétrica. Contudo, a água potável destinada a estes consumos representa apenas 0,007% da que está disponível no planeta (TEIXEIRA, 2009).

O uso inadequado da terra, a exemplo das ações excessivas de desflorestamento e impermeabilização dos solos, assim como a contaminação por efluentes e agroquímicos, durante períodos prolongados, agregam problemas que afetam direta ou indiretamente o ciclo hidrológico. Caso não sejam amenizados ou solucionados, estes podem acentuar a degradação ambiental, com consequências diretas na saúde da fauna, em que está incluída a humana, e da flora. Nesta perspectiva, há a necessidade da conservação e preservação dos recursos hídricos para que as populações que dele dependem possam se manter socialmente, garantindo a disponibilidade desse recurso natural para que as gerações futuras também possam usufruí-lo.

Até o início do século XIX, a bacia hidrográfica do rio Biguaçu (BHB) era um ambiente em clímax que apresentava o equilíbrio entre os diferentes agentes que controlam a dinâmica ambiental: o clima, as formações geológicas e geomorfológicas, a rede hidrográfica, os solos, a fauna e a vegetação. No entanto, a ocupação da área levou ao rompimento da estabilidade dinâmica e, estando os elementos ambientais interligados num processo contínuo, modificaram os processos hidrológicos da BHB como efeito compensatório. Dessa maneira, houve a concentração do escoamento superficial em curtos períodos de tempo, seguido de longos períodos com baixas vazões, além do aceleração do processo erosivo num rio que um dia já foi possível a navegação.

Quem chamou atenção para o assunto foi Reitz (1988), o qual menciona os desflorestamentos provocados pelos imigrantes europeus associada à ocupação indevida da terra como causas para o desequilíbrio ecológico na área de estudo. Oriundos de regiões cujas técnicas de produção do espaço eram inadequadas ao manejo da terra para as condições geográficas da BHB, os imigrantes europeus foram instalados pelo governo imperial com o objetivo de colonizar o trecho em torno do caminho das tropas, entre Desterro e Lages, sem a preocupação ambiental necessária com as consequências deste processo. O canal principal, por exemplo, passou a dar indícios de assoreamento, fato este registrado quando, no ano de 1916, durante um período de elevada precipitação, teve seu leito preenchido por grande quantidade de sedimentos, oriundos do solo sem vegetação nativa e dos restos de árvores, colocando em decadência a navegação fluvial e o comércio local. O processo de assoreamento ainda ocorre, segundo Fortes (1996) e é um indicativo de que a ocupação e o uso da terra na BHB não estão ocorrendo de maneira adequada.

De forma simultânea ao assoreamento, o escoamento superficial também apresenta sinais de instabilidade que levam à alteração irregular das vazões. Através da percepção ambiental da população que reside na área, a redução das águas da BHB foi descrita por Reitz (1988, p. 406), conforme assinala que:

As serras do Alto Biguaçu foram aos poucos sendo ocupadas e desmatadas pela população excedente da colônia de São Pedro de Alcântara, o que acarretou a diminuição das águas. O caudaloso e navegável rio Biguaçu ficou raso. Nas grandes chuvaradas com enchentes, o solo desnudo, os restos de árvores, tudo enfim era carregado para o rio, o que não acontecia em grandes enchentes anteriores, como as de 1880 e 1881, tanto que o rio Biguaçu apresentava águas profundas em séculos anteriores e era navegável. [...] A calamitosa enchente de 1916, acima citada, levou o rio Biguaçu para um estado de agonia. As águas diminuíram drasticamente, o leito ficou

assoreado e a navegação desapareceu.

Além do exposto, ocorre a situação inversa. De acordo com a Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente de Santa Catarina (1997), a BHB possui uma frequência de mais de duas enchentes a cada 5 anos, o que a inclui na categoria de situação grave na classificação do Estado. Atualmente, o uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica se dá principalmente com o abastecimento domiciliar, irrigação de culturas agrícolas, parques aquáticos, indústrias e outros (SILVA, 2007). Reitz (1988, p.408) já relatava a sua preocupação com o uso e cobertura da terra:

A agonia do rio Biguaçu, após a enchente catastrófica de 1916, carreando solos e detritos das áreas desmatadas para o leito do rio, com a consequente paralisação da navegação, é um alerta para os responsáveis pela ocupação do solo e pela preservação do meio ambiente, em Santa Catarina.

Somente a partir da compreensão deste problema é que poderão ser tomadas medidas cabíveis para assegurar à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e ainda a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos extremos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, conforme o Art. 2º da Lei Federal Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997 (BRASIL, 2014a), que trata dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Assim, através da análise da paisagem pelo mapeamento do uso e cobertura da terra, associada às informações obtidas com a pesquisa, conseguir-se-á um conhecimento que possibilitará respostas científicas para explicar as suas causas, de maneira a contribuir para a tomada de decisões na área em questão.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Identificar os condicionantes que promovem modificações no volume das águas na BHB, no intuito de contribuir com a gestão dos recursos hídricos.

1.1.2. Objetivos específicos

Para atingir tal objetivo geral, houve a necessidade de:

1. Analisar a influência do clima sobre a dinâmica hidrológica da área de estudo;
2. Identificar espacialmente, através de mapeamento, os usos da terra e as atuais modificações antrópicas realizadas na rede de drenagem da bacia hidrográfica;
3. Relacionar os diferentes usos da terra e os seus efeitos sobre a quantidade das águas da BHB.

1.2. JUSTIFICATIVA

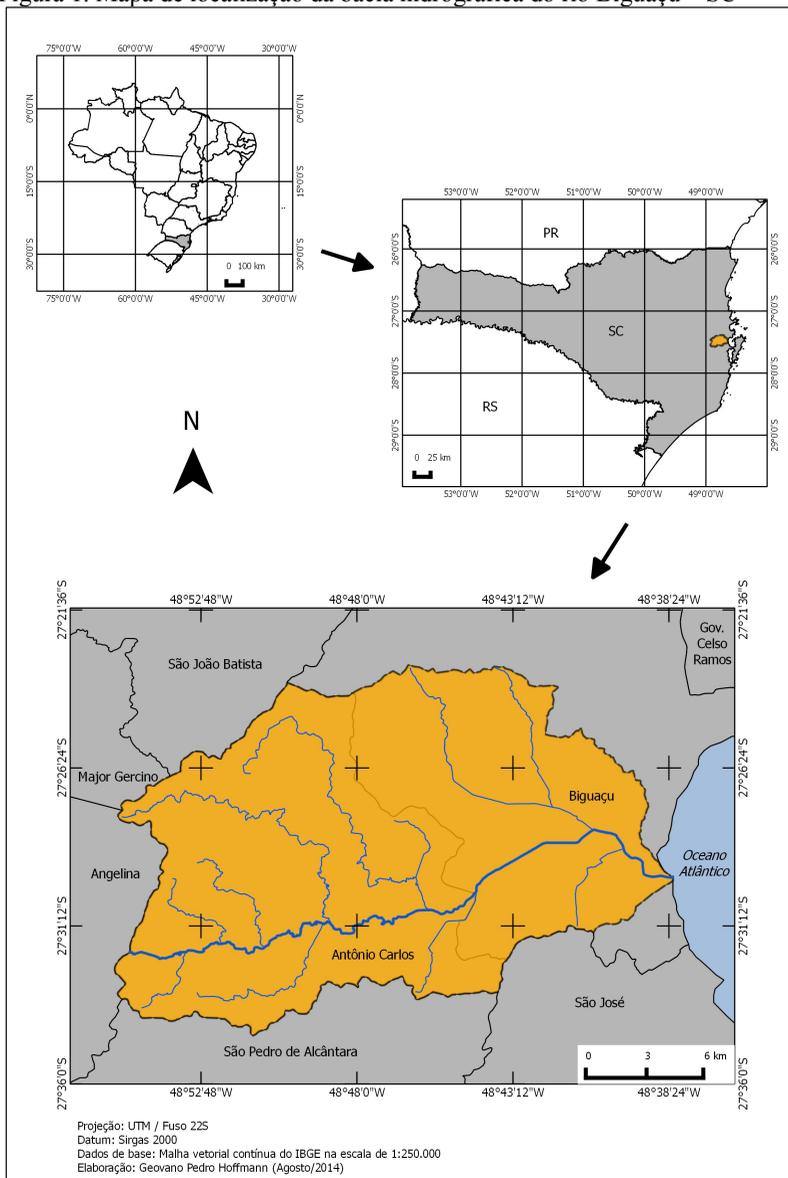
Este trabalho se justifica uma vez que o conhecimento acerca do problema da modificação no escoamento das águas na BHB é de material escasso. Atualmente, a expansão da aglomeração urbana da Grande Florianópolis se dá ao longo do eixo da BR-101, e transversalmente a esta por sobre as áreas de planície dos vales litorâneos, sendo nesta situação que se encontra inserida a BHB. Neste contexto, o estudo de uso e cobertura da terra é de suma importância para o entendimento da pressão sobre os recursos hídricos, haja vista que o agravamento das condições ambientais pela urbanização pode gerar futuramente problemas mais drásticos, bem como já ocorreu no início do último século com o fim da navegação nessa bacia hidrográfica. Cabe, portanto, à Geografia permitir uma visão de totalidade e que abarque as múltiplas relações entre os elementos naturais e sociais presentes na região, que interagem para constituir o objeto de estudo.

1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BHB¹ localiza-se na porção central do litoral catarinense, estabelecida entre as coordenadas 27°22' e 27°34' de latitude sul e 48°38' e 48°56' de longitude a oeste do meridiano de Greenwich. Possui uma área total de 389,7 km² e com drenagem disposta no sentido oeste-leste, compreendendo todo o município de Antônio Carlos e parte do município de Biguaçu, ambos localizados na mesorregião da Grande Florianópolis (figura 1). Apresenta a nascente do rio principal situada na Serra das Congonhas, a 778 metros de altitude, escoando numa extensão de 37 quilômetros até o município de Biguaçu, onde deságua no Oceano Atlântico (SILVA, 2007).

- 1 A denominação do rio principal é controversa. Segundo Soares (1988), o nome se deve à ave aquática chamada de “biguá”, de coloração preta, bico amarelo e cauda e pescoço alongados, presente ao longo da costa brasileira. O sufixo “açú” refere-se à noção do tamanho do pássaro, que numa tradução literal seria biguá-grande. Já Reitz (1988) atribui o significado do nome à árvore frutífera e nativa do litoral catarinense, abundante na foz da BHB, conhecida como “biguaçu” ou “baguaçu”, considerando que o termo “biguá-açu” é incorreto.

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Biguaçu – SC



Fonte: O autor.

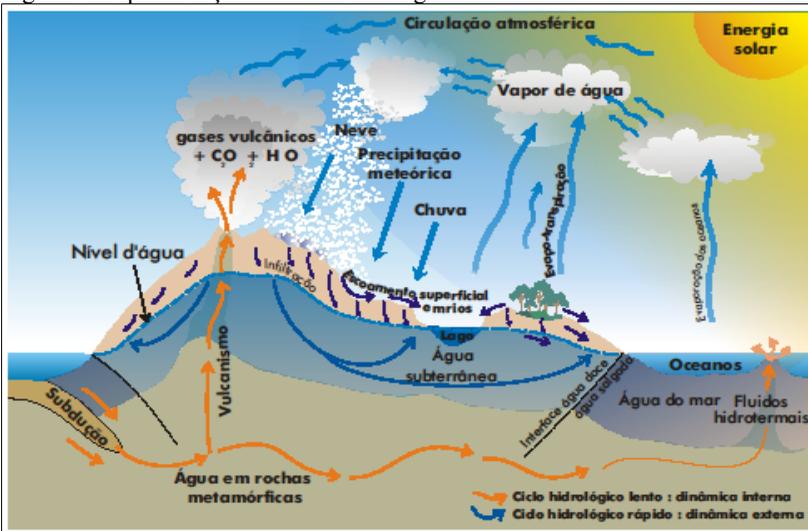
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. RECURSOS HÍDRICOS: PANORAMA GERAL

A água é um recurso natural imprescindível à vida na Terra. Está presente no processo biológico de fotossíntese, na produção de biomassa pela reação química com o dióxido de carbono (CO_2), e compõe até 80% do corpo humano. É a substância mais abundante da superfície da Terra e é o melhor e mais comum solvente disponível na natureza que tem participação ativa no intemperismo químico e na erosão da superfície terrestre (TEIXEIRA *et al*, 2009). Considerando o volume total no planeta, a água salgada constitui cerca de 97,5% e corresponde ao total que está armazenado nos oceanos. Em relação à água doce (2,5%), a maior parte está retida nas calotas polares, geleiras e na forma de neve que cobre os cumes das montanhas mais altas (68,9%), e a outra parte, cerca de 29,9%, compõe as águas subterrâneas. Apenas 0,007% do volume global é acessível aos ecossistemas continentais, inclusive pelo uso humano, na forma de rios e lagos, constituindo apenas 0,3% do total da água doce. Demais reservatórios, como biomassa e vapor da atmosfera, por exemplo, representam 0,9% (REBOUÇAS, BRAGA e TUNDISI, 2006).

A água não permanece estática num mesmo reservatório, o seu movimento está relacionado ao ciclo hidrológico (figura 2), que tem como fonte primária a radiação solar e é considerado o processo mais importante da dinâmica externa da Terra. Tomando como ponto de partida a condensação das gotículas de água na atmosfera, diz-se que a precipitação ocorre na forma de chuva, granizo ou neve (TEIXEIRA *et al*, 2009).

Figura 2. Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: Teixeira *et al* (2000, p.115)

Parte da precipitação retorna à atmosfera por evaporação direta, causada pela radiação solar e o vento, ou pela transpiração da vegetação, cuja somatória de processos é denominada de evapotranspiração. Nas regiões florestadas, a água sofre interceptação, onde fica retida sobre folhas e caules, reduzindo o impacto das gotas de chuva sobre o solo. Ao atingir a superfície do mesmo, pode seguir por dois caminhos: infiltração ou escoamento superficial. A infiltração acontece sob a ação da força gravitacional, quando a água preenche os espaços ocupados pelo ar no subsolo, continuando em profundidade até alcançar o lençol freático. Já o escoamento superficial ocorre quando há o excesso de água no subsolo, seja porque o solo é pouco permeável, devido ao seu material de origem, seja porque está saturado, até as áreas mais baixas do relevo, impulsionado pela ação gravitacional e constituindo a rede de drenagem, cujos córregos e rios têm como exutório os oceanos. Por sua vez, a água subterrânea pode fornecer carga para o escoamento superficial, bem como ser levada diretamente para os oceanos por trajetos alternativos mais profundos e que podem levar séculos. Por fim, a evaporação se dá durante o fluxo de águas sobre as terras continentais

ou a partir da superfície dos oceanos, que juntamente com a evapotranspiração, fecham o ciclo (TEIXEIRA *et al*, 2009).

No ciclo natural de renovação, a distribuição da água está sujeita ao clima, à formação geológica e ao uso do solo. Sendo desigual a distribuição da radiação solar na superfície e havendo formas de relevo que podem servir de obstáculo para a umidade, as chuvas também serão distribuídas de maneira desigual, mesmo nas regiões tropicais onde a sua ocorrência é constante. A formação geológica influencia na medida em que repõe a água nos aquíferos, dificultando ou facilitando o seu percurso em função da permeabilidade, que, quando favorável, acomoda a água no interior da superfície terrestre, podendo contribuir ainda para a sua despoluição. Já o uso da terra depende das intervenções humanas no espaço geográfico. Um uso intenso do solo pela agricultura convencional, por exemplo, remete à degradação dos recursos hídricos no sentido de que provoca a contaminação dos corpos d'água por uso de agrotóxicos e o assoreamento de rios pelo processo de erosão dos solos. O agravamento também ocorre pela descarga de dejetos industriais e urbanos e pelo depósito inadequado dos resíduos sólidos (RIBEIRO, 2008).

O conceito de recursos hídricos é definido por IBGE (2004) como a quantidade de águas superficiais (nascentes, córregos, rios, lagoas) e/ou subterrâneas (aquíferos), situadas em uma região ou bacia hidrográfica, e que estão disponíveis para qualquer tipo de uso. No contexto histórico do uso e da ocupação da terra, observa-se que os recursos hídricos estão intimamente ligados ao nascimento das cidades.

As primeiras sociedades organizadas surgiram em quatro áreas principais, situadas junto ou próximo de rios: a egípcia ao longo do rio Nilo; a mesopotâmica através da ocupação das várzeas dos rios Tigre e Eufrates; a indiana por meio do rio Indo; e a chinesa em torno dos rios Amarelo e Yang-tse. Estas civilizações milenares utilizavam os rios não só para a obtenção de água potável, como faziam os seus antecessores nômades, mas também para a produção de alimentos sobre as áreas férteis de inundações, bem como para a comunicação entre as cidades situadas ao longo dos vales (TULLEKEN, 1993). Assim como foram

necessários para o aparecimento das primeiras civilizações, os recursos hídricos também foram de estímulo para o surgimento de cidades mais complexas. O aprimoramento técnico e científico no século XVIII, trazendo a máquina a vapor movida à energia hidráulica, promoveu o surgimento das primeiras cidades industriais na Inglaterra. Novos meios de transporte e novas formas de comunicação fizeram com que a produção se elevasse e fosse levada para locais cada vez mais longínquos. A mão de obra proveniente do campo passou a concentrar-se em aglomerações, de maneira espontânea, em torno das fábricas, e houve então o aprofundamento dos problemas de ordem sanitária (DAVIS, 1970).

A urbanização verificada nas últimas décadas do século XX e que acontece até hoje tornou-se preocupante no tocante aos recursos hídricos. As manchas urbanas exigem enormes quantidades de água para suprir a produção do espaço urbano e dos seus habitantes. Pela dificuldade que os gestores têm em manter os mananciais e em destinar de maneira adequada os resíduos sólidos ou esgoto, que acabam por contaminar corpos d'água e aquíferos, é cada vez mais caro abastecer as populações das grandes cidades e das metrópoles, tais como São Paulo e Cidade do México. O uso da água nestas cidades contemporâneas é intensificado através da produção agrícola, industrial e energética (RIBEIRO, 2008).

2.2. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE TERRITORIAL

O conceito de bacia hidrográfica varia com o autor e o tipo de abordagem adotada. Lima e Zakia (2000) a definem como um sistema geomorfológico que recebe matéria e energia por meio de agentes climáticos e que as perde por deflúvio. Quando perturbada por ações antrópicas ainda encontra-se em equilíbrio dinâmico, visto que é um sistema do tipo aberto. No caso de ocorrer qualquer modificação no recebimento ou liberação de energia, haverá a tendência a uma mudança compensatória que minimize o efeito e restaure o estado de equilíbrio. Fortes (1996) relata esta compensação, indicando que qualquer interferência em um dos elementos interligados do ambiente, seja geológico, geomorfológico, climático, biogeográfico ou antrópico, há

alteração significativa dos outros, de onde é possível a criação de efeitos em cadeia.

O estudo de uma bacia hidrográfica é essencial para a gestão da terra e da água, por ganhar a identidade de unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas, dando ao recorte um novo significado (LIMA, 2005). Para Beekman (1999), a gestão adequada dos recursos hídricos, que compreende o uso da água, sua distribuição e a sua ocorrência no contexto territorial da bacia hidrográfica ou aquífero subterrâneo, requer uma pesquisa abrangente e de totalidade, já que a água sustenta a vida dos ecossistemas naturais e constitui o elo para o desenvolvimento econômico e social.

A bacia hidrográfica é normalmente a unidade espacial em que o ciclo hidrológico é estudado na fase terrestre (TUCCI, 2009). Para tal, num recorte espacial em nível regional, a Política Nacional dos Recursos Hídricos, conforme Art. 1º da Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, a utiliza como unidade de aplicação da gestão ambiental.

2.3. ESCOAMENTO

O escoamento é uma das etapas mais importantes no contexto do ciclo hidrológico e é caracterizado pelo deslocamento da água na bacia hidrográfica, nos solos, aquíferos, canais e reservatórios até encontrar uma calha definida nos rios. De uma maneira geral, o escoamento é subdividido em superficial, o qual é formado sobre a superfície de solo saturado e pelos seus múltiplos canais; subsuperficial, que ocorre pela infiltração junto às raízes da cobertura vegetal; e subterrâneo, que representa o fluxo de contribuição ao aquífero (TUCCI, 2009).

O escoamento varia de acordo com os fatores que influenciam o seu comportamento. Podem ser citados o relevo, através da densidade de drenagem, declividade, capacidade de armazenamento e forma da bacia hidrográfica; a cobertura da terra, que ao ter a presença de vegetação em sua maior parte tende a retardar o escoamento e aumentar as perdas por

evapotranspiração; as modificações artificiais no rio, tais como reservatórios, canalizações e outros; a distribuição, a duração e a intensidade da precipitação; e o tipo de solo da área (TUCCI, 2009).

2.3.1. Hidrograma

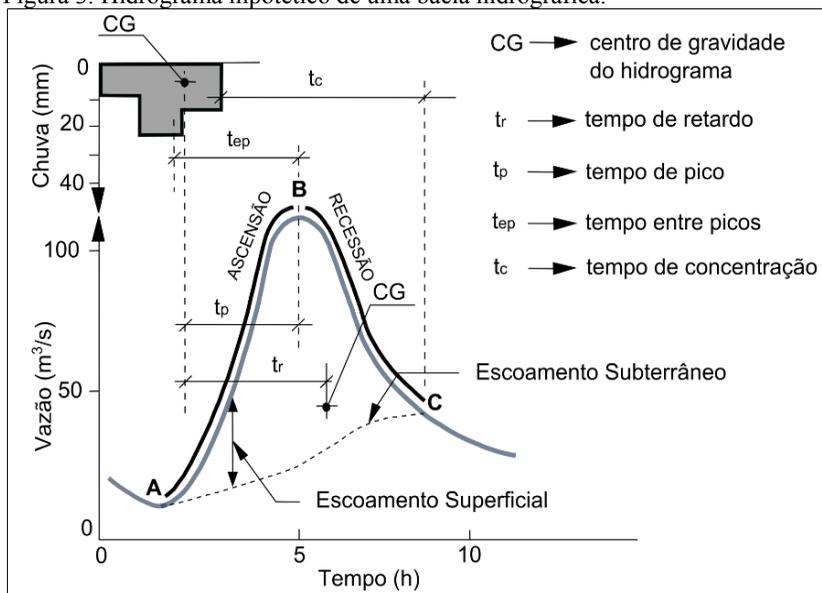
É denominado de hidrograma o gráfico que relaciona a vazão² no tempo e é utilizado para a análise do escoamento. A distribuição da vazão no tempo é decorrente da interação de todos os componentes inseridos no ciclo hidrológico, no processo entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica (TUCCI, 2009). Na figura 3 é demonstrado, de forma hipotética, um hidrograma e um hietograma³.

Na figura 3 podem ser identificados quatro trechos distintos do escoamento superficial associados aos elementos do ciclo da água. O primeiro deles refere-se a linha do escoamento até o ponto A, no qual há a contribuição apenas do escoamento subterrâneo ou de base, daí a vazão aparecer em decréscimo. O segundo trecho está relacionado à precipitação, que durante o seu trajeto pode ser interceptada pela vegetação, retida em depressões até o preenchimento completo e ser infiltrada. Quando a saturação do solo é atingida, em virtude da capacidade de infiltração se exceder, é iniciado o escoamento superficial direto somado à contribuição do lençol freático, caracterizando o trecho entre os pontos A e B denominado de *ascensão*. A vazão continua aumentando, até atingir o seu máximo no ponto B, momento este em que toda a área da bacia hidrográfica passa a fornecer o excedente à calha principal. A precipitação apresentando uma duração igual ou menor que o intervalo da ascensão, após o seu término, faz o escoamento superficial continuar ainda por certo tempo. Simultaneamente, a curva de vazão diminui gradualmente, designando assim o trecho entre os pontos B e C chamado de *recessão*. No último

- 2 A vazão é o volume escoado numa bacia hidrográfica por unidade de tempo, sendo normalmente expressa em metros cúbicos por segundo ($m^3.s^{-1}$) ou em litros por segundo ($L.s^{-1}$). É a principal grandeza que caracteriza um escoamento (CARVALHO e SILVA, 2006).
- 3 O hietograma é a representação gráfica de uma precipitação no tempo (TUCCI, 2009).

trecho, após o ponto C, ocorre apenas o fornecimento do escoamento de base à calha principal do rio, cuja curva é denominada de *curva de depleção* do escoamento de base, retornando à condição inicial em que estava (CARVALHO e SILVA, 2006).

Figura 3. Hidrograma hipotético de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Modificado a partir de Collischonn e Tassi (2008, p. 118).

A análise do hidrograma e do comportamento da bacia hidrográfica leva em consideração alguns valores de tempo importantes, a saber (TUCCI, 2009, p. 394):

[...] tempo de retardo: é definido como o intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação e o centro de gravidade do hidrograma;

[...] tempo de pico: é definido como o intervalo entre o centro de massa da precipitação e o tempo

da vazão máxima;

[...] tempo de concentração: é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia, deslocar-se até a seção principal. Esse tempo é definido também como o tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma;

[...] tempo de ascensão: é o tempo entre o início da chuva e o pico do hidrograma;

[...] tempo de base: é o tempo entre o início da precipitação e aquele em que a precipitação ocorrida já escoou através da seção principal, ou que o rio volta às condições anteriores a de ocorrência da precipitação;

[...] tempo de recessão: é o tempo necessário para a vazão baixar até o ponto C [...], quando acaba o escoamento superficial.

Em suma, a resposta de uma bacia hidrográfica a um evento de chuva mais intenso tende a gerar como reação um escoamento superficial mais intenso, com hidrogramas mais pronunciados, enquanto que chuvas menos significativas tendem a criar hidrogramas mais suaves, com menor pico de vazão (COLLISCHONN e TASSI, 2008).

2.3.2. Clima e a influência sobre o escoamento

Conforme Tucci (2002), a variabilidade do clima tem influência sobre a distribuição espacial e temporal das variáveis de entrada e saída na bacia hidrográfica. Em relação aos recursos hídricos, as principais variáveis de entrada e que contribuem para o escoamento são a precipitação e a evapotranspiração, as quais dependem de outras variáveis climáticas, enquanto que o nível das águas e a vazão de um curso fluvial são as principais variáveis de saída. Assim, no ciclo hidrológico, a precipitação e a evapotranspiração podem produzir

alterações, na mesma proporção, nas estatísticas das séries de nível e vazões e de outras variáveis de resposta da bacia hidrográfica.

Para a explicação de tal influência, geralmente são utilizadas séries históricas de dados que tenham longa representatividade a fim de compreender a atuação dos fenômenos de escala regional e global. Os processos de variabilidade climática estão relacionados à mudanças na atmosfera, biosfera, extensão e volume de terra e gelo, atividade solar e efeitos do ENSO. A variabilidade solar explica as oscilações de temperatura entre 9 e 10 anos e o ENSO implica em efeitos sobre grande parte do planeta através da combinação do aquecimento da temperatura no leste do oceano Pacífico Sul com a *Southern Oscillation* (TUCCI, 2002).

As sazonalidades climáticas também geram alterações no ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas. Climas semi-áridos promovem a redução da precipitação e o aumento da evapotranspiração, diminuindo o fluxo de águas em superfície, sendo ambos significativos para as pesquisas sobre a modificação das vazões médias. Já em climas úmidos, como na região Sul do Brasil, a evapotranspiração apresenta pouca variação e a precipitação é, portanto, utilizada para analisar a modificação do escoamento (TUCCI, 2002).

2.3.3. Usos da terra e a influência sobre o escoamento

Segundo Braga e Santiago (2007) *apud* Rodrigues (2013, p. 2) o uso da terra tem grande influência sobre os recursos hídricos na medida em que:

[...] a água, em quantidade e qualidade, é “produzida e armazenada” na área territorial da bacia, alimentando nascentes, córregos, ribeirões e rios tributários da calha principal.

Lima (2010) traz que durante a evolução da paisagem, mecanismos naturais são criados para manter o controle no que diz respeito à quantidade deste recurso natural, na conservação das vazões

mínimas, bem como na sua qualidade e dos ecossistemas aquáticos presentes, tendendo a um equilíbrio dinâmico. Assim, entre estes mecanismos, chamados de “serviços ambientais”, constam vínculos, tal como o existente entre as florestas e a água.

Numa bacia hidrográfica, a vegetação tem importante papel no balanço hídrico⁴, visto que a distribuição de energia e água na superfície é regulada pelos processos de interceptação, infiltração, escoamento superficial e erosão (BALBINOT *et al*, 2008). As funções de uma floresta que implicam sobre os recursos hídricos locais estão sintetizados no quadro 1:

Quadro 1. Efeitos desempenhados por uma espécie vegetal relacionados à dinâmica hidrológica

Papel da floresta	Efeito sobre a quantidade de água ofertada na bacia hidrográfica
a) Interceptação vegetal	Ocorre quando as copas das árvores recebem a precipitação, onde cerca de 10% a 40% da água pode ficar retida pela biomassa e ser evaporada para a atmosfera, perfazendo assim o seu primeiro fracionamento. A outra parte é direcionada, de modo que possa abastecer os lençóis d'água subterrâneos e retardar os picos de cheias (BLACKKE, 1975 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008).
b) Precipitação interna	Chuva que passou pelos espaços entre as copas das árvores e que atingem o substrato da floresta, reduzindo-se na medida em que há o adensamento da vegetação ou aumento da demanda de água pela mesma (VALLEJO, 1982 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008).
c) Escoamento pelo tronco	Representa apenas algo em torno de 1,8% da parcela de precipitação, variando de acordo com a morfologia da espécie vegetal e a estrutura do dossel (MIRANDA, 1992 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008).

4 O balanço hídrico corresponde à quantificação dos componentes que envolvem a transferência de água através de uma bacia hidrográfica, incluindo a precipitação, a umidade do solo, a evapotranspiração e a vazão (TUCCI, 2009).

Papel da floresta	Efeito sobre a quantidade de água ofertada na bacia hidrográfica
d) Fluxos de água no solo	Refere-se à água que infiltra no solo, tornando-se maior quando aumenta a área de cobertura, a densidade e a idade da floresta (LULL, 1963 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008, p. 140), sendo que a remoção do substrato florestal seguido do adensamento do solo restringe a capacidade de infiltração em até 40% (JOHNSON, 1940 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008).
e) Evapotranspiração	Processo físico que resulta da transpiração foliar em combinação com a evaporação direta e que retorna a água para a atmosfera, reduzindo a produção de água na bacia hidrográfica (ROBERTS, 1983 <i>apud</i> BALBINOT <i>et al</i> , 2008).

Fonte: Organizado pelo autor.

Burger (1976) *apud* Balbinot *et al* (2008) aponta que o escoamento superficial da água é inversamente proporcional à cobertura florestal, indicando que quanto menor a porção de florestas numa bacia hidrográfica, maior será a quantidade de água escoada superficialmente devido à menor interceptação vegetal e retenção no solo, conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Relação entre a área florestada e o escoamento superficial

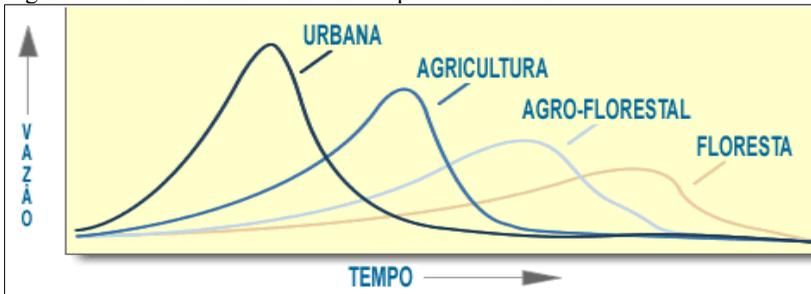
Cobertura florestal (em %)	Escoamento superficial (em %)
0	100
8	77
40	58
90	43
100	25

Fonte: Burger (1976) *apud* Balbinot *et al* (2008, p. 141).

Contudo, vale lembrar que uma menor porção de floresta em bacia hidrográfica não significa uma retenção contínua de vazões

elevadas nos cursos fluviais. Assim, uma bacia hidrográfica com pouca cobertura florestal, sob precipitação, tende a concentrar vazões de pico em períodos muito curtos de tempo, provocando a ocorrência de inundações seguidas de redução de suas águas por períodos moderados. Em seu estudo, Checchia *et al* (2007) observaram que o desflorestamento⁵ provoca a redução do escoamento mínimo e aumento do máximo, justamente pela substituição de vegetação nativa por atividades agropastoris (figura 4), que intensificam os eventos hidrológicos considerados críticos, havendo modificações também com os demais usos da terra.

Figura 4. Vazões máximas em vários tipos de coberturas.



Fonte: Couto (2014).

Calder (2007) *apud* Lima (2010) afirma que monocultivos de espécies de crescimento rápido, a exemplo do *Pinus* e do *Eucalipto*, consomem mais água do que a vegetação de menor porte, tal como a

5 A palavra é aqui empregada em detrimento da expressão “desmatamento”, entendido como um termo pejorativo ao proporcionar uma noção negativa da vegetação, em razão do radical *mata* fazer alusão a algo que necessariamente teria de ser retirado. Segundo o dicionário Michaelis (2009) “desmatar” significa “limpar ou tirar o mato”. A palavra “*mata*” vem do latim “*matta*” e é compreendida como um “extenso terreno coberto de árvores silvestres”. Por sua vez, a expressão “floresta” vem do inglês, “*forest*”, que significa “vegetação cerrada constituída de árvores de grande porte, cobrindo grande extensão”, em que “desflorestar” tem uma conotação com o viés de preocupação ambiental, ou seja, o de “destruir as florestas”, sendo portanto o mais adequado.

floresta natural ou espécies de lento crescimento. Em consequência, há situações em que pode ser observada a redução considerável do deflúvio, em microbacias que tenham a cobertura desse tipo em até 20%. Farley *et al* (2005) *apud* Lima (2010) elucidam os impactos hidrológicos provocados pelo manejo florestal inadequado:

- em regiões onde o deflúvio médio anual é menor do que 10% da precipitação anual, o riacho da microbacia pode secar como resultado do reflorestamento⁶. Por outro lado, onde o deflúvio médio anual é em torno de 30% da precipitação anual, a redução do deflúvio esperada é de cerca de 50%;

- a redução do deflúvio aumenta com o crescimento da plantação florestal⁷, mas o balanço hídrico da microbacia tende a voltar ao equilíbrio pré-existente quando a plantação atinge idades mais avançadas.

Em contribuição, Mello, Lima e Silva (2007) ao simularem o deflúvio e a vazão de pico em uma microbacia, verificaram que uma ocupação por eucalipto provocaria a diminuição do deflúvio e da vazão de pico em até 29%, pela redução da umidade do solo e interceptação pelo dossel, caso a microbacia fosse ocupada pela espécie vegetal em 80% de sua área.

Sobre a modificação do uso da terra de floresta nativa para pastagem, sobrevêm modificações na dinâmica hidrológica em uma bacia hidrográfica, principalmente em relação à produção de água e a vazão como maneiras de compensar o escoamento superficial (COSTA *et al*, 2003 *apud* RODRIGUES, 2013). Bruijnzeel (1990) *apud* Rodrigues (2013, p.7) corrobora trazendo que:

A conversão da vegetação nativa em pastagens pode ocasionar uma redução na evapotranspiração

6 Entende-se como monocultivo de espécie florestal.

7 Idem.

e um acréscimo na vazão média anual. A supressão vegetal seguida pelo uso inadequado do solo pode causar modificações drásticas elevando as vazões de pico. Somado a este fator tem-se a alteração da infiltração que associada à mudança do uso do solo potencializa o efeito de diminuir a evaporação acarretando uma modificação no regime de um curso d'água produzindo elevados picos de vazão durante o período chuvoso e baixos valores no período seco.

Salemi *et al* (2012) confirmam através de estudo que a conversão de floresta ombrófila densa em pastagem implica em uma redução da permeabilidade próxima à superfície do solo. Também é esperado o aumento da vazão em escala anual pela modificação no uso da terra. Teixeira *et al* (2009) mencionam que nas áreas rurais a infiltração da água é afetada também pelo pisoteamento provocado por animais, nas áreas extensivas de criação de gado.

Sobre o impacto da alteração do uso da terra de floresta nativa para cultivos, Tucci (1997) comenta que o plantio de subsistência ocorre com desflorestamento seguido pela técnica de coivara, onde há a queima da biomassa antes de um período chuvoso, sendo realizado o plantio sobre as cinzas. Com o passar do tempo, a produtividade diminui, a área é abandonada e outra área é escolhida para uma nova produção. Desse modo, há o aumento da vazão média nos cursos d'água e a redução da evapotranspiração. Porém, até cerca de 20 anos após o corte, a vegetação tende ainda a retornar às condições preexistentes pela sua regeneração. No caso de culturas permanentes, tal como plantações de café, fruticultura e outros, o desflorestamento é considerado de grau intermediário, bem como o seu impacto. Já em culturas anuais, há a aragem do solo em determinadas épocas do ano, portanto, o balanço hídrico passa a depender do comportamento das espécies vegetais plantadas. O grau de impacto deste último é considerado mais elevado se comparado ao plantio de subsistência, pois provoca erosão e modificação nas condições de infiltração do solo, dificultando a regeneração da vegetação.

A principal interferência da ocupação urbana compreende as alterações no escoamento superficial direto. O desflorestamento, a impermeabilização do solo e as obras hidráulicas que modificam a morfologia fluvial, bem como alterações do clima em pequena escala, introduzem mudanças significativas no balanço hídrico. Tais mudanças são verificadas pelo aumento dos picos de vazão, que têm como consequência as inundações, e a redução das vazões mínimas ao longo do tempo. Quando não planejada a ocupação, estes efeitos tendem a se aprofundar e é principalmente sentida pela população localizada a jusante (TUCCI, 2009).

O escoamento superficial também é regulado pelas canalizações, entendidas como as obras de engenharia aplicadas à morfologia do canal fluvial. Nos trechos de cursos d'água em que são realizadas, há o alargamento e aprofundamento da calha em conjunto com a retificação⁸. A etapa de modificar a largura e/ou profundidade tem a finalidade de elevar a capacidade da calha fluvial e conter a água que escoava sobre a planície. Simultaneamente leva à redução do lençol freático para aumento da produtividade agrícola. Já a retificação refere-se à construção de canais retilíneos que eliminam meandros e encurtam a extensão do curso d'água por grandes distâncias. O seu objetivo é reduzir a altura do nível das cheias através do aumento do declive do seu leito, para acelerar a velocidade do fluxo das águas e, por consequência, do escoamento da bacia hidrográfica. Porém, estes procedimentos provocam mudanças bióticas, geomorfológicas e hidrológicas (CUNHA, 2012).

Os efeitos hidrológicos da homogeneização das condições de escoamento afetam tanto as águas subterrâneas quanto as superficiais. No trecho retificado, há a concentração da vazão imediata à chuva e

8 Optou-se por utilizar este termo em detrimento de “retificação”, pois considera-se que este último tem por significado, conforme Michaelis (2009), a correção do traçado natural do rio, como se ele fosse o único motivo para a causa de inundações e precisasse ser remediado, deixando de lado o contexto socionatural do processo. Assim, o termo “retificação” é o mais apropriado para caracterizar a construção dos canais fluviais tornados retilíneos.

perda do armazenamento da planície de inundação. Já à jusante da retificação, há a ocorrência de cheias esporádicas durante períodos de intensa precipitação, assim como o aumento da carga sólida e do assoreamento. A concretização destas obras se mostrou ineficaz para diminuir os problemas relacionados às inundações e ampliou a ocupação das margens dos rios e das planícies de inundação, intensificando a impermeabilização. À montante dos trechos retificados, há a descida do nível de base ao longo do perfil longitudinal do rio principal e dos seus afluentes em virtude do processo erosivo, o qual é reforçado pelo transporte elevado de carga sólida combinada à rápida velocidade de escoamento, acarretando em novas formas deposicionais que levam ao assoreamento. Após alguns anos das obras de retificação, há o ajustamento da morfologia do canal; em algumas dezenas, o padrão de drenagem é ajustado e, somente depois de algumas centenas de anos é que há o novo equilíbrio com a rede de drenagem adaptada (CUNHA, 2012).

2.4. SENSORIAMENTO REMOTO

Dentre os métodos para levantamento e espacialização de dados no Geoprocessamento, a técnica do sensoriamento remoto vem crescendo em uso nos estudos geográficos. De acordo com Florenzano (2011), o sensoriamento remoto pode ser entendido como a tecnologia relacionada à obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre através da captação da energia refletida e/ou emitida pelos alvos. A expressão *sensoriamento* engloba a aquisição de dados por intermédio de sistemas sensores instalados em plataformas em nível terrestre, aéreo (balões e aeronaves) e orbital (satélites artificiais). Já a expressão *remoto*, cujo significado refere-se à distância, está relacionada à aquisição de dados ser realizada sem o contato físico entre o sistema sensor e os objetos da superfície terrestre.

A energia utilizada para a geração de imagens em sensoriamento remoto pode ser oriunda de uma fonte natural, como a radiação solar e o calor emitido pela superfície da Terra, ou de uma fonte artificial, como o *flash* de uma máquina fotográfica ou o sinal produzido por um radar. A forma de energia utilizada para tal técnica é a

radiação eletromagnética, a qual se propaga através de ondas, de mesmo nome, à velocidade da luz no valor de 300.000 quilômetros por segundo. Um objeto da superfície terrestre, tal como a vegetação, a água ou o solo, ao ser iluminado pela radiação eletromagnética, têm por efeitos a absorção, a reflexão e a transmissão da energia recebida. A energia refletida é considerada de maior importância para o sensoriamento remoto, haja vista que é esta a detectada pelos sistemas sensores (FLORENZANO, 2011).

Na passagem pela atmosfera, a radiação eletromagnética provinda do Sol interage com as moléculas constituintes e com as partículas suspensas, provocando interferências, tais como a absorção e o espalhamento, sendo por isto de preocupação ao sensoriamento remoto. Estas alteram o fluxo, a distribuição espectral e a direção dos raios incidentes, tanto no trajeto descendente (Sol-Terra) quanto ascendente, quando a radiação é refletida e emitida dos objetos terrestres para o sensor. Em média, 47% da radiação que incide sobre a superfície terrestre é absorvida pelos objetos, 17% é absorvido pela camada de gases que circunda a Terra e 37% é refletida pelo planeta, somado às nuvens e a atmosfera. No entanto, é graças ao fenômeno das janelas atmosféricas, isto é, regiões da atmosfera que não absorvem totalmente a radiação eletromagnética, que os sistemas sensores instalados em plataformas orbitais conseguem detectar a resposta espectral produzida pelos objetos terrestres (MENESES e ALMEIDA, 2012). Conforme Florenzano (2011), outros fatores também provocam interferências espectrais, tais como o nível de aquisição de dados (condições ambientais do registro, como iluminação, relevo, inundação, poluição, etc.; a resolução; e a forma de análise dos dados), o método da aquisição (desde quando o sinal é detectado até a transformação do sinal recebido pelo sensor), condições intrínsecas ao alvo (seu estado físico; material sólido em suspensão; vigor das espécies vegetais; biomassa; dentre outros) e a geometria diante da localização do alvo em relação à fonte e ao sensor (podendo haver sombreamento ou excessiva claridade).

Para a geração de dados pelo método remoto, é preciso o uso de equipamentos que operem à distância e transformem a luz solar em uma representação matricial, constituída por uma malha de *pixels*. Moraes

(2002) conceitua um sistema sensor como um dispositivo capaz de detectar (em determinadas faixas do espectro eletromagnético) e transformar a radiação captada em um sinal elétrico e registrá-lo na forma de níveis de cinza, sob curvas espectrais ou imagens orbitais, para que possam ser armazenadas em *pixels* e transmitidas em tempo real para posterior conversão em informações. A qualidade de um sensor, e a sua escolha para determinada aplicação, varia em função de sua capacidade em adquirir medidas detalhadas da radiação eletromagnética, relacionadas à resolução espacial (projeção do pixel na superfície terrestre), resolução espectral (largura espectral em que opera o sensor) e a resolução radiométrica (eficiência do sistema em detectar e registrar diferenças na energia refletida e/ou emitida pelos objetos terrestres). Salienta-se que há outro tipo de resolução, denominada de temporal, relacionada ao tempo que o sensor leva para imagear um mesmo ponto na superfície do planeta.

Selecionados os dados orbitais a se trabalhar para determinado fim, faz-se uso do processamento digital. Este consiste em um primeiro passo na realização do tratamento de dados, com correções da base estatística da imagem, geométricas e/ou radiométricas, buscando-se posteriormente interpretá-las, associando a representação ao seu significado, com o mínimo de dificuldades possíveis para a produção cartográfica através da classificação. Desta forma, o sensoriamento remoto aplicado ao levantamento da cobertura e uso da terra envolve a identificação por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre através de práticas de gabinete e campo voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, tendo em vista a distribuição geográfica das formas de uso e ocupação por meio de cartas (IBGE, 2013).

O ambiente do SIG permite uma vasta gama de usos e finalidades. Todavia, é um meio de aplicação de técnicas matemáticas e computacionais para o processamento de dados dos objetos ou fenômenos identificados espacialmente ou para a extração de suas informações. Permite o cruzamento de informações de maneira rápida e simples, tendo em vista que são estruturados em distintas camadas temáticas. Oferece também a facilidade ao analista de relacionar as

informações existentes, gerando mais informação que possa contribuir para a ação (MOREIRA, 2011).

Atualmente, vem sendo difundido o uso dos ditos SIGs livres, destacando-se o *software* QGIS⁹. De acordo com Nanni *et al* (2012) o QGIS é um SIG de código aberto e reconhecido no ano de 2002. Apresenta uma interface gráfica amigável e de uso flexível, além de uma infinidade de complementos que permitem a visualização de dados e informações em diversos formatos e projeções cartográficas. O *software* é licenciado sob a Licença Pública Geral (GPL), significando garantia de acesso permanente ao aplicativo, sem custos e com o diferencial de poder ser modificado livremente pelos seus usuários, principais fornecedores dos complementos.

9 Disponível em: <http://qgis.org/pt_BR/site>. Acesso: 20.out.2014.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para cumprir os objetivos propostos, a pesquisa exigiu que fossem realizadas atividades em gabinete e em campo. Respectivamente na primeira mencionada, houve o levantamento bibliográfico, de dados cartográficos e o mapeamento para atualização da rede hidrográfica e dos usos da terra, enquanto que na segunda efetuaram-se observações e análises *in loco* realizadas na área de estudo. Os procedimentos metodológicos definidos para atingir o objetivo geral deste trabalho, a partir dos objetivos específicos, estão agrupados e sintetizados no seguinte quadro:

Quadro 2. Relação dos objetivos, métodos realizados e resultados finais.

Objetivo Específico	Método	Resultado
1) Analisar a influência do clima sobre a dinâmica hidrológica da área de estudo;	<ul style="list-style-type: none"> - Obtenção de dados de precipitação da estação de São José – SC, junto à Epagri; - Uso de dados do balanço climatológico regional mensal para a área; - Informações auxiliares; 	<ul style="list-style-type: none"> - Gráfico de precipitação anual; - Gráfico do balanço climatológico mensal para a área; - Produção bibliográfica sobre o condicionante natural;
2) Identificar espacialmente, através de mapeamento, os usos da terra e as atuais modificações antrópicas realizadas na rede de drenagem da bacia hidrográfica;	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de imagens de satélite fornecidas pelo USGS; - Aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no SIG QGIS; - Utilização do MNT; - Atividade de campo para reambulação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1982; - Mapa do atual de uso e cobertura da terra do ano de 2014; - Mapa das retificações da BHB atualizadas;

Objetivo Específico	Método	Resultado
3) Relacionar os diferentes usos da terra e os seus efeitos sobre a quantidade das águas da BHB	<ul style="list-style-type: none"> - Informações auxiliares sobre a área de estudo; - Contabilização da área que cada uso da terra ocupa na BHB; - Aplicação da técnica da normalização para obter a influência sobre o escoamento superficial; - Análise dos fatores e agentes que promovem a alteração da dinâmica hidrológica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Material bibliográfico que permita a discussão enfoque da pesquisa; - Identificação dos principais condicionantes antrópicos que afetam os recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Fonte: Modelo de quadro adaptado de Raitz (2012, p. 58-59).

Para a concretização da pesquisa, os materiais necessários incluíram:

- Trabalhos de Conclusão de Curso, dissertações, teses, atlas e livros relacionados à consulta bibliográfica;
 - Imagens de satélite, fornecidas pelo *website* do USGS;
 - Base de dados de malha viária do projeto *OpenStreetMap*, uma biblioteca de informações geográficas livre¹⁰;
 - *Software* de SIG QGIS, livre, de código aberto e licenciado sob a *GNU General Public License*, do projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation*;
 - Aplicativo de realce e fusão de imagens orbitais *Spectral*
- 10 O *OpenStreetMap* é constituído por dados abertos: qualquer pessoa tem a liberdade de usar os dados para qualquer fim desde que credite a autoria do projeto e dos seus colaboradores. Fonte: Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/about>>. Acesso em: 20.out.2014.

Transformer, livre e desenvolvido pela empresa *Geosage*;

- *Software Inkscape*, editor gráfico vetorial de código aberto, livre e licenciado sob a *General Public License*;
- *Software LibreOffice Calc*, de código livre e de criação de documentos de texto, licenciado sob a *GNU Lesser General Public License (LGPLv3)*;
- *Software LibreOffice Writer*, de código livre e de criação de documentos de texto, licenciado sob a *GNU Lesser General Public License (LGPLv3)*;
- Câmera fotográfica digital para os registros visuais em campo;
- Rastreador GPS *Garmin* modelo GPS 60.

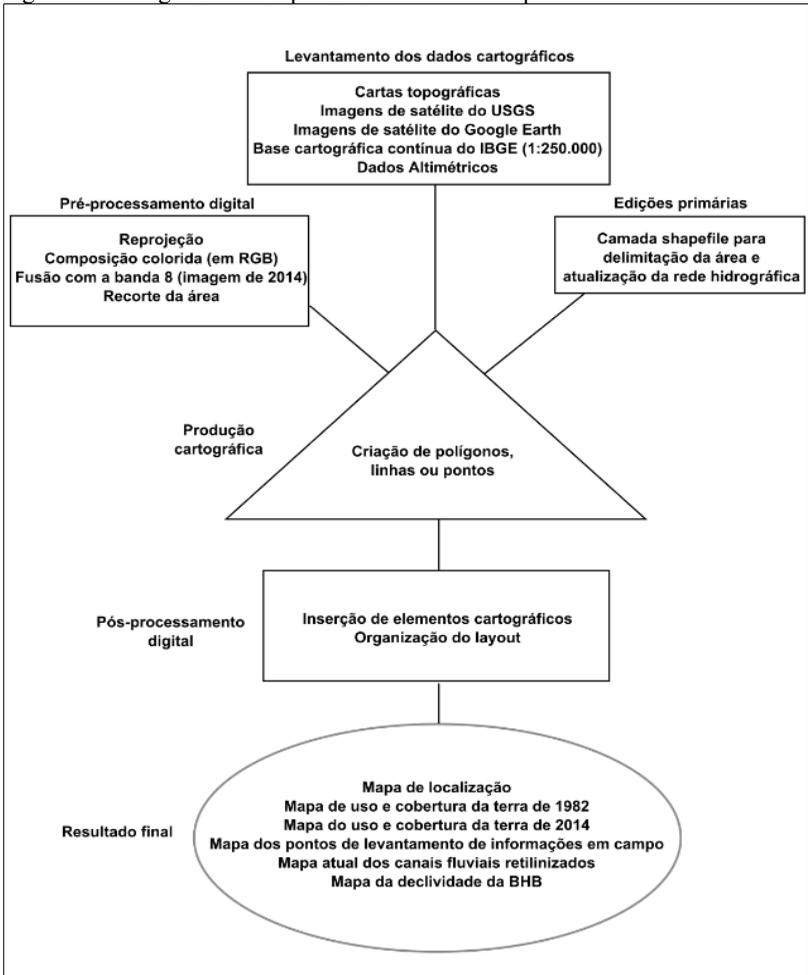
3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A primeira etapa de gabinete consistiu na busca por materiais bibliográficos sobre a temática, como livros, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e artigos, que fundamentassem o aporte teórico. A investigação científica foi conduzida por intermédio de noções gerais sobre recursos hídricos e da sua importância para a sociedade; o conceito de bacia hidrográfica e sua importância como unidade espacial de estudo; o escoamento superficial e a sua influência sobre o volume de águas numa bacia hidrográfica, de acordo com o clima e os usos da terra; e noções sobre SIG como ferramenta de produção cartográfica. Seguiu ainda nesta etapa a caracterização da BHB conforme os elementos naturais (aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos, pedológicos, de vegetação e fauna) e sociais (contextualização da origem do povoamento e dos municípios nela inseridos, bem como aspectos demográficos e socioeconômicos dos mesmos) que contribuíssem para o conhecimento da totalidade da área.

3.2. MAPEAMENTO DOS DADOS ESPACIAIS

O segundo procedimento abrangeu a representação cartográfica (figura 5). Com a fonte de dados, as edições primárias e o pré-processamento digital no QGIS, houve a criação de seis mapas: localização da bacia hidrográfica, uso e cobertura da terra do ano 1982, atual uso e cobertura da terra, dos canais fluviais retelinizados, da declividade e dos pontos de levantamento de informações em campo.

Figura 5. Fluxograma do mapeamento dos dados espaciais.



Fonte: O autor.

3.2.1. Levantamento de dados cartográficos

Na busca por fontes de dados, sobre os quais haveria a produção

de mapas, recorreu-se às cartas topográficas e imagens orbitais. As cartas topográficas foram obtidas a partir de cartas vetorizadas, na escala de 1:50.000 e em formato *shapefile* (*.shp), da Mapoteca Digital de Santa Catarina, resultado da cooperação técnica IBGE/EPAGRI. Dentre as que atendem a BHB, foram adquiridas as folhas denominadas Biguaçu (SG-22-Z D-II-4, do ano de 1974), Florianópolis (SG-22-Z D-V-2, do ano de 1981), Santo Amaro da Imperatriz (SG-22-Z D-V-1, do ano de 1974) e São João Batista (SG-22-Z D-II-3, do ano de 1974).

Para o mapa do uso e cobertura da terra foi realizado um comparativo entre os anos de 1982 e 2014. A escolha do ano de 1982 para o mapeamento refere-se ao problema de que as imagens de satélite do ano de 1984 não estavam em qualidade adequada para o mapeamento, com presença de nuvens sobre a área de estudo e/ou problemas radiométricos que poderiam interferir no procedimento. Para que houvesse a abrangência das últimas três décadas, só foi possível adquirir a de 1982, a mais próxima e em boas condições de visualização.

Para do ano de 1982 foi utilizada a imagem de satélite da plataforma Landsat 3, ponto 79, órbita 236, referente à 9 de maio de 1982, obtida por meio do USGS. O satélite teve o seu lançamento no ano de 1978 e foi desativado em 1983. O sensor MSS opera em quatro faixas do espectro eletromagnético, com resolução espacial de 80 metros e radiométrica de 6 bits, sendo somente utilizadas duas da faixa do visível (verde e vermelho) e uma do infravermelho próximo.

A imagem de satélite para o mapa do atual uso e cobertura da terra é proveniente da plataforma Landsat 8, que entrou em operação no ano de 2013, obtida em meio digital através do USGS. O registro é referente à 30 de janeiro de 2014, ponto 79, órbita 220. O sensor passivo OLI opera na faixa do visível, com resolução espacial de 30 metros e radiométrica em 16 bits, suficientes para a análise em nível de bacia hidrográfica.

Também foram utilizadas imagens atualizadas da BHB de alta resolução espacial, através do complemento *online* do QGIS *OpenLayers/Google Satellite Layer*, de referencial geodésico WGS 84.

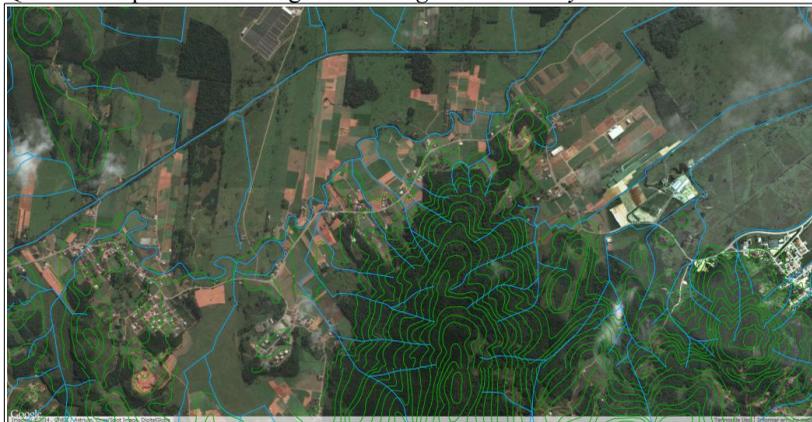
Os dados altimétricos para o MNT foram obtidos junto à EMPRAPA, via internet, através da carta SG-22-Z-D do projeto SRTM, realizado pela parceria entre as agências espaciais da Alemanha, Estados Unidos e Itália e que foi disponibilizado no ano de 2005.

3.2.2. Edições primárias no QGIS

A área de pesquisa foi delimitada a partir do ambiente SIG QGIS. Inicialmente, as cartas topográficas foram adicionadas como camadas vetoriais. Depois, foram acrescentadas de camada *shapefile* (*.shp), na escala de 1:10.000 para a demarcação da unidade de estudo, com início pela jusante do rio principal e acompanhamento dos divisores de águas que a separavam de outras bacias hidrográficas, até completar o polígono.

Ainda com a sobreposição das cartas topográficas vetorizadas, criou-se uma nova camada vetorial do tipo *shapefile* (*.shp) no QGIS, objetivando atualizar a rede hidrográfica disponibilizada pelos órgãos oficiais para a região, na escala de 1:10.000. Para os cursos fluviais situados nas serras, seguiram-se os talwegues a partir das curvas de nível com equidistância de 20 metros, enquanto que para os cursos d'água em planície, os quais mais sofreram modificações em suas formas em decorrência da intervenção humana, utilizou-se como fonte de dados o *complemento online* do QGIS *OpenLayers/Google Satellite Layer* (figura 6), partindo-se do exutório da bacia hidrográfica. Todo o processo foi gerado em projeção UTM, zona 22S e com referencial geodésico WGS 84.

Figura 6. Rede hidrográfica de planície da BHB atualizada no ambiente SIG QGIS tendo por base as imagens do *Google Satellite Layer*.

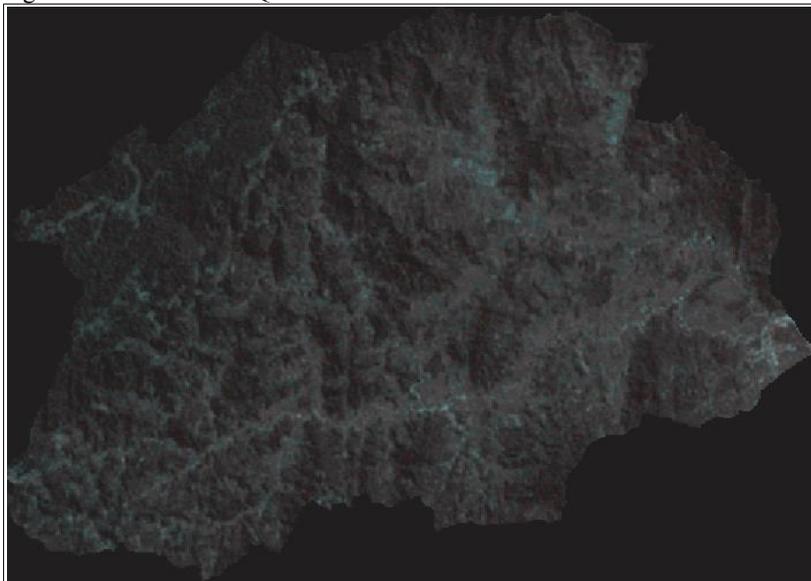


Fonte: O autor.

3.2.3. Pré-processamento digital

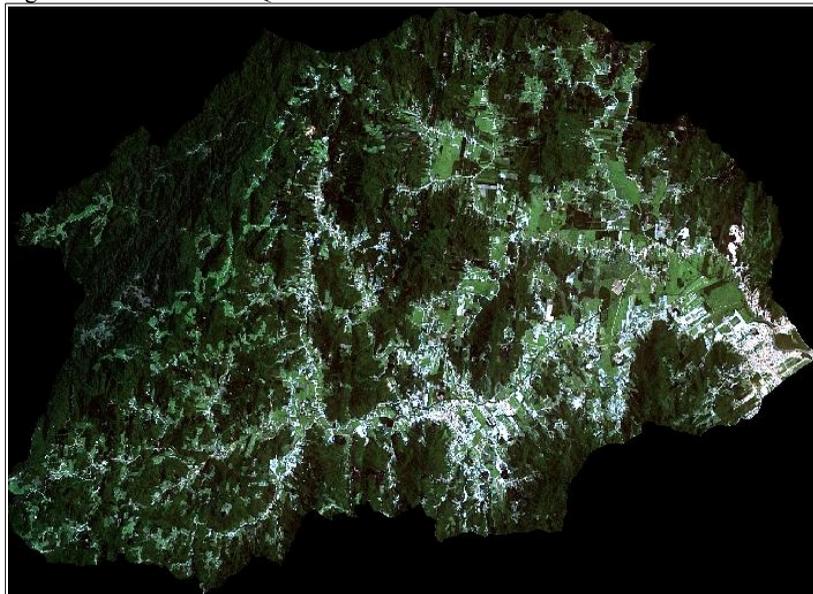
Houve a necessidade do pré-processamento digital das imagens de satélite brutas obtidas do USGS. Foi realizada a reprojeção para o hemisfério Sul e criação de uma composição colorida em cores verdadeiras (RGB) por meio da combinação das faixas multiespectrais 5, 4 e 6, nesta ordem, para a imagem de 1982 (figura 7), e das faixas 4, 3 e 2, nesta ordem, para a imagem do ano de 2014 (figura 8), através do *software* livre *Spectral Transformer*. Após, somente com a última imagem, houve a fusão da composição colorida com a banda 8, pancromática, com o propósito de se obter a resolução espacial final em 15 metros. Por fim, ocorreu o recorte espacial de ambas as imagens coloridas com o *shapefile* da área demarcada, elaborado anteriormente.

Figura 7. Imagem orbital da BHB do ano de 1982 após o pré-processamento digital no ambiente SIG QGIS.



Fonte: O autor.

Figura 8. Imagem orbital da BHB do ano de 2014 após o pré-processamento digital no ambiente SIG QGIS.



Fonte: O autor.

3.2.4. Produção cartográfica

3.2.4.1. Mapa de localização da área de estudo

O mapa de localização da bacia hidrográfica é constituído por camadas vetoriais dos limites estaduais e municipais do país, oriundos da base cartográfica contínua do IBGE, na escala de 1:250.000, datum horizontal Sirgas 2000 e projeção UTM/ Zona 22S. Sobre esta foi sobreposta a camada de delimitação da região e a camada dos principais canais fluviais que a drenam.

3.2.4.2. Mapas de uso e cobertura da terra do ano de 1982 e 2014

Outra atividade de gabinete compreendeu a elaboração dos mapas

na escala de 1:125.000 de uso e cobertura da terra, utilizando como método para aquisição de dados o sensoriamento remoto. Previamente houve a definição das classes de uso da terra a partir do manual técnico de uso da terra do IBGE (2013) e a seleção daquelas que predominam na BHB e possíveis de serem identificadas, conforme a resolução espacial. Para o ano de 1982, foram reconhecidas as classes denominadas de área urbanizada, cultura temporária, pastagem, campestre, florestal e vegetação em estágio sucessional. Já para 2014 foram identificadas área de mineração, área urbanizada, cultura permanente, cultura temporária, pastagem, silvicultura, campestre, florestal, área descoberta (com solo exposto) e água continental. Vale ressaltar que a classe definida como “vegetação em estágio sucessional” estava incluída dentro da classificação do IBGE denominada de “florestal”, porém, optou-se por separá-la em virtude de sua abrangência na área de estudo e por representar a área da ação humana sobre a vegetação original no passado e que tem influência diferenciada no comportamento hidrológico da BHB nos dias de hoje.

O complemento do QGIS utilizado para o mapeamento foi o *Semi-Automatic Classification*¹¹, que permite a classificação semiautomática supervisionada das imagens provenientes do sensoriamento remoto. De acordo com Meneses e Sano (2012), no processo de classificação supervisionada o analista precisa ter o conhecimento prévio acerca das classes de objetos que existem no local de estudo. Para a distinção entre as classes, o algoritmo é treinado, de forma que são escolhidas pequenas áreas de amostras na imagem, com poucas centenas de *pixels* que sejam bem representativas, ou que tenham outras fontes como mapas ou dados de campo. O número de categorias a serem classificadas não apresenta restrição. Para tal, foram treinadas áreas de amostragem na imagem orbital com o classificador por região, o qual utiliza a resposta espectral de cada pixel e dos seus vizinhos para vinculá-los a sua respectiva classe.

Dentre os algoritmos da classificação supervisionada, o escolhido foi o da máxima verossimilhança (MaxVer). É considerado um

11 Disponível em: <<https://plugins.qgis.org/plugins/SemiAutomaticClassificationPlugin/>>. Acesso: 20.out.2014.

classificador eficiente, haja vista que estima a forma da distribuição dos *pixels* contidos em cada classe de treinamento, no espaço das diversas bandas, através da técnica estatística de covariância, localizando o centro de cada uma. Dessa maneira, cada *pixel* é agrupado à classe que têm a maior probabilidade de pertencer (MENESES e SANO, 2012).

As áreas de amostragem escolhidas foram criadas no complemento do QGIS por meio da ferramenta denominada *Regions Of Interest* (ROIs), após a criação de uma camada no formato **.shp* sobre a composição colorida RGB e as bandas que a constituíam. O algoritmo Maxver foi selecionado através do mecanismo *ROIs parameters*. As classes de uso da terra tiveram então os *pixels*, com as suas respectivas cores semelhantes à dos objetos reais, salvos na camada. Após a classificação, houve o recorte da imagem orbital classificada pela camada “divisores de águas”, a fim de delimitar a área, através de *Raster/Extração/Cortador* no QGIS. A área mapeada para cada uso da terra foi contabilizada em porcentagem no próprio complemento, em *Post processing/Classification report*, sendo os dados plotados em gráfico elaborado no *software LibreOffice Calc*. Sobre as classes de uso e cobertura da terra do ano de 1982 foi adicionada a malha viária vetorizada das cartas topográficas do IBGE da área de estudo (de 1974 e 1981), e sobre as classes de uso e cobertura da terra de 2014 foi incluída a malha viária atual, criada na base de dados do projeto *OpenStreetMap*, constando em ambos os anos de análise somente as principais vias. Ainda sobre as camadas citadas, foi acrescentado o arquivo no formato **.shp* da rede hidrográfica, a qual também foi atualizada para o cruzamento de dados e análise da distribuição espacial.

3.2.4.3. Mapa atual dos canais fluviais retelinizados

Na produção deste mapa, na escala de 1:125.000, também foi empregado o SIG QGIS. Inicialmente, houve a sobreposição das camadas de divisores de águas e da rede hidrográfica atualizada da BHB. Os trechos retelinizados dos principais canais fluviais, dos rios Biguaçu, da Guimar, Rachadel, da Saudade e Três Riachos, tiveram por base o mapa das retelinizações da BHB do ano de 1996, elaborado por Fortes (1996, p. 53), o qual identificou aqueles com obras executadas

pelo DNOS. Os demais canais retinizados foram identificados através de comparativo entre a rede hidrográfica das cartas topográficas vetorizadas da Mapoteca Digital de Santa Catarina, dos anos de 1974 e 1981, e a rede hidrográfica atualizada. Também corroborou para o mapeamento os locais onde havia a presença de meandros abandonados, possíveis de serem visualizados com as imagens de alta resolução do *complemento online* do QGIS, o *OpenLayers/Google Satellite Layer*, e indicações obtidas junto aos habitantes da região.

No QGIS, a partir do MNT foi possível a criação de uma camada temática hipsométrica, de modo a contribuir para a compreensão do mapa. Os intervalos de altitude foram elaborados visando identificar as seções da BHB para a análise da dinâmica físico-temporal e demonstrar os desníveis topográficos da área de estudo. Dessa maneira, as altitudes foram delimitadas em baixo curso (0-35m), médio curso (35-100m; 100-250m; 250-400m) e alto curso (400-550m; 550-700m; 700-900m; e acima de 900m). A partir do MNT e da rede hidrográfica foi criado o mapa dos pontos de levantamento de informações em campo.

3.2.4.4. Mapa da declividade da BHB

Para o mapa de declividade na escala de 1:125:000 se utilizou o MNT como referência. No QGIS, através do comando *Raster/Análise do terreno/Declividade*, houve a criação dos intervalos de declive encontrados em Ramalho Filho e Beek (1995), conforme a tabela 2. Os valores foram definidos em 0-3%; 3-8%; 8-13%; 13-20%; 20-45%; e acima de 45%, de acordo com as características geomorfológicas da região.

Tabela 2. Classes de declividade

Nível de declive	Grau de limitação
0 a 3%	Plano/praticamente plano
3 a 8%	Suave ondulado
8 a 13%	Moderadamente ondulado
13 a 20%	Ondulado
20 a 45%	Forte ondulado
45 a 100%	Montanhoso
Acima de 100%	Escarpado

Fonte: Ramalho Filho e Beek (1995, p. 31).

3.3. LEVANTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL HISTÓRICA

Os dados pluviométricos compreendem o período histórico de 1911 a 2013 e foram obtidos junto à EPAGRI, em cooperação com o CIRAM e o INMET. Os dados para a verificação da variação da precipitação foram tomados como referência da estação São José – SC, que abrange o período de análise. Localizada na Grande Florianópolis, no município de São José, está situada nas coordenadas 27°36'07"S e 48°37'11"O, a uma altitude de 1,84 metros. A estação convencional entrou em operação em 1911 e foi substituída por uma automática no ano de 2011.

Os dados mensais foram processados e a linha de tendência da precipitação no período compreendido foi plotada em gráfico. São somente duvidosos os valores anuais referentes aos anos de 1930, 1959, 1961, 1963 e 1968 pela falta de dados em alguns meses de cada ano. Não há nenhum dado referente aos anos de 1920, 1921, 1939 e 1960.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Com o mapeamento elaborado foram extraídas informações referentes à ação antrópica, determinado-se a área que cada uso da terra

ocupa na BHB, dando suporte para explicar as razões da modificação no volume das águas. Através do complemento *Semi-automatic Classification* do QGIS, foram obtidos os dados em porcentagem do mapeamento de uso da terra do ano de 1982 e 2014. Considerou-se que o escoamento apresenta como variáveis o tipo de cobertura da terra e a velocidade do fluxo de águas em superfície, ambas intimamente associadas. Ressalta-se, de acordo com Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000), que a velocidade média do escoamento superficial é utilizada especificamente como um dos parâmetros para o cálculo do tempo de concentração do escoamento em uma bacia hidrográfica, cuja fórmula é fundamenta no método cinemático do SCS (figura 9).

Figura 9. Equação do método cinemático do SCS para o cálculo do tempo de concentração do escoamento superficial.

$$tc = \frac{1000}{60} \cdot \sum \left(\frac{L}{V} \right)$$

Fonte: Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 818). (1)

Onde:

- tc = tempo de concentração em minutos;
- L = comprimento do talvegue em km;
- V = velocidade média do trecho em m/s.

A fórmula pressupõe que o tempo de concentração é o somatório dos tempos da passagem da água pelos diversos trechos que compõem o comprimento do talvegue. Os dados da tabela 3, adotados na fórmula, foram obtidos a partir do resultado de pesquisas experimentais, tanto de campo quanto de laboratório, e refletem a velocidade média do escoamento em quatro tipos de superfície, a saber, florestas, pastos, áreas cultivadas e pavimentos (KIBLER, 1982, *apud* Porto *et al*, 2000).

Tabela 3. Velocidades médias de escoamento superficial em m.s⁻¹

Cobertura	Declividade (%)			
	0-3	4-7	8-11	>12
Florestas	0 – 0,5	0,5 – 0,8	0,8 – 1,0	>1,0
Pastos	0 – 0,8	0,8 – 1,1	1,1 – 1,3	>1,3
Áreas cultivadas	0 – 0,9	0,9 – 1,4	1,4 – 1,7	>1,7
Pavimentos	0 – 0,6	2,6 – 4,0	4,0 – 5,2	>5,2

Fonte: Adaptado a partir de Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819)

Em uma planilha foi aplicada a técnica da ponderação, onde os dados da área de cada uso da terra foram relacionados pela multiplicação com os valores de velocidade média do escoamento superficial em bacia hidrográfica, conforme a declividade média da região de estudo obtida com o QGIS, de 13,8%, compatível com a coluna de declividade >12%, da tabela 3. Assim, na ponderação cada valor considerou um peso, que no caso foi a área de abrangência das classes presentes na bacia hidrográfica, havendo o agrupamento das classes de usos da terra do IBGE (2013, p. 149) com as de Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819), em conformidade com as suas características físicas, tais como infiltração no solo, porte da vegetação e outras (quadro 3).

Quadro 3. Relação entre as classes de uso e cobertura da terra da BHB entre IBGE (2013, p. 149) e Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819)

Ano de análise do mapeamento	Classes de uso e cobertura da terra do IBGE (2013, p. 149)	Classes de uso e cobertura da terra segundo Kibler (1982) <i>apud</i> Porto <i>et al</i> (2000, p. 819)
1982	Florestal; vegetação em estágio sucessional	Florestas
	Campestre, pastagem	Pastos
	Cultura temporária	Áreas cultivadas
	Área urbanizada	Pavimentos
2014	Florestal; silvicultura; vegetação em estágio sucessional	Florestas
	Campestre; pastagem	Pastos
	Cultura permanente; cultura temporária	Áreas cultivadas
	Área descoberta; área de mineração, área urbanizada	Pavimentos

Fonte: O autor.

Do total da velocidade média de escoamento superficial para a BHB, houve a necessidade da técnica de normalização a fim de se obter a contribuição de cada uso da terra em porcentagem para este escoamento (figura 10). Desta forma, a soma do total da ponderação foi distribuída para cada classe de uso da terra no intuito de estabelecer a contribuição individual na bacia hidrográfica como um todo, ou seja, com um valor resultante em 1. Por fim, os dados de 1982 e 2014 foram representados na forma de gráfico de colunas, com as suas respectivas tendências para comparação. Salienta-se que a estimativa do escoamento superficial médio para a bacia hidrográfica em questão trata-se de uma aproximação do real valor, uma vez que foi um método alternativo à ausência de dados fluviométricos, em série histórica, que possibilitassem a análise nesta pesquisa.

Figura 10. Fórmula para estimar o escoamento superficial médio da BHB

$$ES_{\text{médio BHB}} = \frac{\overbrace{A \times VmES}^{\text{floresta}} + \overbrace{A \times VmES}^{\text{pastos}} + \overbrace{A \times VmES}^{\text{áreas cultivadas}} + \overbrace{A \times VmES}^{\text{pavimentos}}}{\text{Somatório de todas as áreas para todos os usos (100%)}}$$

Fonte: Arthur Schmidt Nanni.

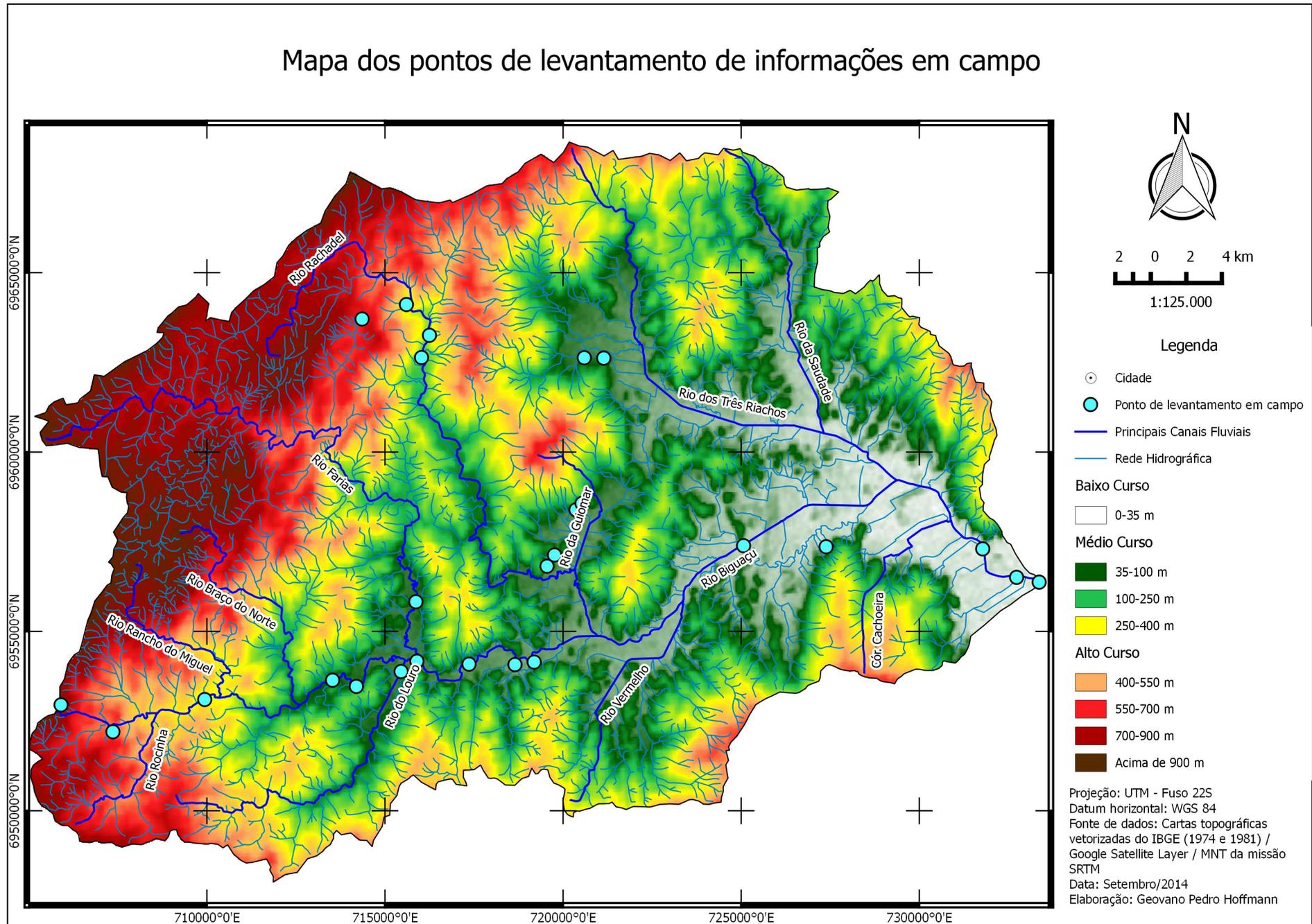
(2)

- $ES_{\text{médio BHB}}$ = escoamento superficial médio da BHB;
- A = área em km^2 ;
- $VmES$ = velocidade média do escoamento superficial, segundo Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819).

3.5. ATIVIDADE DE CAMPO

Em campo, no mês de setembro de 2014, ocorreu a identificação da BHB *in loco* (figura 11), onde foram observados, fotografados e registradas as coordenadas com GPS, dos diversos usos da terra que promovem as modificações no comportamento hídrico. Foram utilizadas nesta etapa o resultado da complementação da malha viária digital da área de estudo, criado através do sistema de dados abertos do projeto OpenStreetMap. Também houve a reambulação, ou seja, a verificação para dúvidas em relação ao mapeamento da região.

Figura 11. Mapa dos pontos de levantamento de informações em campo.



Fonte: O autor.

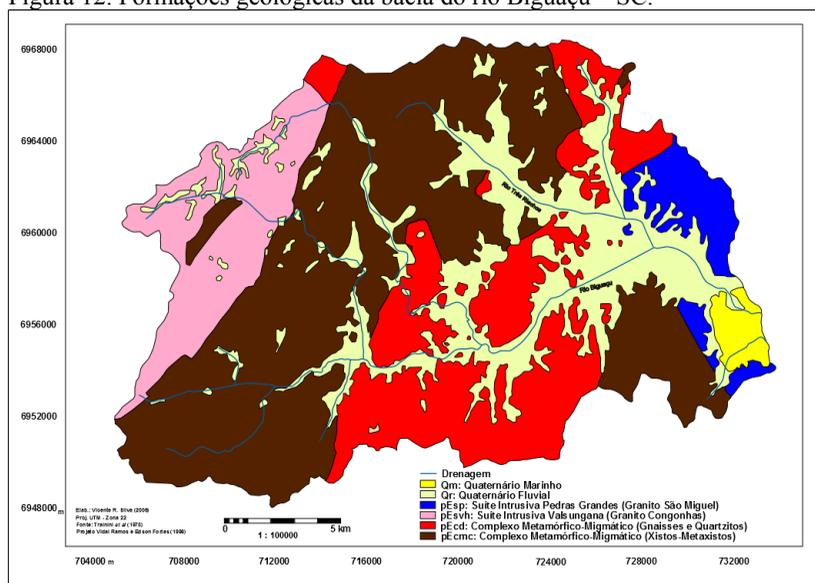
4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BIGUAÇU – SC

4.1. AMBIENTE NATURAL

4.1.1. Unidades geológicas

De acordo com Fortes (1996) a estrutura geológica da BHB traduz-se por dois conjuntos distintos: o embasamento de rochas ígneas e metamórficas, do escudo cristalino Atlântico, e os depósitos do quaternário (figura 12).

Figura 12. Formações geológicas da bacia do rio Biguaçu – SC.



Fonte: Modificado a partir de Silva (2007, p. 77).

O Complexo Metamórfico-Migmático é representado regionalmente como uma larga faixa aflorante com orientação NE-SW. Sua litologia é caracterizada por diatexitos, metatexitos, quartzitos e gnaisses. Da Suíte Intrusiva Valsungana, faz-se presente na BHB

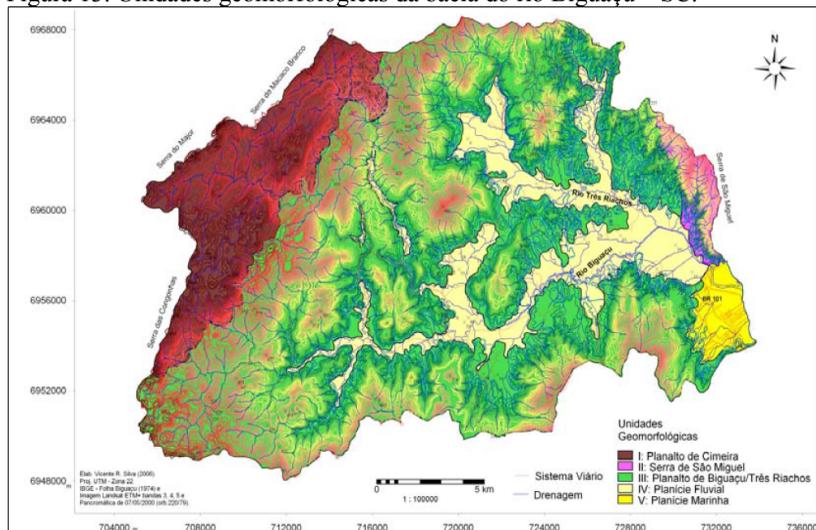
somente o granito Congonhas. Já a Suíte Intrusiva Pedras Grandes tem como representante na bacia hidrográfica o granito São Miguel, que corresponde à serra de mesmo nome, aflorando na porção leste. A Formação Serra Geral, do Grupo São Bento, se dá na forma de diques de diabásio que preenchem as fraturas abertas nos metatexitos do Complexo Metamórfico-Migmático (TRAININI *et al*, 1978 *apud* FORTES, 1996)¹². Os depósitos quaternários, da era Cenozóica, segundo Silva (2007) estão divididos em fluviais e marinhos. A planície de inundação, os terraços e calhas da rede fluvial atual fazem parte dos depósitos fluviais, constituídos por areias, cascalhos e sedimentos siltyco-argilosos inconsolidados, fazendo contato com as demais formações geológicas. Já os depósitos marinhos são encontrados no plano sedimentar costeiro, nas proximidades da foz do rio Biguaçu.

4.1.2. Unidades geomorfológicas

A compartimentação do relevo na BHB (figura 13) está dividida em cinco unidades, a saber: o Planalto de Cimeira (543 a 885 metros), o Planalto Costeiro (até 300 metros), o Planalto Biguaçu/Três Riachos (200 a 600 metros), a Planície Fluvial (até 20 metros) e a Planície Costeira/Marinha (até 10 metros – SILVA, 2007).

12 Ressalta-se a Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara, corpo alongado também de direção NE-SW, com cerca de 80 km², foi considerado por Trainini *et al* (1978) como pertencente a este conjunto (Silva, 2007, p. 70).

Figura 13. Unidades geomorfológicas da bacia do rio Biguaçu – SC.



Fonte: Silva (2007, p. 92).

Esta compartimentação está vinculada à região geomorfológica Serras do Leste Catarinense, do domínio morfoestrutural do Embasamento em Estilos Complexos, apresentando como unidade específica as Serras do Tabuleiro/Itajaí. É composta por uma sequência de serras dispostas de forma subparalela, com orientação predominante no sentido NE-SW e com altitude diminuindo gradativamente em direção ao litoral. A intensa dissecação das áreas cristalinas, controlada estruturalmente, é uma característica geral do relevo desta unidade. Os processos erosivos associados ao manto de intemperismo espesso, em torno de 20 metros, e a retirada de vegetação original de uma vertente podem favorecer movimentos de massa. Os principais rios litorâneos, entre eles o Biguaçu, correm no sentido oeste-leste para o oceano Atlântico. No alto curso, se caracterizam por vales profundos, de vertentes íngremes e sulcadas. No médio curso possuem encostas suavizadas pela dissecação em colinas e fundo plano. No baixo curso, pela declividade, permite a elaboração de amplas planícies, resultando em modelado de acumulação, que tem contribuição da sedimentação

marinha (GAPLAN, 1986).

4.1.3. Aspectos climáticos

A região Sul do Brasil está inserida no domínio do clima subtropical úmido das médias latitudes, conforme classificação de Arthur Strahler. Este clima é caracterizado pela regularidade na distribuição anual da pluviometria (de 1250 a 2000 mm) e pela sazonalidade da temperatura, com verão marcadamente quente a fresco (com médias mensais que variam de 26°C a 30°C) e inverno de fresco a frio (com temperaturas que oscilam entre 10°C e 15°C). Estas características são o resultado da associação entre a posição geográfica da área, o relevo e da atuação de sistemas atmosféricos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

4.1.4. Aspectos hidrográficos

A BHB está situada na macrorregião hidrográfica do Atlântico Sul (ANA, 2014), estando em nível estadual na região hidrográfica RH 8 – Litoral Centro (SANTA CATARINA, 2014). Apresenta sua nascente na Serra das Congonhas, a 778 metros de altitude, escoando numa extensão de 37 quilômetros pelo leito retificado até o Oceano Atlântico (REITZ, 1988). Conforme Fortes (1996), a bacia hidrográfica tem uma largura média de aproximadamente 18 km e comprimento de 27 km. O canal principal é formado pelo rio Biguaçu, que no seu trajeto no baixo curso tem largura que varia de 18,8 metros a 42,6 metros, sendo que próximo a foz, de acordo com Silva (2007), atinge a marca de 57 metros. Na margem esquerda os principais tributários são os rios da Saudade, dos Três Riachos, Rachadel, Farias e Braço do Norte. O rio do Louro, o ribeirão Vermelho e outros afluentes da margem direita são considerados de menor expressão.

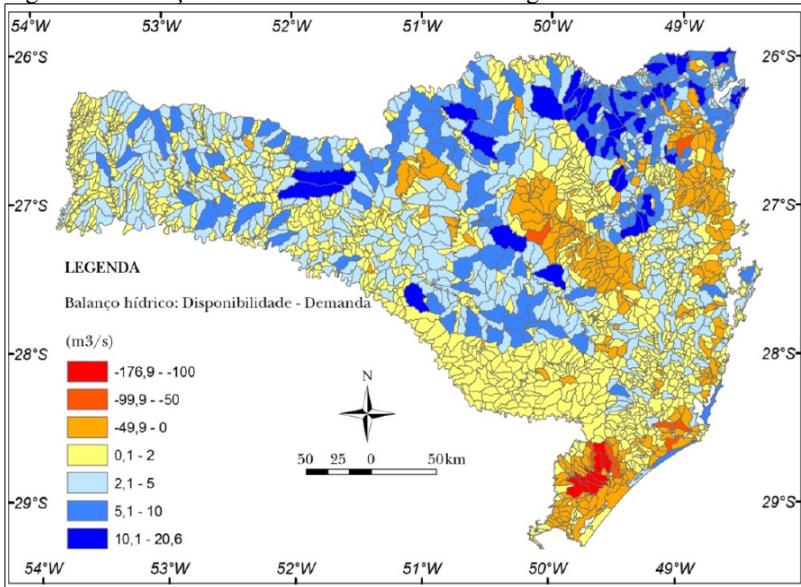
A rede hidrográfica, na qual consta o rio Biguaçu, pertence ao sistema de drenagem da vertente atlântica, constituída por um conjunto de bacias hidrográficas isoladas. Os cursos d'água apresentam comprimento de 582 km e resultam em uma densidade de drenagem

média de 1,52 km/km². A característica predominante nestes rios é um perfil longitudinal bastante acidentado em alto curso, sendo que no baixo curso o perfil longitudinal de baixas declividades permite a formação de meandros nas áreas de planícies aluviais. O comportamento fluvial típico dos rios da vertente atlântica é o perene, com o regime pluviométrico como condicionante para o abastecimento normal dos mananciais durante o ano (GAPLAN, 1986).

Segundo Fortes (1996), os cursos d'água que drenam a BHB são perenes na sua maioria, sendo intermitentes em alto curso. Suas nascentes localizam-se nas áreas mais elevadas das serras constituídas por rochas do embasamento. A forma da rede de canais fluviais está relacionada à constituição litológica, estrutural e à história climática da região. A rede de drenagem encaixada em fálhas é comum na bacia hidrográfica, sendo notável no alto curso dos canais tributários. Os canais sinuosos que drenam o baixo vale foram profundamente alterados pela ação antrópica, sobretudo pela retificação promovida pelo extinto DNOS. Realizada entre os anos de 1957 e 1977, objetivou drenar áreas pantanosas e eliminar os trechos sinuosos dos canais, os quais provocariam excesso de água acumulada em períodos de intensa precipitação, gerando as enchentes. Conforme a Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente de Santa Catarina (1997), a BHB possui uma periodicidade de mais de duas enchentes a cada 5 anos, classificando-a em situação grave.

Conceição *et al* (2013) identificaram que o balanço hídrico rural, relação entre a disponibilidade e a demanda por água para uso humano, animal e irrigação, na BHB tinha como predomínio um déficit de até 49,9 m³.s⁻¹ (figura 14), situação semelhante ao que ocorre nas bacias hidrográficas dos rios Itajaí e Araranguá. Do ponto de vista regional, a irrigação nesta área foi considerada o fator que mais contribuiu para o valor apresentado, seguido pelo uso atribuído à demanda animal.

Figura 14. Balanço hídrico rural nas unidades hidrográficas de Santa Catarina.



Fonte: Conceição et al (2013, p. 97).

No tocante à qualidade dos recursos hídricos, a BHB está dividida em três seções. A primeira é referente aos cursos d'água de 1ª ordem que não apresentam poluição aparente. A segunda está estabelecida em seu médio curso, onde os cursos d'água são considerados pouco poluídos, e a terceira em seu baixo curso, onde o rio Biguaçu é enquadrado como intensamente poluído pela Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente de Santa Catarina (1997).

4.1.5. Solos

Os cambissolos são a classe pedológica de maior abrangência na BHB. Possuem horizonte B incipiente e são originários das rochas do pré-cambriano, de domínio do Complexo Metamórfico-Migmático. Apresentam textura argilosa, no entanto podem apresentar areia grossa e cascalhos ao longo do perfil quando tem como material de origem a

Suíte Intrusiva Valsungana. O argissolo, com perfil bem desenvolvido e diferenciação marcante entre horizontes, encontra-se em grandes áreas na porção nordeste com cobertura de vegetação secundária, lavoura e pastagem, e também na porção oeste, coberto por capoeirões. O gleissolo, com influência direta do lençol freático alto, localiza-se nos vales dos rios da Saudade e dos Três Riachos, ao norte da BHB, e no baixo curso do rio principal, sendo utilizado para lavoura temporária de arroz e pastagens, bem como no rio da Guiomar, de uso para pastagens e cultivo de hortaliças. Estão presentes ainda os neossolos flúvicos, formados pela deposição de sedimentos durante o período do Holoceno e que sofrem acréscimos com as inundações, localizando-se ao norte do vale do rio dos Três Riachos e no baixo curso do rio Biguaçu, onde é utilizado para pastagem, plantio de grama para jardinagem e horticultura. Há ainda a presença de neossolos quartzarênicos na área de influência da foz do rio Biguaçu (SILVA, 2007).

4.1.6. Vegetação e fauna

A vegetação da BHB é diversificada, porém, encontra-se profundamente alterada. A Floresta Ombrófila Densa é a que predomina na área de estudo. As suas formações originais foram descaracterizadas pelo uso agrícola e pecuária semiextensiva, com exceção da formação localizada na altitude entre 400 e 1000 metros, na porção extremo-oeste da bacia hidrográfica, que teve a sua supressão dificultada em função da elevada declividade. A Floresta Ombrófila Mista ocorre somente sob a formação Montana, à extremo-oeste da BHB, sob pequenos fragmentos em virtude da ação humana. A formação de manguezal está incluída na classificação de vegetação litorânea, situando-se na foz do rio Biguaçu e está pressionada pela intensa expansão urbana (SILVA, 2007). A vegetação de campo de altitude é encontrada próxima ao ponto culminante de 886 metros, numa área de apenas 1 km² (REITZ, 1988).

No que diz respeito à fauna, estudo foi realizado em Antônio Carlos, no ano de 1985, quando foram observadas 186 espécies de aves. Entre elas havia algumas permanentes e outras migratórias. Considera-se que há uma variedade, porém teria sido maior no passado antes da retirada da vegetação original. Em outro estudo, realizado no mesmo

município no ano de 1986, foram identificadas 24 espécies de peixes, havendo nativas e exóticas, de origem asiática ou africana. Algumas foram identificadas em altitudes superiores à 600 metros nos cursos d'água, a exemplo do Barrigudinho (*Phalloptychus januaris*) e da Piaba ou Lambari (*Astynax eigenmanniorum*). Devido à ocupação humana nas áreas, houve alterações ambientais que modificaram as condições ecológicas destas espécies, reduzindo-as (REITZ, 1988). Na RPPN Caraguatá constam também a presença de pumas, jaguatiricas, quatis, iraras, tatus, capivaras, assim como porcos do mato e macacos (RPPN CARAGUATÁ, 2014).

4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

4.2.1. Povoamento inicial

Schmitz (2013) ao analisar regionalmente o povoamento pré-histórico de Santa Catarina, incluiu a região da BHB como ambiente dos “Caçadores da Mata Atlântica”. Este grupo teria ocupado a mata atlântica de encosta do planalto catarinense após a última glaciação, há 11.000 anos atrás, quando ainda o planalto estava coberto por campos nativos e a planície litorânea estava em plena formação, com sucessivas transgressões e regressões marinhas. Suspeita-se que o avanço do grupo Guarani pela planície costeira possa tê-los eliminado ou expulso. O aparecimento mal explicado dos Xokleng na mata atlântica da encosta do planalto poderia também estar relacionado a essa expulsão, os quais ofereceram considerável resistência à instalação dos colonos dos vales litorâneos. Próximo ao estuário do rio Biguaçu, a pré-história não deixou vestígios capazes de identificar as primeiras populações que ali existiam em razão da baixa altimetria do plano sedimentar da área que propiciava enchentes (FORTES, 1996).

Como a história de ocupação humana no vale do rio Biguaçu está conectada à formação regional, convém destacar os elementos políticos, econômicos e sociais de outras áreas que a influenciaram (FORTES, 1996), sendo contemplados nos próximos tópicos.

4.2.2. História do município de Biguaçu

As terras hoje pertencentes ao atual município de Biguaçu, na referida unidade espacial, foram desbravadas na passagem para o século XIX. Segundo Soares (1988) a ideia do povoamento por imigrantes estrangeiros foi de autoria do governo da Capitania de Santa Catarina. A estratégia foi reivindicada junto à Coroa Portuguesa, para a ocupação das terras a partir de núcleos coloniais a serem criados ao longo do litoral catarinense como forma de assegurá-las em sua propriedade à metrópole e aos seus interesses econômicos. É somente em 1748 que chega a primeira leva de imigrantes oriundos do arquipélago dos Açores, instalados na Ilha de Santa Catarina e nas sedes das povoações previamente escolhidas. Num destes sítios, denominado de São Miguel¹³, é que se deu a gênese do município de Biguaçu. As causas para a emigração do arquipélago do Açores, segundo Scott *et al* (2013), são atribuídas principalmente à regulação do excesso populacional nas ilhas e as crises econômicas que levavam a problemas de subsistência, assim como a recorrência de catástrofes naturais.

A concessão de terras em São Miguel, inclusive nas proximidades da foz do rio Biguaçu, assinaladas no “Primeiro Livro de Sesmarias”, ocorreram no período entre 1752 e 1806. No médio vale, há registro dos primeiros povoadores que se fixaram na região de Três Riachos no ano de 1816. Já no final do século XIX, com trilhas em condições precárias e a produção agrícola e madeireira retida nas áreas de colonização além do distrito de Alto Biguaçu, hoje Antônio Carlos, o comércio entre os colonos e os comerciantes passou a ser por transporte fluvial. O rio Biguaçu era a principal via de escoamento da produção da colônia. Na foz do rio, houve o surgimento de um pequeno comércio com residências, estaleiros e serrarias para o beneficiamento e posterior

13 A área de abrangência do município de São Miguel, instalado a 17 de maio de 1833, era desde ao norte, no limite com o Rio Camboriú até, ao sul, com o Rio Serraria, hoje divisa entre Biguaçu e São José, e a oeste até a freguesia de Lages. Soares (1988) acredita que a escolha de São Miguel não tenha sido por acaso, pois como a Ilha de Santa Catarina era vulnerável aos constantes ataques espanhóis, a freguesia estava guarnecida estratégica e militarmente.

distribuição da produção. Com o seu crescimento, fundamentou-se a atual sede do município de Biguaçu. Através da interação econômica local, a sede da vila de São Miguel foi transferida para o povoado da foz do rio, provocando a sua decadência e a expansão do novo povoado (SOARES, 1988).

A expansão desse povoado, com residências e casas de comércio, ocorreu a partir da construção de estrada, em 1896, ligando Biguaçu à Capital, assim como vias de comunicação às áreas adjacentes. Em 1904, além da produção de pescado e de uma agricultura centrada no cultivo de mandioca, milho e bananas, a economia dinamizou-se com algumas pequenas indústrias, a exemplo de engenhos de serra de madeira, beneficiamento de açúcar, café e arroz, assim como alambique para fabricação de aguardente (SOARES, 1988). Segundo Silva (2007) a principal mão de obra era oriunda de países africanos e estavam sob relações de trabalho escravistas nas grandes propriedades dos descendentes de açorianos na região.

4.2.3. História do município de Antônio Carlos

Como a ocupação açoriana do século XVIII não foi suficiente para povoar o litoral catarinense, o governo brasileiro tratou de modificar o povoamento das terras na região Sul do país. A partir da definição do regime de colonização na forma de pequena propriedade, a qual não interessava aos latifundiários cafeicultores, buscou-se trazer famílias camponesas europeias, que estavam a procura de melhores condições de vida, que constituíssem uma classe média rural de trabalhadores independentes e que diversificassem e modernizassem a agricultura do país (HALL, 1976)¹⁴.

Em Santa Catarina, a primeira colônia de povoamento alemão foi fundada no ano de 1829 e recebeu o nome de São Pedro de Alcântara.

14 Nas palavras de Waibel (1979, p. 231), o imigrante dos vales litorâneos seria um pequeno proprietário que teria as funções tanto de soldado quanto de agricultor, semelhante aos açorianos do litoral catarinense, para defender a sua terra e cultivá-la.

Conforme Câmara (1948) *apud* Soares (1988), após terem sido assentados em lotes ao longo do caminho Desterro-Lages, os colonos se viram incapazes de agir, visto que estavam em terreno sem a infraestrutura prometida e ainda em receio com relação aos indígenas. Diante das dificuldades encontradas, parte desses colonos abandonou os seus lotes e se dispersou. A partir da colônia de São Pedro de Alcântara, os primeiros imigrantes alemães cruzaram os divisores de águas da bacia do rio Biguaçu, chegando ao vale do rio do Louro, em Antônio Carlos, em 1830. Em seguida, avançaram sobre as áreas a montante da região (REITZ, 1988).

O povoamento das planícies por luso-açorianos no Alto Biguaçu, como era conhecido anteriormente Antônio Carlos, veio a ocorrer somente com a ocupação pelos seus descendentes mais abastados de São Miguel, um século depois. Na década de 1840, receberam a concessão de grandes lotes de terra nas atuais localidades de Usina Pirabeiraba, Rio Farias e na confluência do Rio Rachadel com o Rio Biguaçu. De um modo geral, eram fazendeiros, cuja força de trabalho era de origem africana sob relação de produção escravista, perfazendo com que a população escravizada fosse maior que das outras correntes imigratórias do século XIX na área. Com a promulgação da Lei Áurea, em 1888, os escravos que se tornaram libertos passaram a se reunir em pequenos quilombos, nas glebas em que viviam e trabalhavam, localizados nos ribeirões e arredores do atual perímetro urbano de Antônio Carlos. Em contrapartida, os alemães iniciaram acumulação a partir do excedente produzido em suas lavouras e que foi suficiente para adquirir as fazendas e minifúndios. O mesmo ocorreu com as terras dos ex-escravos, os quais mudaram-se para a Capital do Estado. Em 1910, a última corrente imigratória para Antônio Carlos que se tem conhecimento é a de libaneses. Vindo em pequenos contingentes para Santa Catarina, exerciam atividade no comércio de mascate. Com o tempo, criaram comércio de secos, molhados e armarinho (REITZ, 1988).

O crescimento econômico da região intensificou-se somente a partir da navegação pelo rio Biguaçu, entre 1895 e 1916, como importante via de escoamento da produção. Não só eram transportadas

as mercadorias agropecuárias como também realizava-se o deslocamento de pessoas, em barcos de pequeno calado, a partir dos oito portos que existiam ao longo do rio. O destino final era o entreposto comercial de Biguaçu, que transferia os produtos para Desterro e os distribuía para exportação. Entretanto, no ano de 1916, uma grande enchente assoreou o leito do rio Biguaçu, não permitindo mais a sua navegação. A solução foi o transporte por carroça a cavalo em caminhos que margeavam o rio até o povoado de Biguaçu, mas que atolavam com frequência devido as áreas pantanosas. A emancipação do município, desmembrado de Biguaçu, se deu em 6 de novembro de 1963 (REITZ, 1988).

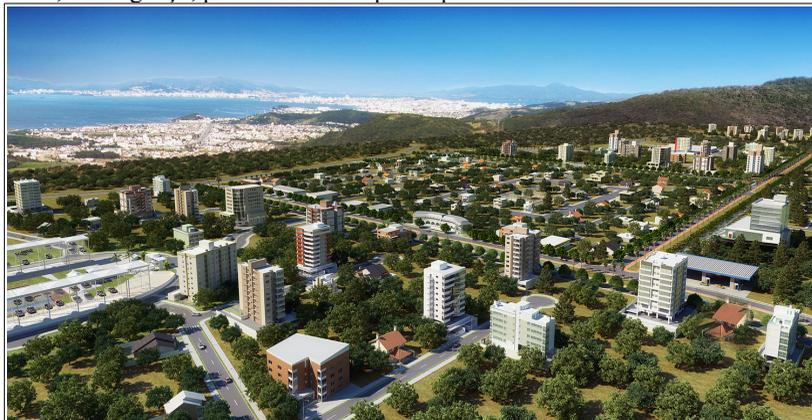
4.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E SOCIOECONÔMICOS

4.3.1. Município de Biguaçu

Atualmente, o município de Biguaçu está situado na mesorregião da Grande Florianópolis e apresenta área territorial de 325,88 km². Sua sede é encontrada no baixo vale do rio Biguaçu. A população, de acordo com o censo demográfico do ano de 2010, é de 58.206 habitantes, sendo 49,25% composta por homens e 50,75% por mulheres, representando uma densidade de 178,71 hab/km². Destes, 90,64% (52.758 hab.) residiam em área urbana e 9,36% (5.448 hab.) em área rural. O IDH é de 0,739 numa escala de até 1, situando-o na faixa de desenvolvimento humano alto (IDHM entre 0,7 e 0,799) (PNUD, 2013).

Com distância de apenas 17 km de Florianópolis, é um polo alternativo de expansão da ocupação urbana, já que está sob a área conurbada e de influência. Esta expansão ocorre principalmente na forma de empreendimentos imobiliários e que ocasionam grandes impactos ambientais (figura 15) (SILVA, 2007).

Figura 15. Simulação de projeto do loteamento Cidade Deltaville dentro da BHB, em Biguaçu, pertencente a empresa que atua no setor nacional.



Fonte: Deltaville (2014).

As habitações, de um modo geral, continuam sendo edificadas em locais inadequados, chamando a atenção especialmente na planície de inundação do rio Biguaçu e próximo a ela (figura 16), onde constam áreas de ocupação sobre manguezal e de habitações que representam riscos nos morros (SILVA, 2007). Associa-se ao forte crescimento demográfico da área atualmente a instalação de um parque industrial e do contorno viário da Grande Florianópolis, que em seu trecho Biguaçu-Palhoça, atravessará a BHB, ambos promovendo a interiorização da mancha urbana no vale.

Figura 16. Vista aérea da área central do município de Biguaçu, com destaque à sua ocupação sobre a planície de inundação, nas margens da foz do rio homônimo.



Fonte: PMB (2014).

Da perspectiva econômica, as atividades predominantes em Biguaçu giram em torno da indústria de transformação, do plantio de grama, da horticultura e da pecuária bovina de corte semiextensiva, além de plantas ornamentais (SILVA, 2007). Com relação à estrutura fundiária, segundo Prates e Corrêa (1989), permanece um sistema de médias e pequenas propriedades, devido ao processo de sucessão hereditária e de compra de terras desde o fim da escravidão na região.

4.3.2. Município de Antônio Carlos

Assim como Biguaçu, o município de Antônio Carlos também está inserido na mesorregião da Grande Florianópolis, com área territorial de 229,2 km². Sua sede está situada no baixo vale do rio Biguaçu, mais à montante (figura 17). A população, de acordo com o censo demográfico do ano de 2010, era de 7.458 habitantes, sendo

50,38% composta por homens e 49,62% por mulheres, representando uma densidade de 32,53 hab/km². Destes, 31,39% (2.341 hab.) residiam em área urbana e 68,61% (5.117 hab.) em área rural, com uma taxa de urbanização que se elevou nas últimas décadas. O IDH é de 0,749 numa escala de até 1, situando-o na categoria de desenvolvimento humano alto (IDHM entre 0,7 e 0,799).

Figura 17. Centro do município de Antônio Carlos.



Fonte: O autor (fevereiro/2014).

Do ponto de vista econômico, o setor primário é o predominante no município. Antônio Carlos é considerado o maior produtor de hortaliças do estado, com uma produção média de 150 mil toneladas ao ano. A mão de obra utilizada é basicamente de origem familiar. A comercialização dos hortifrutigranjeiros se dá na Grande Florianópolis, pelas Centrais de Abastecimento de Santa Catarina (CEASA), feiras e supermercados, estendendo-se também às regiões vizinhas (PMAC, 2014). Segundo Prates e Corrêa (1987), os fatores que explicam essa especialização são atribuídas à elevada produtividade das horticulturas,

ao tamanho das propriedades, com prevalência de minifúndios, à disponibilidade de solos férteis e água disponível para irrigação, além da proximidade com o mercado consumidor, não demandando de aplicação de grandes capitais. De acordo com Souza (2004) contribui ainda com este setor a introdução do reflorestamento e o plantio de grama para jardins. Já a pecuária não chega a ser uma atividade relevante, sendo destinada à subsistência destes mesmos produtores rurais.

O setor secundário é composto por unidades fabris de pequeno porte (SOUZA, 2004). A única unidade fabril de grande porte pertence à empresa Vonpar Bebidas S.A., única do estado, franqueada da Coca-Cola e distribuidora da Femsu Cerveja Brasil no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. A fábrica de refrigerantes é uma importante geradora de empregos diretos e indiretos, além de fonte fundamental dos impostos do município (PMAC, 2014). Já o setor terciário é formado pelo comércio local, prestação de serviços, e turismo através de festas tradicionais e religiosas, hotéis-fazenda, pousadas e parques aquáticos (SOUZA, 2004).

A estrutura fundiária de Antônio Carlos é resultante de processo semelhante ao que ocorreu em Biguaçu, permanecendo, conforme Prates e Corrêa (1989), um sistema de médias e pequenas propriedades em razão do processo de sucessão hereditária e da compra de terras parceladas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

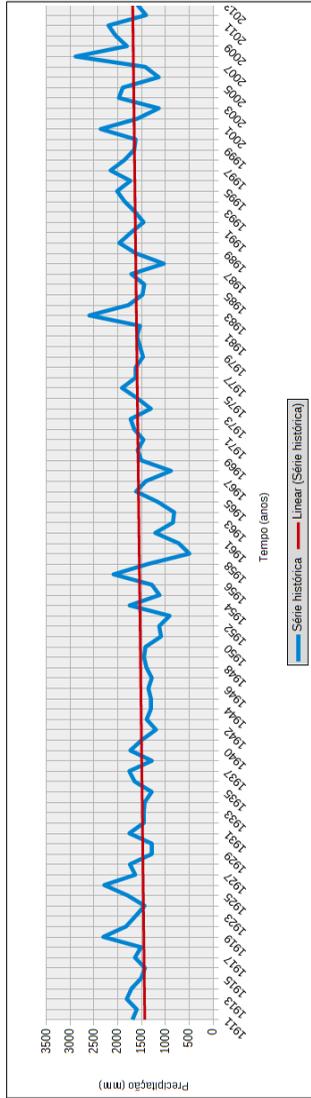
5.1. CONDICIONANTES NATURAIS

A água que supre os canais fluviais da BHB é oriunda essencialmente das chuvas. Todavia, o comportamento hidrológico tem o seu funcionamento afetado em função da atuação dos sistemas atmosféricos, uma vez que a precipitação e o balanço hídrico climatológico regional regulam a vazão do rio e dos seus afluentes. Analisando-se a série histórica de dados pluviométricos anuais (figura 18) obtidos junto à EPAGRI, para os anos de 1911 a 2013, observa-se que, de um modo geral, a área de estudo registrou picos de precipitação seguidos de quedas intercaladas. A maior parte dos valores anuais da série se manteve entre 1200 mm e 2000 mm.

Em relação à média de precipitação anual da série histórica de dados (1560,39 mm) observa-se que o elemento climático precipitação aproxima-se dela até o final da década de 1920, havendo valores pontuais elevados, tais como nos anos de 1919 (2305,0 mm) e 1926 (2284,8 mm). A partir de então ocorre um declínio que vem somente a se estabilizar em meados da década de 1970. Tal fato se revela com alguns valores extremos para a bacia hidrográfica, a exemplo dos anos de 1951 (1092, 4 mm), 1952 (1131,9 mm), 1953 (912,6 mm) e 1955 (1125,9 mm) e que provavelmente implicaram em estiagens e redução da vazão mínima dos cursos d'água durante cada período¹⁵.

15 Reitz (1988, p. 412) relata que na BHB “houve prolongadas secas, igualmente prejudiciais à lavoura e ao gado, com o agravante de atingir toda a população, não apenas, como nas enchentes, os habitantes das baixadas” e que “nas décadas de 20 e 30 deste século o povo, em longas romarias [...], a pé pelas estradas, rezando e cantando, visitavam as igrejas, suplicando a Deus por chuva”, o que demonstra a relevância destas estiagens para a época.

Figura 18. Precipitação anual para a série histórica 1911-2013 da estação São José – SC.



Fonte: Epagri / Ciram / Inmet.

Em contrapartida, da década de 1980 em diante as precipitações anuais registradas tiveram aumento considerável, superando a marca de 2000 mm, podendo ser citados os anos com valores excepcionais de 1983 (2598,6 mm), 1995 (2015,1 mm), 1997 (2153,5 mm), 2001 (2360,7 mm), 2008 (2887,9 mm), 2010 (2043,1 mm) e 2011 (2195,8 mm). De acordo com a curva de tendência linear, tais acumulados de precipitação tornaram-se mais frequentes nas últimas décadas para a área de estudo e coincidiram com os anos de inundação e que trouxeram prejuízos aos municípios da bacia hidrográfica. Tanto, que há de se ressaltar que o ano de 2008 registrou o maior valor de precipitação anual de toda a série, acompanhando o período de inúmeros desastres socionaturais que acometeram o Estado de Santa Catarina, principalmente no Vale do Itajaí.

Inundações em outros anos que não foram citados não descartam a possibilidade de excesso pluvial em algum determinado período mensal, já que a precipitação também depende da intensidade. Exemplo disso é o mês de novembro de 1991, quando houve 549,7 mm de precipitação. Já para a intensidade em curtos períodos, como o de apenas 24 horas, Silva (2007) aponta para o dado de precipitação que atingiu a marca máxima de 536,5 mm em fevereiro de 2001.

Conforme Tucci (2002), o comportamento não-linear da precipitação faz com que nos anos mais úmidos, ocorra pouco aumento da infiltração e diminuição da evapotranspiração, o que provoca proporcionalmente o aumento do escoamento. Já nos anos secos, quando a precipitação torna-se reduzida, o aumento da evapotranspiração reduz com maior magnitude a vazão, havendo como resposta da bacia hidrográfica a diminuição do seu escoamento. Tanto os eventos de baixa quanto os de alta pluviometria estão associados aos fenômenos e mecanismos da dinâmica de circulação global e regional da atmosfera, os quais, ao se modificarem, contribuem para a variabilidade da precipitação na BHB¹⁶.

16 Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), no litoral de Santa Catarina os principais sistemas atmosféricos responsáveis são a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA). A MPA, de característica fria e úmida, ao ser atraída pelas baixas pressões tropicais

Destaca-se ainda a interferência de fatores climáticos na BHB, tal como o relevo que se dá no conjunto das Serras do Leste Catarinense (figura 19) e a sua posição geográfica litorânea, que permite a influência da umidade proporcionada pela maritimidade o que favorece as chuvas orográficas e convectivas no interior do vale.

Figura 19. Ocorrência de precipitação na localidade de Usina, em Antônio Carlos, sobre as morrarias da unidade Serras do Leste Catarinense.



Fonte: O autor (março/2014).

e equatoriais presentes no continente sul-americano e proximidades, desloca-se e é influenciada pelo relevo e correntes marítimas sobre as quais se movimenta e interage, recebendo calor e ficando mais seca. Já a MTA, de elevada temperatura e umidade, com origem a partir das altas pressões subtropicais do Atlântico, é atraída especialmente no verão pelas áreas de baixa pressão continentais. O choque entre estas duas massas de ar de ambientes distintos resulta na formação de frentes, com destaque para a FPA (Frente Polar Atlântica), caracterizada pela ocorrência de chuvas nas estações. Outros sistemas, conforme Monteiro (2001), contribuem para o comportamento da precipitação, a exemplo dos vórtices ciclônicos e dos cavados de níveis médios, bem como os fenômenos El-Niño e La-Niña que, quando intensificados, provocam respectivamente o excesso de chuvas e pequenas estiagens.

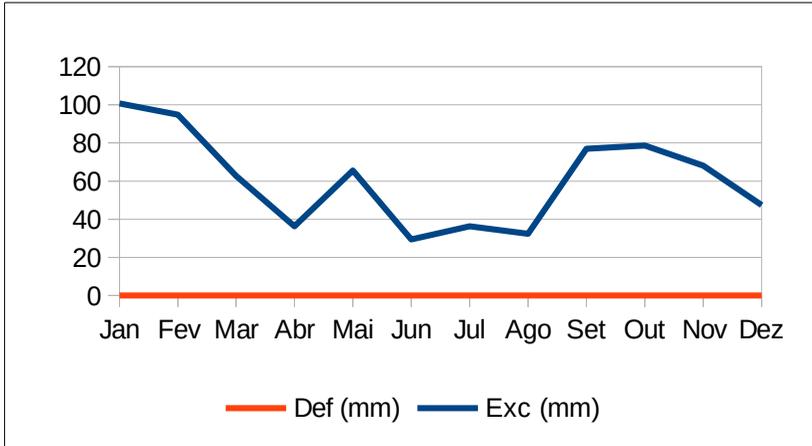
O balanço hídrico climático regional¹⁷, tomando como referência Florianópolis (figura 20), reflete a condição de variação da precipitação ao longo dos meses. Observa-se que há maior excedente hídrico, e portanto maior concentração das chuvas, entre o início da primavera e o fim do outono, nos meses de setembro a maio. Os menores índices estão restritos à estação de inverno, de junho a agosto, com exceção do mês de abril que situa-se no outono. O déficit hídrico, em função do clima do tipo subtropical úmido, praticamente inexistente, o que permite o constante abastecimento dos cursos fluviais. De fato, é a partir deste excedente hídrico que a BHB, assim como os demais rios da vertente atlântica catarinense, é regulada por um regime hidrológico perene.

A partir do que foi exposto, nota-se que mesmo com o aumento da quantidade das chuvas nas últimas três décadas, com casos recorrentes de concentração das águas e que proporcionaram enchentes e inundações em curtos períodos, a percepção da população residente na BHB é a de que o nível das águas vem diminuindo¹⁸. Devido a esta informação, a variação irregular do escoamento superficial é essencialmente justificada pela intervenção dos condicionantes antrópicos na dinâmica hidrológica, através da modificação do uso e cobertura da terra, visto que as águas não ficam retidas por tempo suficiente na bacia hidrográfica.

17 É a contabilização de toda a água envolvida no sistema solo, planta e atmosfera, de forma a estimar a quantidade de água disponível contida em um perfil de solo pré-determinado, sendo indicador do potencial climatológico num local para um vegetal qualquer (OMETTO, 1981 *apud* SILVEIRA e GONÇALVES, 2011)

18 Trechos extraídos de Reitz (1988), vide introdução deste trabalho.

Figura 20. Balanço hídrico climatológico normal para Florianópolis no período de 1981 a 2010.



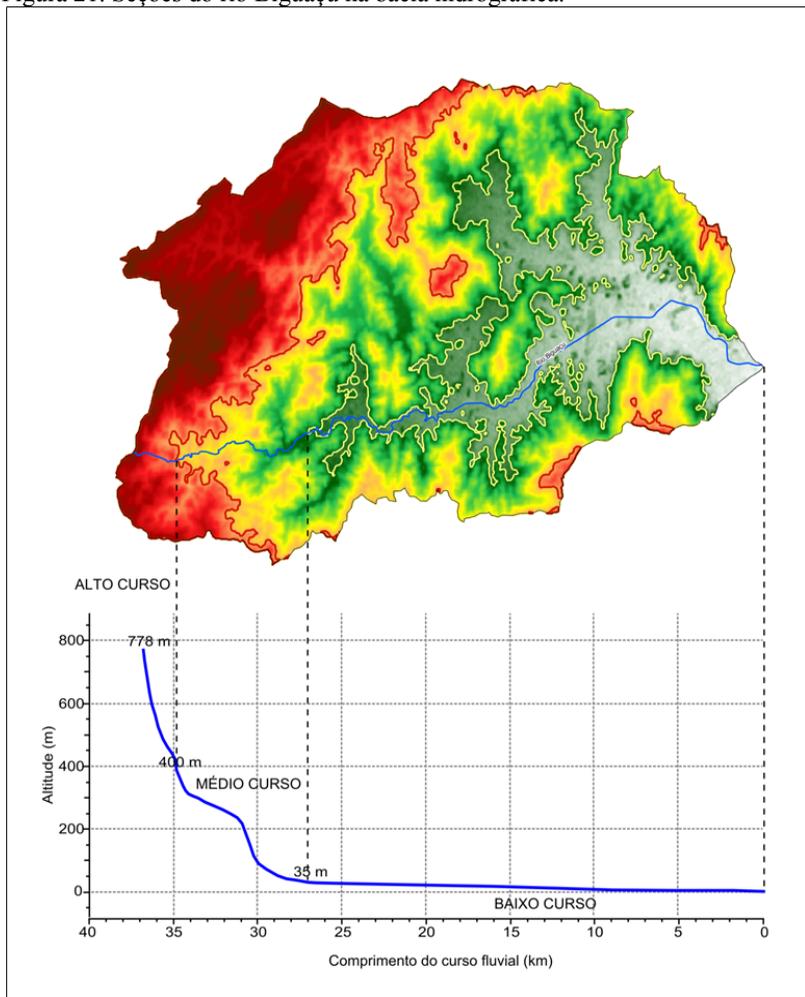
Fonte: Modificado a partir de Silveira e Gonçalves (2011).

5.2. CONDICIONANTES ANTRÓPICOS

5.2.1. Dinâmica físico-temporal da BHB no período 1982-2014

Nas últimas três décadas houve modificações significativas no uso da terra na BHB. Optou-se por analisá-las da perspectiva altimétrica e geomorfológica pelo perfil de elevação (figura 21), tomando como referência o rio principal, o Biguaçu, haja vista que correspondem a um padrão espacial de mudanças na região de estudo. Foram compreendidas em baixo curso (do nível do mar até a cota de 35 metros, onde a deposição se sobrepõe à erosão), médio curso (de 35 a 400 metros, em que há um equilíbrio entre erosão e deposição) e alto curso (cota acima de 400 metros, onde a erosão se sobrepõe à deposição), de modo que estes valores podem variar ao longo dos demais cursos fluviais.

Figura 21. Seções do rio Biguaçu na bacia hidrográfica.



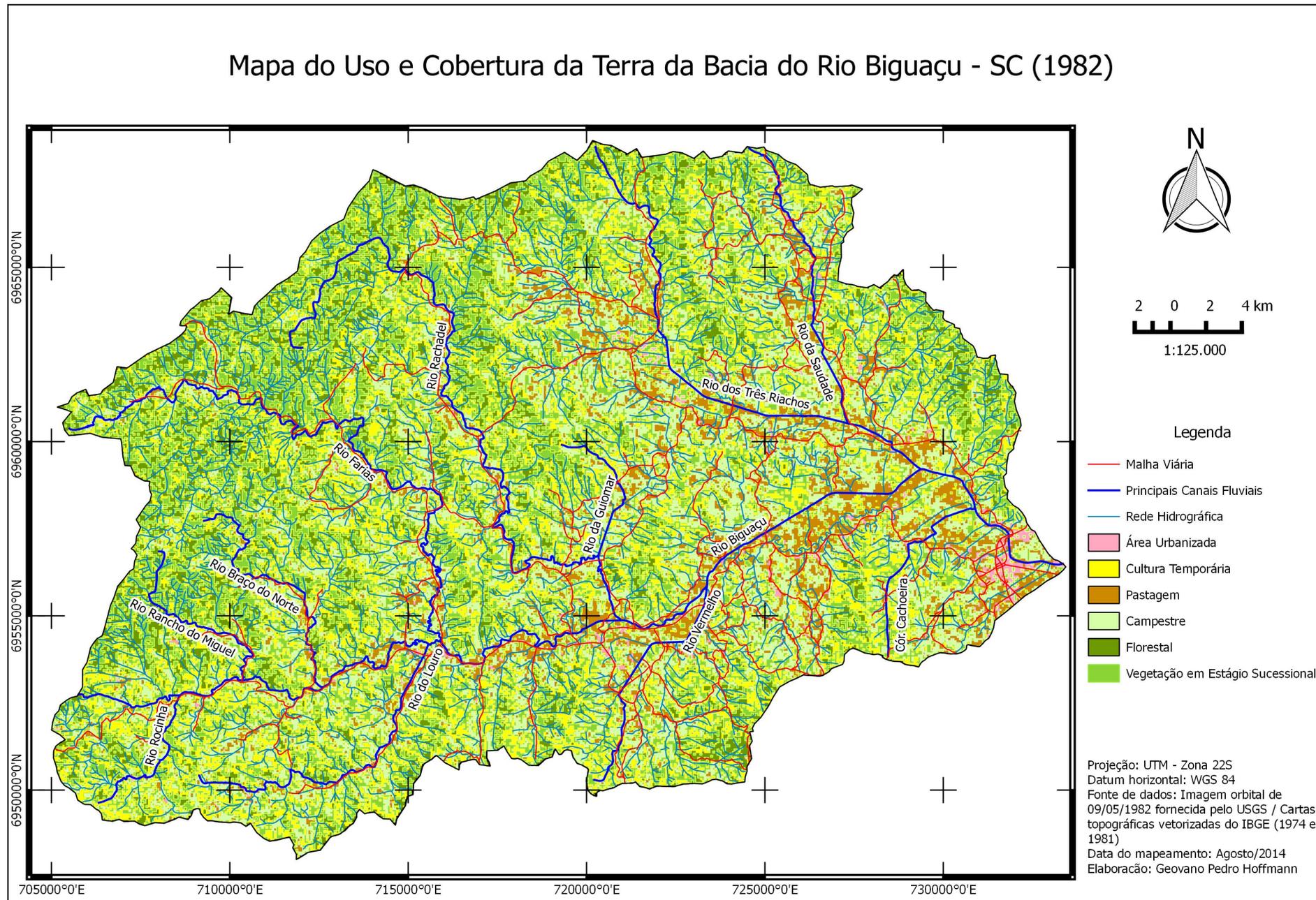
Fonte: O autor.

Observa-se que em 1982 (figura 22), que o alto curso da BHB possuía as florestas mais desenvolvidas e que estavam restritas somente a alguns pontos, entremeadas pela presença marcante da vegetação em

estágio sucessional intercalada por algumas lavouras¹⁹. Havia o predomínio de áreas de cultivo especialmente entre os rios Rocinha e Rancho do Miguel, onde as vertentes são menos íngremes. Em contrapartida, as áreas em que a vegetação em estágio sucessional preponderava eram encontrados nos patamares com as maiores altitudes da bacia hidrográfica, rodeados por vertentes íngremes com declive de pouco mais de 30%, o que dificultava o seu acesso²⁰. A cobertura desse tipo de vegetação na área pode ser explicado pela atividade econômica que seria mais rentável pelas condições físicas de relevo. Assim, a extração de madeira na forma de lenha como fonte de energia para as residências e para a comercialização eram difundidas no século passado através das carroviarias, haja vista que a eletrificação²¹ e o gás comum viriam a se popularizar apenas algum tempo depois.

-
- 19 Segundo Waibel (1979), os imigrantes no sul do Brasil, ainda na segunda metade do século XX, utilizavam a técnica de queimar a vegetação original, cultivar na clareira durante alguns anos, deixá-la em descanso para recuperar a fertilidade e repetir o processo para a continuidade da produção. Herdado dos índios, esse conjunto de procedimentos, denominados de sistema primitivo de rotação de terras, exigia uma área considerável para a prática extensiva da lavoura e, portanto, de intensa devastação das florestas. Torna-se um sistema de rotação de culturas melhorada, como era o caso da BHB no período em questão (Leite (2013), quando o colono também passa a criar, além do porco, algum gado que não fornece esterco suficiente para as lavouras, mas que é aplicado no processo produtivo apenas para o seu próprio consumo.
- 20 Reitz (1988), por exemplo, coloca que em 1848 terras devolutas e que eram remanescentes da colonização no planalto entre o divisor de águas dos rios Biguaçu e Tijucas, conhecido hoje por Faxinal, foram demarcadas para a criação de uma nova colônia, denominada de Leopoldina, para concessão a novos imigrantes. Contudo, a colônia não progrediu e as famílias a abandonaram em virtude da precariedade das estradas, conferida aos terrenos declivosos e de elevada altitude, além de solos pobres em fertilidade.
- 21 Segundo Reitz (1988), a implantação da rede de energia elétrica em Antônio Carlos veio a ocorrer em 1965, restrita ao pequeno distrito sede, sendo que até 1987 nem todos os estabelecimentos rurais a dispunham.

Figura 22. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Biguaçu – SC em 1982.



Fonte: O autor.

O médio curso da BHB, em 1982, apresentava intensa atividade agrícola²² nas encostas em meio à vegetação em estágio sucessional e áreas campestres. Historicamente, os colonos ao ocuparem os vales litorâneos catarinenses preferiam habitar as encostas, onde a altitude²³ em combinação com a disponibilidade hídrica dos mananciais²⁴, traziam vantagens sociais e econômicas em maior proporção do que uma ocupação em planície²⁵. A pouca pastagem é um indicativo de que havia pouco gado e que o esterco era insuficiente para aumentar a produtividade através da adubação, o que gerava um problema, uma vez que o solo desta área, oriundo de material metamórfico e migmático, não era propício à lavoura. Desse modo, tornavam-se necessárias novas áreas de cultivo quando parte da terra era deixada para recompor a vegetação até o estágio de capoeira, juntamente com a sua fertilidade, implicando em novos desflorestamentos para suprir a falta de inovações tecnológicas do campo. Era também necessária para a extração da madeira para subsistência na forma de lenha ou para atender as serrarias que localizavam-se próximas, como para a fabricação de móveis, materiais de construção, dentre outros tipos de beneficiamento.

Já o baixo curso da BHB, constituído pela planície litorânea

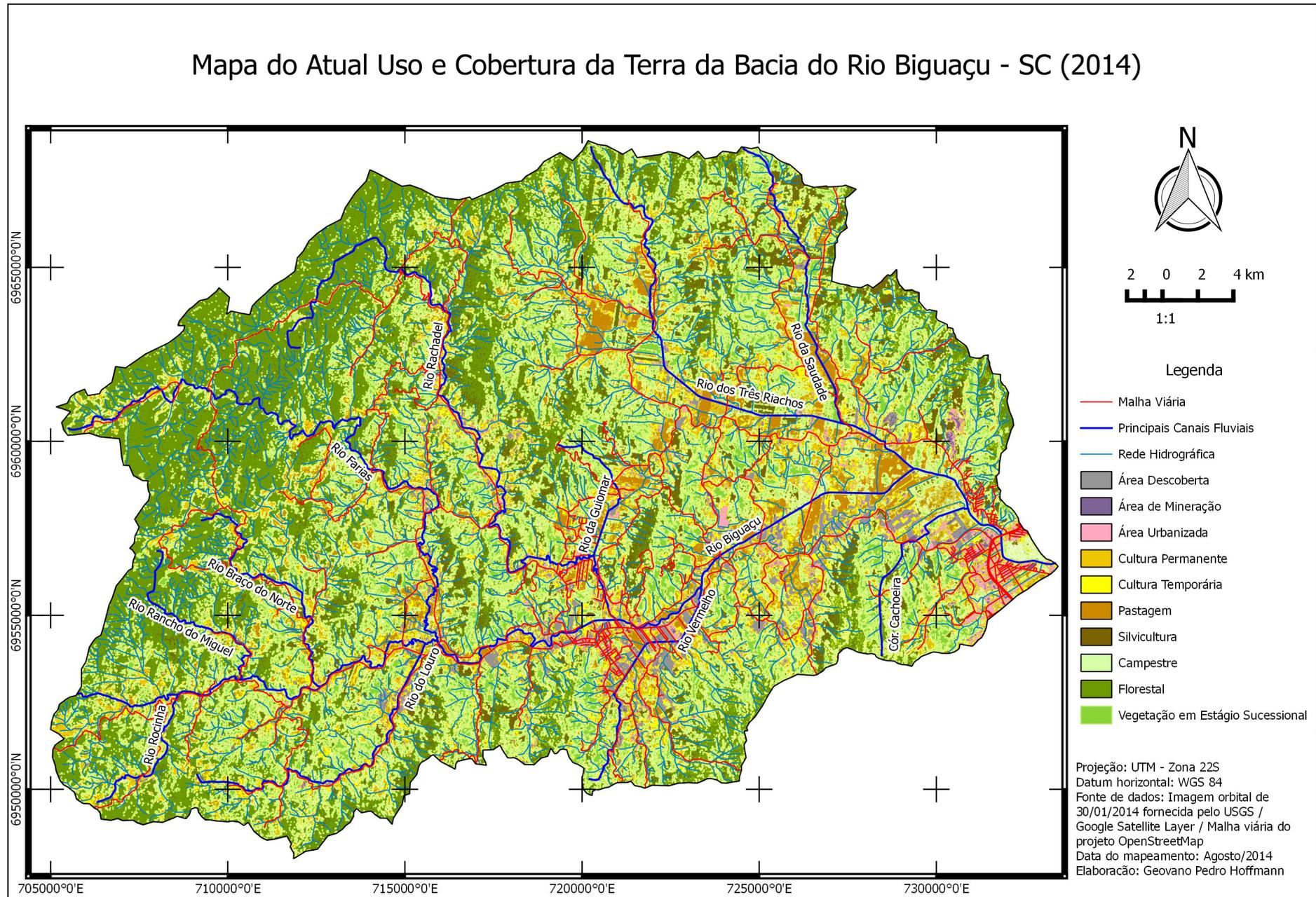
-
- 22 Prates e Corrêa (1989) observaram que nas encostas predominava o cultivo de aipim e de outros produtos que exigem poucos cuidados e que se adaptam as condições íngremes de terreno, tais como a cana-de-açúcar, o café, o milho e a banana.
 - 23 Nas altitudes entre 400 e 500 metros, em razão da circulação do ar e da inversão térmica, as geadas são menos frequentes e de menor intensidade em relação à planície aluvial, o que permite condições climáticas amenas e o cultivo nestes níveis topográficos (WAIBEL, 1949).
 - 24 A escolha dos locais a montante para a colonização deve-se também aos inúmeros cursos d'água da BHB que pudessem prover energia hidráulica para a movimentação dos engenhos, inseridos dentro da pequena indústria agrícola de transformação na costa catarinense (REITZ, 1991)
 - 25 As áreas de planície geralmente eram pantanosas e as enchentes anteriores à retificação dos rios eram de longos períodos, chegando a durar dias (MEURER, 2008).

resultante da interação de sedimentos aluviais e marinhos que geraram solos saturados, a atividade que prevalecia era a pecuária em inúmeras áreas de pastagem²⁶, desde a foz do rio Biguaçu até a confluência com o rio Braço do Norte e nas terras adjacentes ao longo dos seus afluentes, como as que foram formadas pelos rios Três Riachos e da Saudade, da Guiomar e Rachadel, Farias e Vermelho. Em virtude dos terrenos úmidos, as pouquíssimas áreas de cultivos, campestres e com vegetação em estágio sucessional estavam limitadas às pequenas elevações. A maior área urbanizada da BHB era o centro da cidade de Biguaçu, sendo as outras pequenas aglomerações distribuídas ao longo do vale.

Em 2014 (figura 23), verifica-se que no alto curso aumentou a dimensão das áreas florestais expressivamente em função do término da extração de madeira nativa, fazendo com que a vegetação sucessional observada em 1982 se desenvolvesse, adquirindo maior porte e idade em torno de 30 anos (figura 24). Contribuiu também para tal a criação da RPPN Caraguatá no ano de 1990, onde estão as nascentes dos rios Farias e Rachadel que tiveram a vegetação ripária recuperada.

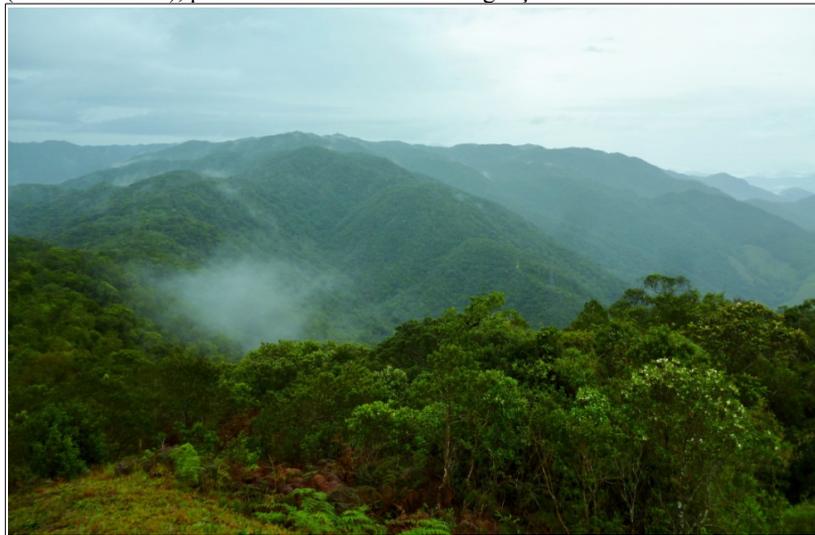
26 Como a planície tinha a desvantagem de estar habitualmente alagada, a pastagem era a maneira pela qual os colonos a aproveitavam economicamente (MEURER, 2008).

Figura 23. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Biguaçu – SC em 2014.



Fonte: O autor.

Figura 24. Área florestal no alto curso da BHB, com destaque para a vegetação de maior porte ao fundo, na Serra das Congonhas, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos), próximo à nascente do rio Biguaçu.



Fonte: O autor (setembro/2014).

As diversas lavouras de cultivo nas áreas de drenagem entre os rios Rocinha e Rancho do Miguel foram reduzidas a poucos estabelecimentos que deram lugar ao avanço florestal e à vegetação em estágio sucessional associada às áreas campestres. Porém, estas duas áreas de cabeceira ainda permanecem como as mais degradadas do alto curso da BHB, onde há também a atividade de silvicultura com espécies exóticas do gênero *Pinus* e *Eucalyptu* (figura 25).

Figura 25. Área de pastagem com vegetação campestre e em estágio sucessional, cultivos e silvicultura no alto curso da BHB, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos),



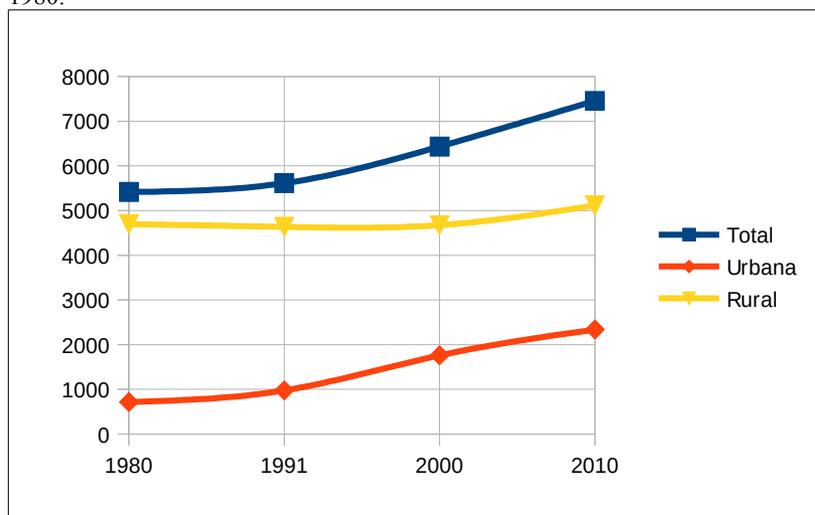
Fonte: O autor (setembro/2014).

Esta redução de áreas de cultivo ocorreu principalmente no médio curso da BHB e está vinculado à duas causas fundamentais de âmbito nacional. A primeira delas é atribuída ao êxodo rural²⁷ que ocorre desde a segunda metade do século passado. De fato, na figura 26 é possível identificar que população rural de Antônio Carlos se mantém estabilizada de 1980 até o ano 2000, quando então passa a ter o seu crescimento registrado no ano de 2010, resultado de políticas para manter o agricultor e a sua família no campo. A população urbana

27 Os principais fatores de repulsão que implicaram para que a população jovem fosse deixando o campo foram: a excessiva divisão das propriedades por sucessão hereditária, que reduziam o tamanho e a produção agrícola; o manejo inadequado do solo, diminuindo a rentabilidade; bem como a descapitalização do agricultor e a dificuldade de acesso ao crédito bancário (PRATES e CORRÊA, 1989).

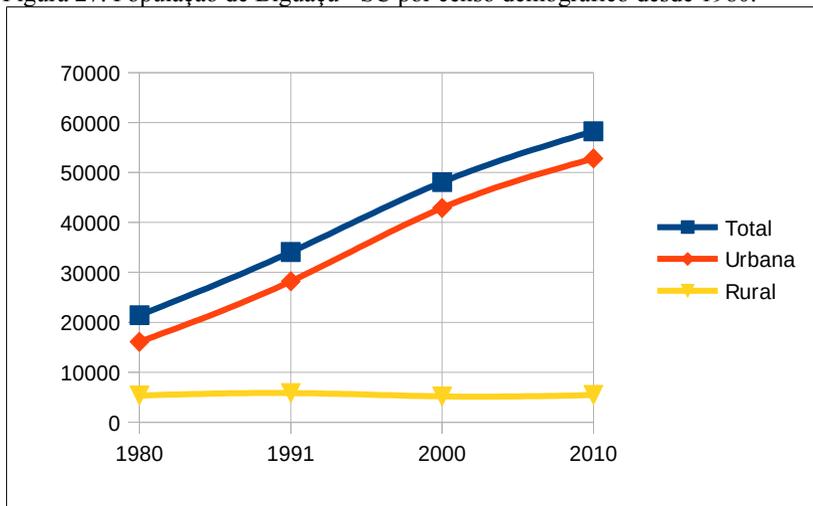
apresentou crescimento desde a década de 1980 e também incorporou parte da população rural durante o período nas pequenas e médias indústrias, tal como a unidade da Vonpar Refrigerantes, instalada em 1988, e no setor de serviços. Algo semelhante ocorreu em Biguaçu (figura 27), porém nota-se que a população rural vem decaindo desde a década de 1980 até 2010, enquanto que a população urbana vem crescendo vertiginosamente, em função da conurbação criada e dos incentivos ao setor industrial e de serviços.

Figura 26. População de Antônio Carlos - SC por censo demográfico desde 1980.



Fonte: BRASIL (2014b).

Figura 27. População de Biguaçu - SC por censo demográfico desde 1980.



Fonte: BRASIL (2014b).

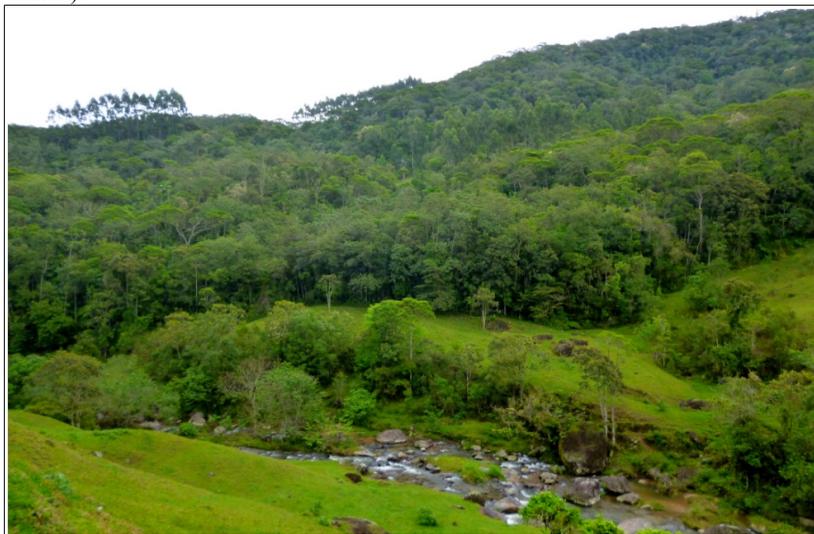
A outra causa fundamental para a diminuição das áreas de cultivo é a extensão rural²⁸, na transição da década de 70 para 80. Através dela, os agricultores recebiam estímulos como sementes, fertilizantes e crédito para a compra de máquinas agrícolas e outras inovações, para que a sua produtividade e rentabilidade aumentassem, e, ao mesmo tempo, suprissem o consumo urbano por meio do uso intensivo da terra, ou seja, aproveitando as pequenas áreas de cultivo.

Muito mais do que no alto, no médio curso a área da vegetação em estágio sucessional atualmente predomina sobre as áreas de cultivo,

28 Como o fenômeno da urbanização demanda uma grande quantidade de gêneros alimentícios pela população urbana, o governo federal através dos ditos “Programas Estratégicos” atuou para modernizar a agricultura tradicional com a utilização de insumos, linhas de crédito, além do aumento do poder de compra. Em Santa Catarina, foi criada a ACARESC, que agiu na BHB para reformular através do diálogo e da assistência rural a atividade nas lavouras, articulada ao abastecimento urbano da Grande Florianópolis (PRATES e CORRÊA, 1989).

geralmente com culturas permanentes. A silvicultura substituiu as áreas de capoeira e cultivo de 1982, fornecendo matéria-prima para as pequenas indústrias de transformação, as serrarias. É uma atividade explorada em larga escala e muito frequente nas vertentes onde nascem a maior parte dos cursos d'água da BHB.

Figura 28. Área florestal do médio curso da BHB com presença de monocultivos florestais em torno do rio Biguaçu, localidade de Egito (Antônio Carlos).



Fonte: O autor (setembro/2014).

O baixo curso demonstra uma diversificação no uso da terra quando comparado com o ano de 1982 e com as outras seções da BHB já discutidas. A atividade de cultivo, antes situada no médio curso, foi transferida para o baixo, onde é possível o uso intensivo dos solos com as novas técnicas de cultivo, incluindo irrigação, estufas, fertilizantes orgânicos e químicos, dentre outros, resultantes da extensão rural. Os principais cultivos temporários são as horticulturas²⁹, que se estendem

29 De acordo com Leite (2013), desde 1970 os agricultores de Antônio

nas imediações do centro de Antônio Carlos e ao longo dos rios da Guiomar (figura 29), Rachadel, Farias, do Louro e Vermelho, e o arroz, ao longo do rio dos Três Riachos (figura 30) e da Saudade.

Figura 29. Cultivo de hortaliças com pastagem no entorno, no baixo curso da BHB, localidade de Guiomar (Antônio Carlos).



Fonte: O autor (setembro/2014).

Carlos cultivavam hortaliças para a sua subsistência, mas foi com a aquisição das terras de várzea que expandiram a produção e variedade, tornando-o um dos maiores produtores de hortaliças do Estado.

Figura 30. Cultivo de arroz na localidade de Três Riachos (Biguaçu), onde constam inúmeros canais retinizados.



Fonte: Arthur Schmidt Nanni (setembro/2014).

Desde o rio Vermelho até a confluência do rio Biguaçu com o dos Três Riachos, é praticado o plantio de grama para jardinagem (figura 31), tendo sido introduzido recentemente no vale do rio do Louro.

Figura 31. Cultivo de grama sobre material oriundo de saibreiras, localidade de Santa Catarina (Biguaçu).



Fonte: O autor (setembro/2014)

Ressalta-se que o uso destes solos só foi possível com as obras de retificação que drenaram as áreas pantanosas (figura 32), o que promoveu a modificação do uso de pastagem, não só para lavouras, mas também para a ocupação urbana na planície de inundação, com a consequente valorização imobiliária³⁰. Nestas áreas são encontrados facilmente aterros nas proximidades das saibreiras e que são utilizados inclusive para o cultivo de grama (figura 31), sendo representados na figura 23 como áreas descobertas.

30 Conforme Meurer (2008, p. 51), “nos terrenos planos só puderam ser construídos imóveis após o serviço de dragagem e retificação do leito do rio Biguaçu”, sendo que após as obras, “houve uma grande valorização dos terrenos planos na sede de Antônio Carlos, os quais, até então, achavam-se frequentemente inundados”.

Figura 32. Trecho retelinizado do rio do Louro com área de cultivo de hortaliças e pastagem no entorno, sem a vegetação ciliar, favorecendo os processos erosivos e contribuindo para o assoreamento dos canais fluviais, localidade do Louro (Antônio Carlos),



Fonte: O autor (setembro/2014).

As áreas de mineração são poucas e a maior está localizada na serra de São Miguel, nas proximidades da confluência do rio dos Três Riachos com o principal, havendo a exploração de rocha granítica. No que diz respeito às áreas de pastagem, restaram médias propriedades (figura 33) que detêm a concentração de terras, tradição dos luso-açorianos que a colonizaram, principalmente no município de Biguaçu, em torno da confluência do rio dos Três Riachos com o principal, ao longo do afluente citado, além do entorno do rio da Saudade e da Guiomar. Encontram-se poucas terras com vegetação em estágio sucessional e com florestas. A silvicultura é também recorrente.

Figura 33. Área de pastagem na localidade de Três Riachos (Biguaçu).



Fonte: O autor (setembro/2014).

Levando em consideração as modificações dos usos da terra que predominavam nas últimas três décadas na área de estudo e que, além disso, ocorre a expansão da área de aglomeração urbana da Grande Florianópolis em direção ao interior do vale, podem ser traçadas tendências, de médio a longo prazo para cada seção da BHB, caso sejam seguidas as atuais políticas de ocupação territorial com valorização imobiliária das áreas do baixo curso. O quadro 4 representa a síntese desta dinâmica de modificação, com a ordem de predomínio de usos da terra para cada período em análise e a respectiva tendência para cada seção da bacia hidrográfica.

Quadro 4. Síntese da dinâmica de modificação do uso e cobertura da terra na BHB conforme a ordem de abrangência em cada seção.

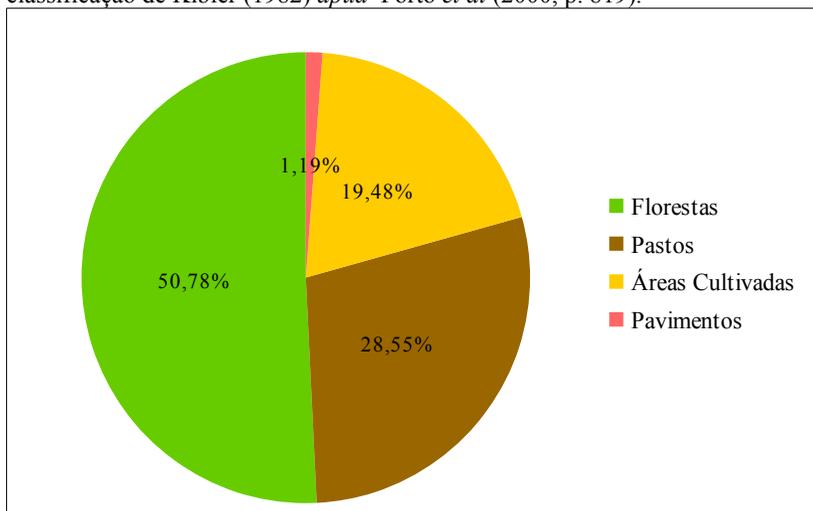
Seção da BHB \ Período	1982	2014	Tendência
Baixo curso	Pastagem, campestre, vegetação em estágio sucessional, área urbanizada	Cultivo temporário e permanente, pastagem, áreas descobertas, áreas urbanizadas, campestre	Áreas urbanizadas e áreas descobertas
Médio curso	Cultivo temporário, vegetação em estágio sucessional, campestre, florestal	Vegetação em estágio sucessional, silvicultura, florestal, culturas permanentes, campestre	Cultivo temporário e permanente, silvicultura, áreas descobertas, pastagem, florestal
Alto curso	Vegetação em estágio sucessional, cultivo temporário, florestal	Florestal, vegetação em estágio sucessional, cultivo temporário e permanente, silvicultura	Florestal, silvicultura, cultivo temporário e permanente

Fonte: O autor.

5.2.2. Efeitos da modificação do uso e cobertura da terra sobre o escoamento superficial

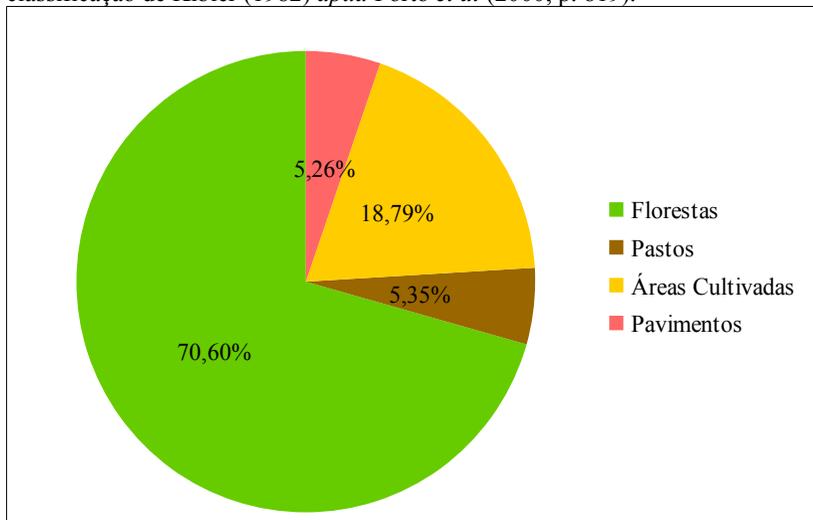
A partir das duas produções cartográficas para os diferentes usos da terra de 1982 e 2014, foram criados os respectivos gráficos de porcentagem que cada classe de uso da terra representa em relação à área total da BHB. No comparativo entre as figuras 34 e 35, é possível notar que as áreas de uso e cobertura da terra sofreram transformações ao longo das últimas três décadas. Estas mudanças provocaram impactos significativos a ponto de alterar a dinâmica de funcionamento da BHB.

Figura 34. Distribuição do uso e cobertura da terra na BHB em 1982 conforme classificação de Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819).



Fonte: O autor.

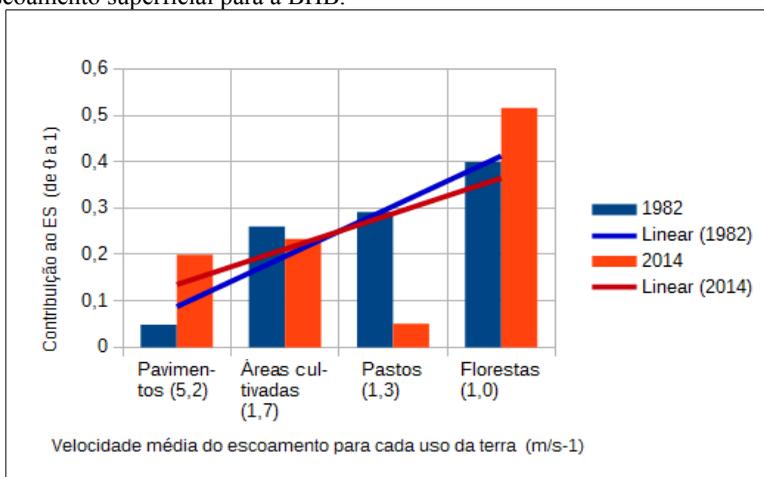
Figura 35. Distribuição do uso e cobertura da terra na BHB em 2014 conforme classificação de Kibler (1982) *apud* Porto *et al* (2000, p. 819).



Fonte: O autor.

Tomando como referência as figuras 34 e 35, e a tabela 3, observa-se que as áreas com florestas ocupavam, em 1982, 50,78% (197,920 km²), pouco mais da metade da área territorial da bacia hidrográfica sendo que em 2014 tiveram uma notável recuperação para 70,60% (274,207 km²) da superfície, devido à substituição das áreas anteriormente de uso com cultivos temporários nas elevações. No contexto do ciclo hidrológico, as florestas desempenham o papel de interceptação vegetal, corroborando para reter a precipitação e infiltrá-la, abastecendo o escoamento subterrâneo e subsuperficial. Também são responsáveis pela evapotranspiração, mantendo o balanço hídrico em equilíbrio e a manutenção do nível mínimo de vazão dos cursos fluviais. A figura 36 demonstra que a contribuição desta classe de uso da terra ao escoamento na bacia hidrográfica teve um incremento de 23,52%, passando de 0,39 para 0,51 numa escala que varia de 0 a 1. A elevada contribuição frente aos demais usos se dá em virtude da maior área de cobertura da bacia hidrográfica, porém, com menor velocidade média de escoamento, de 1 m/s⁻¹. A sua distribuição ocorre principalmente no alto e médio curso da BHB, onde encontram-se os rios de primeira ordem (figura 37).

Figura 36. Contribuição de cada uso da terra em função da velocidade média de escoamento superficial para a BHB.



Fonte: O autor.

Figura 37. Área florestal, com vegetação em estágio sucessional e também de maior porte no alto curso da BHB, onde nasce o rio Biguaçu, localidade de Alto Egito (Antônio Carlos).



Fonte: Arthur Schmidt Nanni (setembro/2014).

A cobertura com pastos era de 28,55% (111,303 km²) em 1982 e diminuiu para 5,35% (20,789 km²) na BHB em razão da substituição por cultivos e pavimentos associada à drenagem da planície. Estão incluídas as áreas com plantio de grama, que possuem características estruturais semelhante a vegetação de pastagem. Neste tipo de cobertura da terra, a vegetação é de pequeno porte, prevalecendo a constituição de gramíneas, cujo sistema radicular e foliar são pouco atuantes na infiltração e evapotranspiração, respectivamente. Há também influência para o aumento da vazão média pelo pisoteio do gado, o que reduz superficialmente a porosidade dos solos. Como resposta à bacia hidrográfica pela limitação de sua capacidade em reter a água ou liberá-la na forma de vapor, favorece a velocidade de escoamento superficial em 1,3 m/s⁻¹, conforme a figura 36, e a contribuição dos pastos para o escoamento superficial foi reduzida em 82,75% nas últimas três

décadas, ao passar de 0,29 para 0,05, na escala que varia de 0 a 1.

Figura 38. Área de pastagem com presença do gado, o qual favorece o escoamento superficial, localidade de Rio Farias (Antônio Carlos).



Fonte: O autor (setembro/2014).

Em relação às áreas cultivadas, em 1982 representavam 19,48% (75,941 km²) da região, enquanto que em 2014 o valor foi reduzido para 18,79% (72,965 km²). A maior parte encontra-se no baixo e médio curso da BHB, constituídas por culturas temporárias e permanentes. No caso das culturas temporárias há o constante revolvimento dos horizontes mais superficiais do solo, impedindo a ação da infiltração e do estabelecimento de plantas que a favoreceriam. Já as culturas permanentes (figura 39), em algumas pequenas áreas, a exemplo da bananeira, possuem porte médio e influenciam o escoamento quando em seu estágio inicial, sendo semelhantes os cuidados de uma cultura temporária, e em seu estágio final, quando tem-se o corte, cessando a evapotranspiração. As duas classes juntas fazem com que a velocidade média do escoamento superficial seja de 1,7 m/s⁻¹. Na figura 36 nota-se que as áreas de cultivo diminuíram em 11,53% a sua contribuição ao

escoamento superficial, que passou de 0,26 a 0,23, na escala que varia de 0 a 1.

Figura 39. Cultivo de bananeiras na localidade de Guiomar (Antônio Carlos).



Fonte: O autor (setembro/2014).

Por fim, os pavimentos, que incluem as áreas urbanizadas e as descobertas, em 1982 ocupavam 1,19% (4,630 km²) da área territorial da BHB e, em 2014, passaram a ocupar 5,26% (20,412 km²), resultado da urbanização que vem ocorrendo. Estão concentrados no baixo curso representados pelas cidades de Antônio Carlos (figura 17) e Biguaçu (figura 16). Os pavimentos são considerados impermeáveis, visto que o material preponderante que constitui a área urbanizada é basicamente o concreto, enquanto que as áreas descobertas, compreendendo as saibreiras e os aterros, não apresentam vegetação para promover a evapotranspiração, bem como porosidade para a infiltração, colaborando para o assoreamento e a degradação dos recursos hídricos na região (figura 40). A velocidade média do escoamento para este tipo de cobertura é de 5,2 m/s⁻¹, a mais elevada entre os tipos de cobertura da

terra. De acordo com a figura 36, a contribuição deste escoamento superficial na BHB aumentou 375%, passando de 0,04 para 0,19, na escala que varia de 0 a 1.

Figura 40. Centro da cidade de Antônio Carlos onde observa-se a água acumulada sobre os aterros após um evento de precipitação.



Fonte: O autor (setembro/2014).

A linha de tendência para a contribuição ao escoamento superficial das diferentes coberturas da terra (figura 36), no ano de 1982 indicava que havia o predomínio das baixas velocidades de escoamento, proporcionadas pelas florestas e pelos pastos. Em relação ao ano de 2014, a linha de tendência demonstra que a influência sobre o escoamento superficial das baixas velocidades vem diminuindo a sua participação, e inversamente vem crescendo o predomínio das altas velocidades, especialmente dos pavimentos, mesmo com a ampliação das áreas de florestas nas últimas três décadas. O motivo para tal é que na bacia hidrográfica houve a redução das áreas de cultivo e de pastos, dando lugar a substituição por pavimentos, os quais apresentam velocidade de escoamento até cinco vezes maior em comparação. Nesta

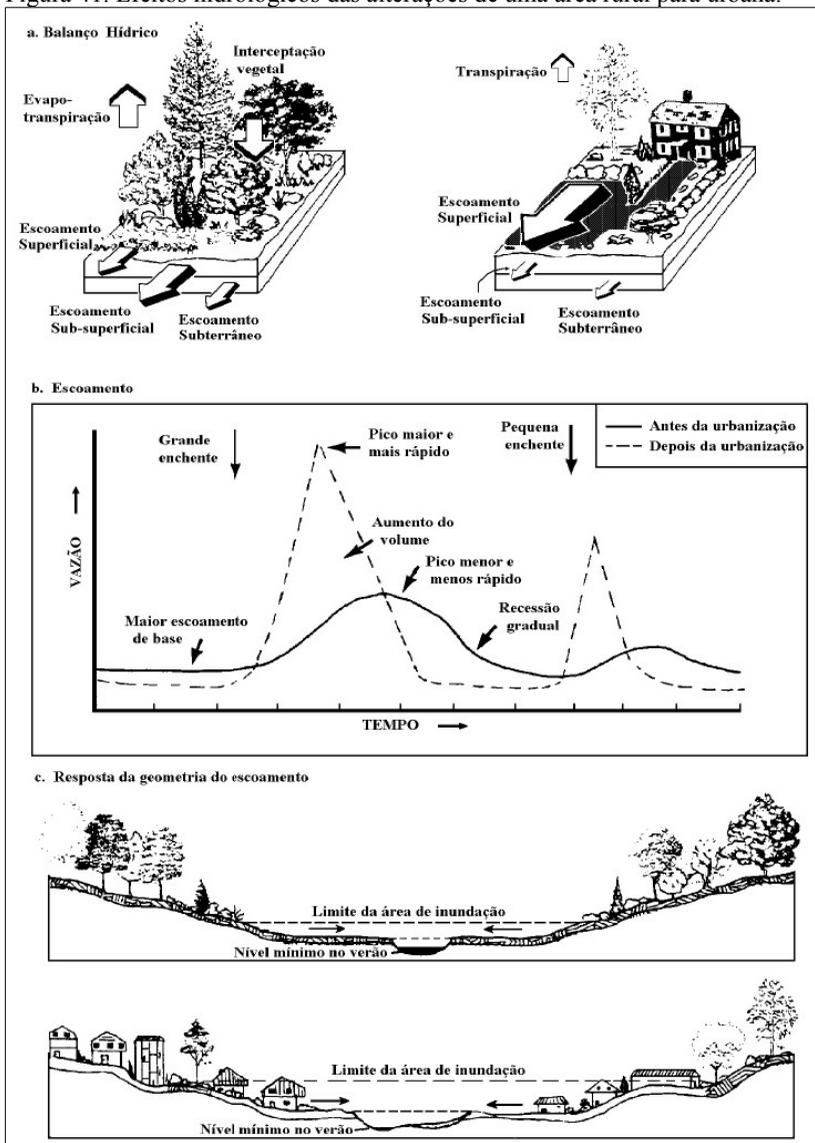
perspectiva, o processo de urbanização do baixo curso, apesar de incipiente se comparado à área conurbada da mesorregião da Grande Florianópolis, associado às condições ambientais específicas da BHB, é um componente potencializador da variação irregular do volume das águas, visto que, com as previsões para uma nova modificação de uso da terra (quadro 4), são grandes as chances para a sua intensificação.

De maneira geral, os efeitos sobre os sistemas hídricos da BHB pela alteração do uso da terra estão sintetizados na figura 41. Nela, tem-se que antes da urbanização, um solo com vegetação de médio e alto porte mantém o equilíbrio do balanço hídrico, com parte da precipitação efetiva transformada em vapor e liberada novamente para a atmosfera através da evapotranspiração. A outra parte é distribuída entre os escoamentos subterrâneo, subsuperficial e superficial, sendo um pouco mais expressivo neste último. O resultado é que há picos de cheias de escoamento mais lento, porém, de pequena magnitude, afetando uma área menor da planície de inundação e mantendo um nível mínimo de vazão média, com razoável volume que ainda possibilita o uso das águas na bacia hidrográfica.

Ainda na figura 41, observa-se que após a urbanização, com efeitos já durante o processo, a maior parte da chuva efetiva transforma-se em escoamento superficial concentrado. A pequena parte é distribuída para a conversão em vapor d'água e transpiração da vegetação ainda existente, sendo ainda menor a distribuição para os escoamentos subterrâneo e subsuperficial devido à baixa infiltração. Associada às obras de retificação, com o alargamento e aprofundamento da calha fluvial, a consequência vem na forma do aumento abrupto do volume das águas, com maiores picos de cheias e mais rápidos, num pequeno período de concentração e de retardo, o que amplia a área da planície de inundação e torna as enchentes mais intensas. Em seguida, ocorre uma enchente de menor proporção provocada pela contribuição do escoamento superficial das outras áreas da bacia hidrográfica. Passada a inundação, vem o período onde há a redução da vazão média e do nível mínimo do escoamento de base, que no caso específico da BHB ocorre no inverno, quando a precipitação é menos frequente. É nesta última situação que se encontra atualmente a BHB e vai de acordo com a

realidade representada na figura 4.

Figura 41. Efeitos hidrológicos das alterações de uma área rural para urbana.



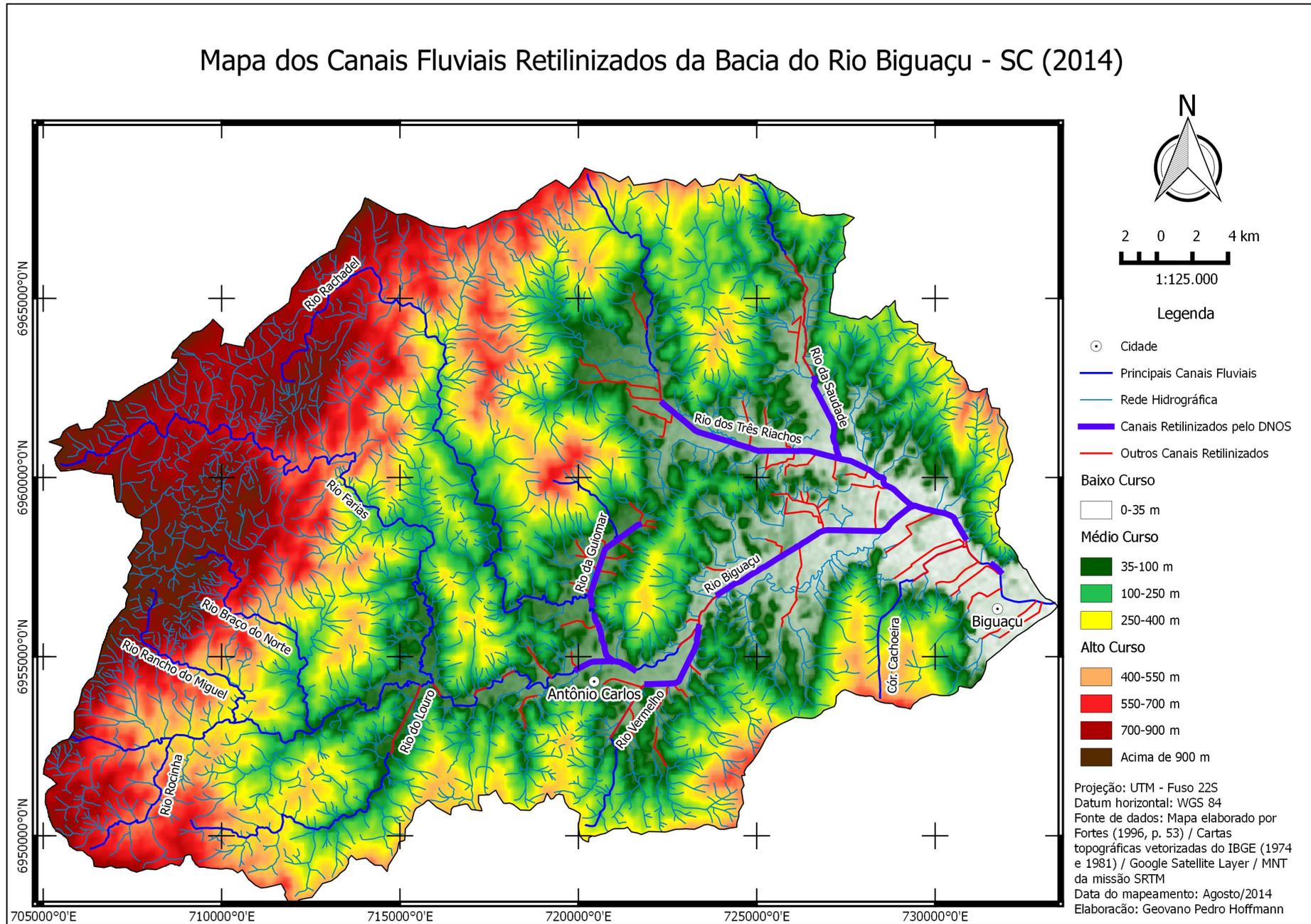
Tucci (2002, p. 48)

Em combinação com os tipos de cobertura da terra, as obras de retificação, importantes como fator para a modificação do uso da terra também afetaram significativamente o escoamento das águas no sistema hídrico em questão. Desde o início da segunda metade do século XX foram realizadas na BHB inúmeras obras relativas a projetos de canalização que visaram a reconfiguração da rede de drenagem das áreas úmidas do baixo curso. A maior parte das obras concentrou os esforços ao longo dos principais cursos fluviais da área de estudo (figura 42), os quais em épocas de frequente precipitação transbordavam e alagavam a planície durante dias. Compreendido como um empecilho ao avanço da agricultura e da expansão urbana, e inserido no contexto das políticas nacionais desenvolvimentistas³¹, teve a intervenção governamental por meio do DNOS³².

31 De acordo com Assumpção e Marçal (2012), o DNOS foi muito atuante no Estado do Rio de Janeiro, onde inúmeros cursos fluviais de planície foram submetidos à transformações entre as décadas de 1940 e 1980. Com o alargamento e a concretização, as obras no Estado buscavam “limpar ou enxugar” as planícies de inundação, evitar a proliferação da malária na época, controlar as enchentes e aumentar a áreas de terras secas para a prática da atividade agropecuária.

32 Segundo Fortes (1996), os canais sinuosos dos rios que drenam o baixo vale foram profundamente alterados pelas obras de engenharia hidráulica realizadas pelo extinto DNOS. Entre 1966 e 1970, o rio Biguaçu foi retificado numa extensão de cerca de 10,7 km em três trechos, indo desde ao norte da cidade de Antônio Carlos até a altura da cidade de Biguaçu. Considera-se que as obras do trecho de 500 metros ao norte da cidade de Biguaçu foram as primeiras a terem início, visto que já constavam o seu registro em fotografias aéreas do ano de 1957 (figura 47, em anexo). Também houve a retificação dos afluentes do rio principal, dentre eles, os rios da Saudade, em 2,25 km; dos Três Riachos, em 7,5 km; Rachadel, no ano de 1969, em 1,25 km; da Guiomar, entre 1973 e 1977, em 2,5 km; e do Ribeirão Vermelho, em 2,75 km.

Figura 42. Mapa dos canais fluviais retelinizados da BHB (2014).



Fonte: O autor.

Entre a foz do rio Vermelho e a foz do rio dos Três Riachos, ainda é possível observar o antigo leito sinuoso (vide figura 47), de pouca profundidade e largura do rio Biguaçu, transformado em um tributário, próximo ao trecho construído e retificado (figura 43). Conforme Fortes (1996) mesmo com tais ações, grandes inundações ainda foram registradas na BHB. Não surtindo o efeito esperado, houve a obstrução da foz do rio Biguaçu, retardando o fluxo das águas com o material em excesso no leito, acarretando o aumento de inundações.

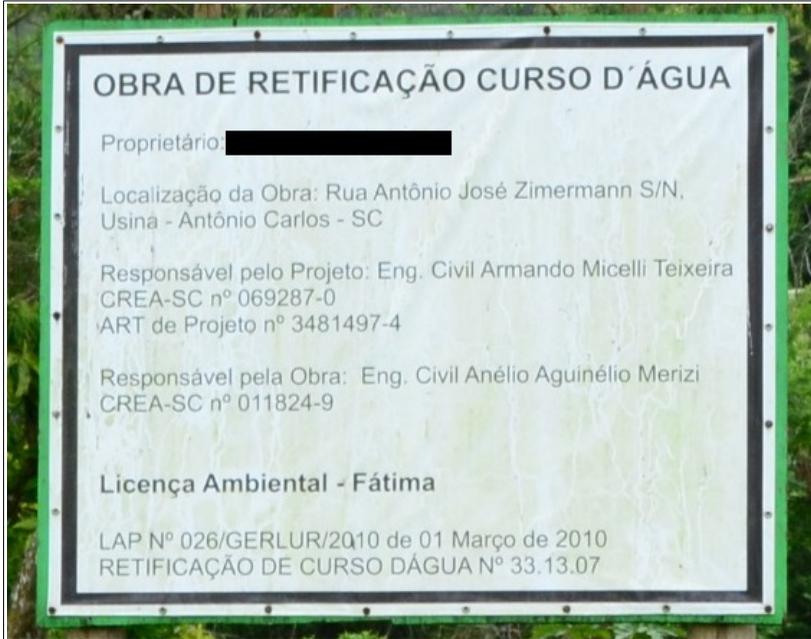
Figura 43. Trecho retificado do rio Biguaçu no seu baixo curso, localidade de Alto Biguaçu (Biguaçu).



Fonte: O autor (setembro/2014).

Observa-se na figura 42 que boa parte dos cursos d'água de planície, de menor extensão, como o da figura 32, que alimentam os principais cursos fluviais também foram retificados. As obras recentes (figura 44) se concretizaram ou pela ação do Estado na esfera municipal ou por iniciativa própria de particulares que estão vinculadas à modificações do uso da terra no baixo curso nas últimas décadas, discutido anteriormente.

Figura 44. Placa de registro de licenciamento ambiental referente a uma obra de retificação de curso fluvial do ano 2010, localidade de Usina (Antônio Carlos).



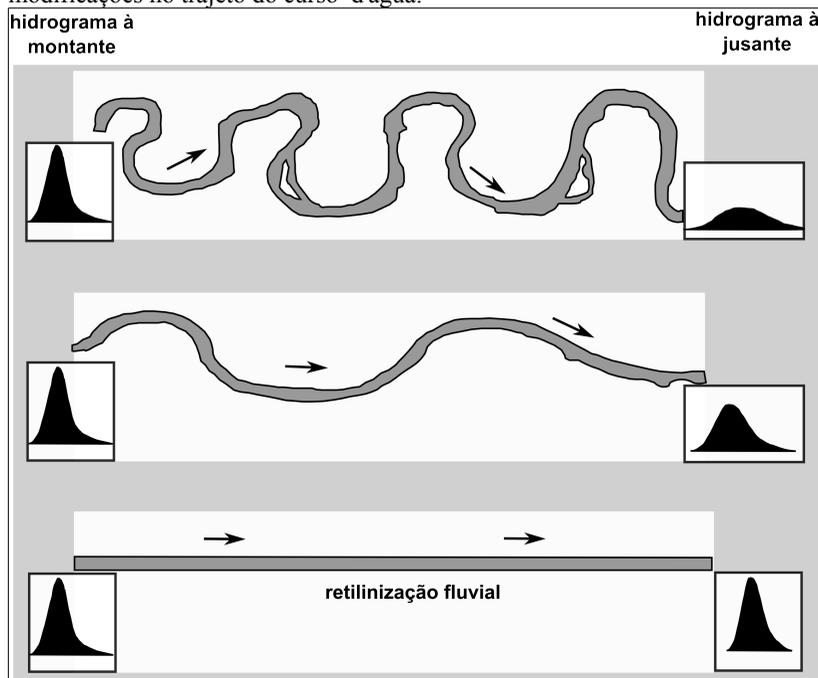
Fonte: Arthur Schmidt Nanni (setembro/2014).

As obras de retificação afetam de maneira direta a dinâmica hidrológica da BHB. Na figura 45 é notável que a retificação provoca o escoamento mais rápido do fluxo de águas na bacia hidrográfica, contudo ocorre simultaneamente o acúmulo das águas e a sua concentração em um pequeno período de tempo nos cursos d'água, especialmente à jusante, promovendo cheias de curtos períodos, porém, mais severas e com maiores danos³³. Tal fato se reflete no hidrograma

33 O princípio de escoar a água com maior velocidade foi abandonado pelos países desenvolvidos no início da década de 1970, pois leva ao aumento das inundações à jusante e a um custo econômico muito maior para a manutenção da capacidade da calha fluvial do que para a sua elaboração, bem como prejuízos sociais que são mais propensos a se ampliar (TUCCI, 2003). Conforme Blinder (1998), a nova abordagem é a recuperação dos

pronunciado à jusante para as épocas de enchente o que trazem problemas principalmente onde está situada a cidade de Biguaçu. Quando não há precipitação, o rápido escoamento promove a redução do nível mínimo das águas e o rebaixamento do lençol freático.

Figura 45. Diferenças no amortecimento do hidrograma de enchentes devido à modificações no trajeto do curso d'água.



Fonte: Modificado a partir de Rio de Janeiro (Estado) (2001) *apud* Brocaneli e Stuermer (2008, p. 153)

rios e córregos, orientada pela evolução natural dos rios, de modo que estejam ligados aos planos de recursos hídricos e políticas territoriais para preservar as áreas de inundação e regenerar a biota natural. A prática, denominada de renaturalização, já é aplicada em alguns países da Europa, tal como na Alemanha.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação irregular do volume das águas frente ao uso da terra representa uma série de consequências à BHB. Através dela é reforçada a ocorrência de maiores e mais frequentes prejuízos sociais e econômicos e demonstra o descaso com os elementos ambientais, especialmente com os recursos hídricos. As inundações trazem prejuízos que ocorrem na forma de perdas materiais e risco às vidas, bem como perdas de produção nas atividades agropastoris e de indústria, haja vista que estão instalados na área de planície que é naturalmente o espaço pertencente aos rios. A redução das vazões mínimas leva a problemas vinculados à irrigação, à qualidade das águas (já que depende da autodepuração³⁴ nos cursos fluviais), aos poços de água para abastecimento domiciliar, à biota presente que depende dela para sobreviver, dentre outros.

A modificação no uso da terra na BHB nos últimos 32 anos demonstra que vem ocorrendo o aumento da área dos usos da terra com velocidades altas e a redução dos usos da terra com baixas velocidades de escoamento superficial, resultado de um processo histórico que iniciou com a colonização da região e segue insistentemente como o paradigma de boas práticas de gestão territorial até os dias atuais. Mesmo com o aumento da precipitação desde a década de 1980 na área de estudo, a percepção da população residente demonstra que não houve a retenção hídrica na bacia hidrográfica. Isso leva a crer que há a concentração do escoamento no tempo, com aumento das vazões em curtos períodos e a redução das mesmas durante longos períodos. Os condicionantes que promovem esta situação são socionaturais, indicando-se a ampliação das áreas de pavimentos, que impedem a infiltração e favorecem o escoamento superficial; os trechos fluviais retelinizados, que fazem com que as águas escoem o mais rapidamente possível pela calha fluvial da bacia hidrográfica; e a restrição da área florestal apenas no médio e alto curso da BHB, que promove o suprimento dos principais mananciais de origem subsuperficial, porém, no baixo curso continua sendo substituída por áreas de cultivos, pastagem e pavimentos, os quais intensificam o fluxo de águas em

34 Processo de recuperação natural da água contaminada.

superfície.

De fato, a contribuição dos usos da terra ao escoamento superficial na área de estudo aumentou em relação à década de 1980 e a tendência, a médio e longo prazo, é que se acentue devido ao fenômeno da urbanização. Atualmente estão em andamento a construção de grandes empreendimentos imobiliários, loteamentos, áreas industriais e o contorno viário da Grande Florianópolis, que em seu trecho Biguaçu-Palhoça, atravessará a BHB. Associados à expansão da aglomeração urbana na mesorregião, é possível inferir que este conjunto de fatores, no cenário futuro, promoverá a interiorização da mancha urbana no vale, principalmente sobre o baixo curso. Dessa maneira, as áreas de florestas poderão ser novamente substituídas por áreas de cultivo e de pastos no médio e alto curso, já que estes últimos darão lugar, logicamente através da valorização imobiliária, às áreas de pavimentos. Estas novas e mais complexas modificações de uso e cobertura da terra na BHB agravarão o problema do comportamento irregular do escoamento e refletirão em inundações cada vez mais rápidas e de maior impacto, uma vez que o crescimento demográfico da região estará maior sobre as áreas inundáveis da planície que foram drenadas, assim como redução ainda maior do nível mínimo das águas, levando a conflitos de uso.

Portanto, é de suma importância a implementação de um plano em nível de bacia hidrográfica que realize o planejamento e a orientação da ocupação territorial no baixo curso da BHB, onde estão concentrados atualmente os problemas relacionados à quantidade das águas. As atuais políticas públicas precisam ser revistas para que a expansão das áreas de pavimentos não superem a capacidade comportada pelas condições ambientais da bacia hidrográfica. Da mesma forma, é também relevante que haja o monitoramento e a recuperação do ambiente fluvial anterior às obras de retificação no intuito de amenizar os efeitos hidrológicos negativos e compensatórios que já ocorrem, permitindo que o próprio canal siga livremente à sua evolução morfológica meandrante, e que esteja integrada à primeira recomendação. Estas sugestões mitigadoras podem e devem ser aplicadas pelo comitê de bacia hidrográfica responsável, onde a gestão se faça com a participação da sociedade civil como um todo e possam ser discutidas o seu estabelecimento na prática.

Uma limitação para o propósito deste estudo foi a inexistência de registros contínuos do nível das águas do rio Biguaçu que servissem de incremento à pesquisa. A BHB é uma das únicas unidades hidrográficas de Santa Catarina que ainda não possui o equipamento para monitoramento do nível do rio, o fluviômetro, sendo que o próprio Estado a enquadrou em situação grave na classificação de enchentes. Em virtude das necessidades recorrentes para o monitoramento e para posteriores estudos sobre a região no que tange ao escoamento, aconselha-se a instalação de uma estação telemétrica, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas, que transmite dados pluviométricos e fluviográficos via satélite em tempo real.

Por fim, enquanto pesquisador, o trabalho pertinente à problemática na BHB em questão proporcionou a aplicação dos conhecimentos geográficos adquiridos ao longo da graduação em um recorte espacial, oportunizando a realização e a compreensão das múltiplas relações que ocorrem entre o homem e a natureza e vice-versa. Enquanto residente na BHB, o trabalho ofereceu um outro olhar acerca da percepção sobre o sistema hídrico da região com o conhecimento sobre os reais motivos da variação do volume das águas. Espera-se que esta pesquisa tenha um alcance de contribuir com a gestão ambiental e de recursos hídricos na região de estudo e que seja um incentivo para estudos em outras bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Região Hidrográfica Atlântico Sul**. Apresenta informações acerca da Região Hidrográfica do Atlântico Sul. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoSul.aspx>>. Acesso em: 26.fev.2014.

ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. dos S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé (RJ). In: **Revista de Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 3, p. 19-36, 2012.

BALBINOT, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. In: **Ambiência**. Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 131-149, jan./abr., 2008.

BLINDER, W. **Rios e córregos, preservar – conservar – renaturalizar, a recuperação de rios, possibilidades e limites da engenharia ambiental**. Cooperação técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ. Rio de Janeiro: SEMADS, 1998. 41 p.

BRASIL. **Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 11.fev.2014a.

BRASIL. Ministério das Cidades. Brasil em Cidades. **Sistema Nacional de Informações das Cidades**. Apresenta os dados da população por município brasileiro. Disponível em: <<http://www.brasilemcidades.gov.br>>. Acesso em: 26.set.2014b.

BROCANELI, P. F.; STUERMER, M. M. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. In: **Revista Exacta**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 147-156, jan./jun., 2008.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Escoamento superficial. In: **Apostila de Hidrologia**, ago./2006, p. 95-115. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/>>

HIDRO-Cap7-ES.pdf>. Acesso em: 24.jan.2014.

CHECCHIA, T. E. *et al.* Avaliação dos efeitos das modificações da cobertura da terra na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica de Pimenta Bueno, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2007, Cuiabá. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2007. p. 1-15.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. O hidrograma unitário. In: **Introduzindo Hidrologia**. Apostila IPH/UFRGS, 2008, p. 110-128. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/biblioteca/documentos-para-download/engenharia-florestal/425-materiais-de-hidrologia>>. Acesso em: 24.jan.2014.

CONCEIÇÃO, G. *et al.* Análise espacial do balanço hídrico no meio rural de Santa Catarina. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 89-100, out./dez., 2013.

COUTO, J. L. V. **Enchentes Urbanas**. Imagem das vazões máximas em vários tipos de cobertura da terra. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm>>. Acesso em: 07.abr.2014.

CUNHA, S. B. Rios desnaturalizados. In: Barbosa, J. L. (Org.). **Ordenamento Territorial e Ambiental**. 1. ed. Niterói: EDUFF, 2012, p. 171-191.

DAVIS, K. **Cidades: a urbanização da humanidade**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. 221p.

DELTAVILLE. **Simulação de projeto imobiliário para o local**. Imagem do projeto imobiliário da Deltaville para Biguaçu. Disponível em: <<http://cidadedeltaville.com.br/index.php>>. Acesso em: 14.abr.2014.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

FORTES, E. **A planície costeira da região de Biguaçu – SC:** abordagens dos aspectos ambientais da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu. 1996. 216 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, programa de pós-graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Florianópolis, 1996.

GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (GAPLAN). Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 176p.

HALL, M. M. Reformadores da classe média no império brasileiro: a sociedade central de imigração. In: **Revista de História**, São Paulo, v. 53, n. 105, p.145-171, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 332 p.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

KIBLER, D. F. **Urban Stormwater Hydrology**. Washington: American Geophysical Union, 1982.

LEITE, P. C. **O cinturão verde da Grande Florianópolis – SC:** estudo de caso do município de Antônio Carlos. 2013. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Curso de Graduação em Geografia. 2013.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. In: **Geografia**, Londrina, v. 14, n. 2, p.173-183, jul./dez. 2005.

LIMA, W. P. **A silvicultura e a água:** ciência, dogmas, desafios. Rio de Janeiro: Instituto Bioatlântica, 2010. 64 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; FILHO, H. de F. L. (Orgs.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p. 33-44.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M. da. Simulação do deflúvio e vazão de pico em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 410-419, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de (Orgs.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. UNB: Brasília, 2012. 276 p.

MEURER, W. **Antônio Carlos: sua terra e sua gente**. JOCHEM, T. (Coord.). Antônio Carlos: Edição do Autor, 2008. 624 p.

MICHAELIS **Moderno Dicionário Da Língua Portuguesa**. 5. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2009.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. In: **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan./jun., 2001.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/API_ECMoraes.pdf. Acesso em: 13.jan.2014.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 422 p.

NANNI, A.S. *et al.* **Quantum GIS – Guia do Usuário, Versão 1.7.4 'Wroclaw'**. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org>>. Acesso em: 18.jan.2014.

PORTO, R. *et al.* Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre. Ed. Universidade, 2000. 943 p.

PRATES, A. M. M.; CORRÊA, W. K. Produção e comercialização de hortaliças no município de Antônio Carlos – SC: alguns resultados preliminares. In: **Revista Geosul**, Florianópolis, v.2, n.4, p. 65-72, 1987.

_____. Extensão rural, estrutura agrária e uso da terra no município de Antônio Carlos – SC. In: **Revista Geosul**, Florianópolis, v.4, n.8, p. 30-47, 2º semestre, 1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ANTÔNIO CARLOS (PMAC). **Principais aspectos econômicos**. Informações sobre a economia do município de Antônio Carlos. Disponível em: <<http://www.antoniocarlos.sc.gov.br/conteudo/?item=22855&fa=11115>>. Acesso: 18.fev.2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIGUAÇU (PMB). **Dragagem e molhes do Rio Biguaçu têm novo projeto**. Imagem com vista aérea da área central do município de Biguaçu. Disponível em: <<http://www.bigua.sc.gov.br/dragagem-e-molhes-do-rio-biguaçu-tem-novo-projeto>>. Acesso em: 16.fev.2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – 2013**. Apresenta os dados da população por município. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/>>. Acesso em: 16.fev.2014.

RAITZ, C. S. **Análise do uso e ocupação do solo como suporte a preservação dos recursos hídricos**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina,

programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2012.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMPRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2006. 748p.

REITZ, R. **Alto Biguaçu**: narrativa cultural tetrarracial. Florianópolis: Ed. Lunardelli/Ed. da UFSC, 1988. 584p.

_____. **Santa Bárbara**: primeiro núcleo da colonização alemã em Santa Catarina. BESEN, J. A. (Org.). Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 78p.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume, 2008. 162p.

RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL DO CARAGUATÁ (RPPN CARAGUATÁ). **A fauna**. Apresenta informações sobre os animais identificados na reserva. Disponível em: <<http://www.caraguata.com.br/historico/a-fauna/>>. Acesso em: 26.fev.2014.

RODRIGUES, E. L. **Avaliação da produção de água (vazão), em função de alterações de uso do solo e da implantação de florestas de eucalipto em larga escala na bacia do Rio Pará – Alto São Francisco/MG**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, programa de pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2013.

SALEMI, L. F. *et al.* Consequências hidrológicas da mudança de uso da terra de floresta para pastagem na região da floresta tropical pluvial atlântica. In: **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 127-140, 2012.

SANTA CATARINA. Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis, 1997. 163 p.

_____. **A. Sistema de Informações sobre recursos hídricos do Estado de Santa Catarina**. Apresenta informações sobre os recursos hídricos de Santa Catarina. Disponível em:

<<http://www.aguas.sc.gov.br/>>. Acesso em: 26.fev.2014.

SCHMITZ, P. I. A ocupação pré-histórica do Estado de Santa Catarina. In: **Revista Tempos Acadêmicos**, Criciúma, nº11, p. 6-24, 2013.

SCOTT, A. S. V. *et al.* Casais de Ilhéus: a migração do Arquipélago dos Açores para o Rio Grande de São Pedro (décadas de 1740 a 1790). In: X CONGRESSO DA ASSOCIACIÓN DE DEMOGRAFIA HISTÓRICA, 2013, Espanha. **Anais...** Espanha: 2013, p. 1-27.

SETTI, A. A. *et al.* **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207p.

SILVA, Vicente Rocha. **Análise sócio-ambiental da Bacia do Rio Biguaçu – SC: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial**. Tese (Doutorado em Geografia). 2007. 209 f. Universidade de São Paulo, programa de pós-graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 2007.

SILVEIRA, V. C.; GONÇALVES, J. L. Cálculo do balanço hídrico e classificação climática segundo Thornthwaite para as três capitais da região sul do Braisl. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2011. **Anais...** 2011, p. 1-5.

SOARES, I. **História do município de Biguaçu**. Florianópolis: AAA-SC, 1988. 81 p.

SOUZA, E. K. **Alternativas econômicas para o desenvolvimento do município de Antônio Carlos: um diagnóstico das principais atividades de lazer**. 2004. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-econômico, Florianópolis, 2004.

TEIXEIRA, W *et al* (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 624 p.

_____. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

TUCCI, C. E. M; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, vol.2, n.1, p. 135-152, jan./jun. 1997.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. In: FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ANA, 2002. 150 p.

_____. Drenagem urbana. In: **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, out./dez., 2003.

_____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. 943p.

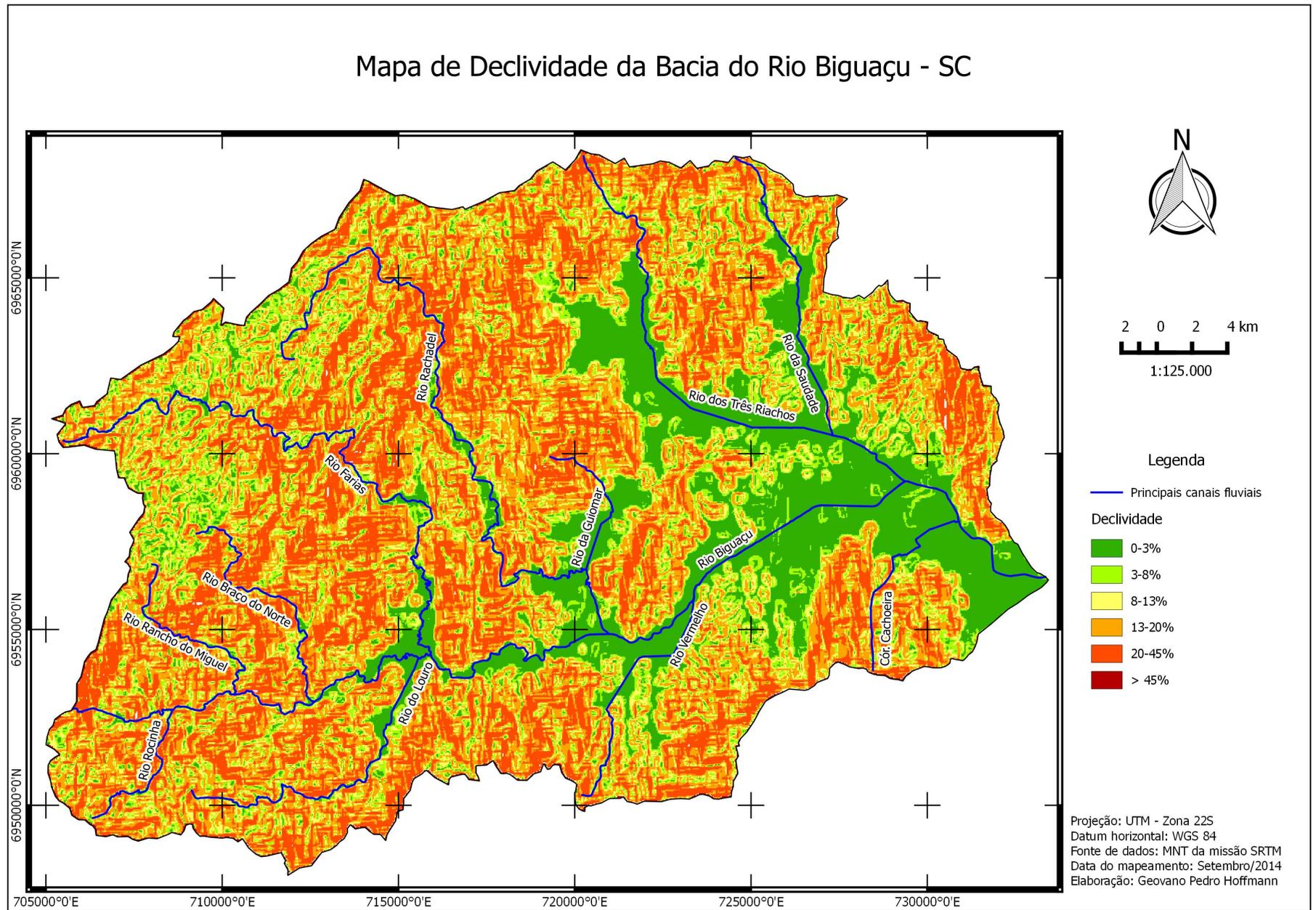
TULLEKEN, K. V. **A aurora da humanidade**: a trajetória da evolução, o povoamento da Terra, domadores do deserto, nascimento das cidades. Rio de Janeiro: Abril, 1993. 176 p.

WAIBEL, L. Princípios da colonização europeia no sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XI, n. 2, p. 159-180, abr./jun., 1949.

_____. **Capítulos de Geografia Tropical e do Brasil**. Rio de Janeiro: Supren, 1979.

APÊNDICE I

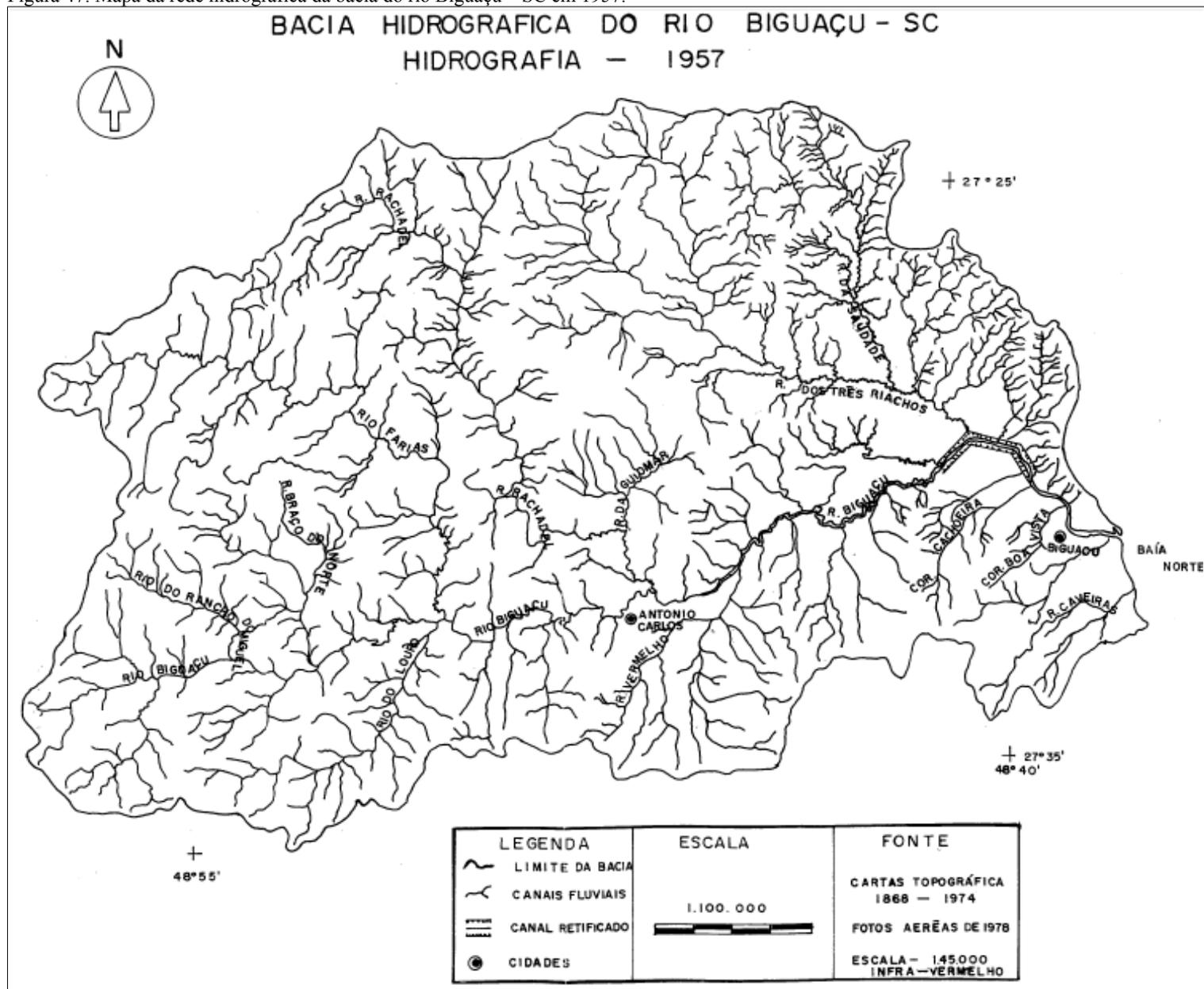
Figura 46. Mapa da declividade da bacia do rio Biguaçu – SC.



Fonte: O autor.

ANEXO I

Figura 47. Mapa da rede hidrográfica da bacia do rio Biguaçu – SC em 1957.



Fonte: Fortes (1996, p. 52).