

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ANA CLAUDIA PEREIRA CARVALHO**

**PROPOSIÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO  
QUALITATIVA DA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL APLICADA  
EM SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PIRACICABA - REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

SÃO CARLOS-SP  
2022

ANA CLAUDIA PEREIRA CARVALHO

PROPOSIÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO  
QUALITATIVA DA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL APLICADA  
EM SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PIRACICABA - REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DE SÃO  
PAULO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais<sup>1</sup>.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi  
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares

São Carlos-SP  
2022

---

<sup>1</sup> Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Carvalho, Ana Claudia Pereira

Proposição de uma sistemática para avaliação qualitativa da oferta hídrica superficial aplicada em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Região Sudeste do Estado de São Paulo / Ana Claudia Pereira Carvalho -- 2022.  
312f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos  
Orientador (a): Reinaldo Lorandi  
Banca Examinadora: Daniel Jadyr Leite Costa, Denise Balestrero Menezes, José Augusto Di Lollo, Osni José Pejon  
Bibliografia

1. Escoamento superficial. 2. Oferta hídrica superficial.  
3. Pluviosidade e vazão. I. Carvalho, Ana Claudia Pereira.  
II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Ana Claudia Pereira Carvalho, realizada em 25/04/2022.

#### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi (UFSCar)

Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares (UEMG)

Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa (UFSCar)

Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes (UFSCar)

Prof. Dr. José Augusto Di Lollo (UNESP)

Prof. Dr. Osni Jose Pejon (USP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS, por me abençoar em todos os momentos da minha vida, sempre iluminando os caminhos, me mantendo forte, me presenteando todos os dias, com alegria, discernimento, entendimento. Sem o Senhor nada seria possível. Me considero um instrumento guiado por Vossas Mãos, a Vitória pertence a Ti.

Aos meus pais, Antonio e Rejane, por todo apoio, pelos princípios transmitidos, por me apoiarem todos os dias, por torcerem pela minha alegria, por vibrarem a cada conquista, por todos os dias expressarem palavras de incentivo. Amo vocês.

As minhas irmãs, Ana Paula e Nubia, pela companhia, por nossa união, pelos momentos em que nós nos ajudamos. A certeza que tenho é de que sempre podemos contar uma com as outras, e nunca estamos sozinhas. Agradeço por toda ajuda, vocês são demais, amo-as muito.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Lorandi, agradeço pelos conhecimentos transmitidos, pela amizade, pela paciência, por todo apoio e a oportunidade em desenvolver a pesquisa sendo orientada pelo senhor.

Ao Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares, pela ajuda no desenvolvimento desse trabalho, pela parceria, pela amizade, por todos ensinamentos conduzidos desde a iniciação científica até o doutorado.

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini, por todo apoio, pela amizade, pelas experiências compartilhadas, pelas alegrias vividas no Laboratório de Geotecnologias e Conservação Ambiental da UFSCar.

Ao Prof. Dr. José Augusto Di Lollo, pela amizade, pela experiência compartilhada, pela solicitude e presteza em ajudar sempre.

A Prof. Dra. Denise Balestrero Menezes, ao Prof. Dr. Osni José Pejon, ao Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa, por toda contribuição enriquecedora mencionada no exame de qualificação do trabalho.

A Prof. Dra. Renata Bovo Peres, ao Prof. Dr. Carlos Wilmer Costa, ao Prof. Dr. Juliano Costa Gonçalves, pela amizade e por comporem a banca do exame de qualificação da aula teórica.

Ao Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa pela solicitude em ajudar e verificar a calibração do molinete hidrométrico no Laboratório de Hidráulica da UFSCar.

A Prof. Dra. Érica Pugliesi, pela amizade construída, pelos momentos divididos no laboratório, pela conversa depois do almoço, pelos nossos assuntos bem mineiros, por sua alegria contagiante.

Ao pessoal do Laboratório de Geotecnologias e Conservação Ambiental, em especial, Ana Paula, Ana Paula Jacó, Bruna, Dayana, Diego, João, Livia, Mariana, Mayara, Naara, Silvia, Vitor, pela amizade e convivência, pelos momentos de descontração, pelas trocas de experiências.

A todos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UFSCar, por todos conhecimentos transmitidos, nas diversas áreas que englobam as linhas de pesquisa.

Ao Vinícius, secretário do PPGCAm, por todas as notificações transmitidas, pela amizade, pela convivência.

As amigas que eu e a Ana Paula fizemos durante o levantamento de campo, em especial, Wagner e família, Osvaldo e família, Tereza e Sérgio, Rejane, Adriana e família, Ricardo e família, Antonio, Benedito.

Aos profissionais que atuam na Agência das Bacias PCJ ao disponibilizarem informações da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Aos familiares e amigos, pela torcida sempre, por compreenderem os momentos em que estive ausente. Os guardo no coração.

Pelo apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), concedido ao projeto regular (nº2018/14145-4), e pela concessão da bolsa de treinamento técnico (nº2020/05220-2), que foram essenciais para o desenvolvimento dessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Por todos que fizeram e fazem parte da minha história, expresso com enorme alegria, o meu agradecimento. Muito obrigada!

**“ELE reúne as gotas d’água, e as destila em chuva para formar riachos. As nuvens se derramam do céu, e a chuva cai em abundância sobre o homem.”**

**Jó 36: 27 e 28**

**“Tu fazes nascer veios de água pelos vales, e eles correm por entre as montanhas.”**

**Salmo 104: 10**

## RESUMO

Carvalho, A. C. P - Proposição de uma sistemática para avaliação qualitativa da oferta hídrica superficial aplicada em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Região Sudeste do Estado de São Paulo. 2022 - 312: Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, São Carlos - 2022.

Atualmente, uma das preocupações mundiais refere-se em atender a demanda hídrica do presente, sem comprometer a quantidade e a qualidade hídrica para as próximas gerações. Em âmbito global, sabe-se que as mudanças climáticas estão intensificando as fases do ciclo hidrológico, que quando alteradas provocam eventos extremos, sendo comum noticiar regiões em seca severa e localidades que sofrem com impactos provenientes de altas intensidades de precipitações. Além disso, mais atenção deve-se conceder às pressões provocadas aos recursos hídricos, como a demanda crescente, reflexo do crescimento populacional mundial, da produtividade agropecuária, da expansão do setor industrial, e as alterações no uso e cobertura do solo. Neste sentido, esse trabalho foi desenvolvido em sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP), localizada na região sudeste do Estado de São Paulo, que apresenta contemporaneamente uma criticidade hídrica per capita. O estudo consiste em classificar qualitativamente as 180 sub-bacias hidrográficas quanto à oferta hídrica superficial considerando o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada no período de 2011 a 2020. Destas sub-bacias hidrográficas foram escolhidos quatro pares de áreas amostrais definidos por meio de uma análise de agrupamentos baseada em índices morfométricos e área, os quais foram denominados de Sub-bacias Hidrográficas Objetos de Estudo (SBH-OE). Nas SBH-OE foram realizados monitoramentos pluviométrico e fluviométrico (de maio de 2019 a abril de 2020), além do mapeamento dos meios físico e antrópico, com o intuito de compreender a dinâmica hídrica de cada par, para isto foram realizadas: análises das vazões medidas *in situ* com vazões de referência; correlações de chuva x vazão; análise dos atributos do meio físico, por meio da elaboração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial (CPES) para as SBH-OE. Essas análises realizadas nas SBH-OE permitiram compreender o comportamento hídrico, possibilitando, dessa forma, auxiliar na classificação das sub-bacias hidrográficas quanto à oferta hídrica superficial. Para esta classificação foi necessária a realização de cartas interpretativas intermediárias (Carta de Importância da Abrangência Territorial das sub-bacias hidrográficas-CIAT, a CPES e a Carta da Diferença entre a Pluviosidade e a Evapotranspiração Real-CDPE). Sequencialmente, por meio da técnica AHP (Analytic Hierarchy Process) foram ponderados esses planos de informação e suas respectivas classes, sobrepostos e somados no software ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>. Por fim, foi classificada cada sub-bacia hidrográfica de acordo com a classe predominante, considerando os semestres chuvoso (COHS-SC) e seco (COHS-SS) e a média acumulada (COHS-MA). Dessa forma, a COHS-SC classificou 11 sub-bacias como Muito baixa, 159 (Baixa), 10 (Média). A COHS-SS apresenta 174 sub-bacias classificadas como Muito baixa, 6 (Baixa). Com relação à COHS-MA, 5 foram classificadas como Muito baixa, 112 (Baixa), 60 (Média), 3 (Alta). Vale mencionar que os métodos abordados podem ser aplicados em qualquer região hidrográfica que possuam os dados utilizados neste estudo. Os resultados deste trabalho poderão auxiliar os gestores e planejadores em tomadas de decisão e na elaboração de políticas públicas visando minimizar os impactos negativos sobre os recursos hídricos.

**Palavras-chave:** AHP; Bacias Hidrográficas; Escoamento Superficial; Oferta Hídrica Superficial; Pluviosidade; Sistema de Informações Geográficas; Vazão.



## ABSTRACT

Currently, one of the global concerns is to meet the present water demand, without compromising the quantity and water quality for the next generations. Globally, it is known that climate change is intensifying the phases of the hydrological cycle, which when altered cause extreme events, being common to report regions in severe drought and locations that suffer from impacts from high intensities of precipitation. In addition, more attention should be paid to pressures on water resources, such as growing demand, a reflection of world population growth, agricultural productivity, expansion of the industrial sector, and changes in land use and cover. In this sense, this work was developed in the 4th order of the hydrographic sub-basins of the Piracicaba River Basin (BHRP), located in the southeast region of the State of São Paulo, which presents contemporaneously a water criticality per capita. The study consists of qualitatively classifying the 180 sub-basins as to the surface water supply considering the rainy semester, the dry semester and the average accumulated in the period from 2011 to 2020. Of these sub-basins, four pairs of sample areas were chosen defined by means of a cluster analysis based on morphometric indices and area, which were called Study Objects Hydrographic Sub-basins (SBH-OE). In the SBH-OE, rainfall and fluviometric monitoring were performed (from May 2019 to April 2020), in addition to mapping the physical and anthropic means, in order to understand the water dynamics of each pair, for this were carried out: flow rate analysis measured in situ with reference flows; rainfall x flow rate correlations; analysis of the attributes of the physical environment, through the elaboration of Charts of Potential to Surface Runoff (CPES) for SBH-OE. These analyses carried out in the SBH-OE allowed to understand the water behavior, thus making it possible to assist in the classification of the hydrographic sub-basins in terms of surface water supply. For this classification required the realization of intermediate interpretive charts (Charter of Importance of Territorial Coverage of Water Catchment Sub-Basins-CIAT, CPES and the Charter of Difference between Rainfall and Royal Evapotranspiration-CDPE). Sequentially, by means of the AHP (Analytic Hierarchy Process) technique, these information plans and their respective classes were weighted, superimposed and summed in the Arcgis10.5.1<sup>®</sup> software. Finally, each hydrographic sub-basin was classified according to the predominant class, considering the rainy semesters (COHS-SC) and dry (COHS-SS) and the accumulated average (COHS-MA). Thus, COHS-SC classified 11 sub-basins as Very Low, 159 (Low), 10 (Middle). COHS-SS presents 174 sub-basins classified as Very low, 6 (Low). Regarding COHS-MA, 5 were classified as Very low, 112 (Low), 60 (Middle), 3 (High). It is worth mentioning that the methods approached can be applied in any hydrographic region that has the data used in this study. The results of this work may assist managers and planners in decision-making and in the elaboration of public policies aimed at minimizing the negative impacts on water resources.

**Keywords:** AHP; Watersheds; Runoff; Surface Water Supply; Rainfall; Geographical Information System; Flow rate.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ciclo hidrológico global.....	34
<b>Figura 2</b> - Gestão integrada de bacias hidrográficas.....	38
<b>Figura 3</b> - Divisão do estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.. .....	39
<b>Figura 4</b> - Acesso e distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo: arranjos institucionais no decorrer das décadas de 40 a 2010. ....	40
<b>Figura 5</b> - Estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)...	42
<b>Figura 6</b> - Distribuição espacial de desastres relacionados à água, bem como o número de inundações e secas ocorrentes entre os anos de 2001 a 2018, em âmbito global. ....	43
<b>Figura 7</b> - Distribuição espacial da água doce disponível (m <sup>3</sup> /hab/ano).....	46
<b>Figura 8</b> - Tendências no armazenamento de água (em centímetros por ano) obtidas com base nas observações do Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) de abril de 2002 a março de 2016.....	47
<b>Figura 9</b> - O valor mediano da taxa de disponibilidade de água.....	48
<b>Figura 10</b> - Média anual de vazão de rios em todo o mundo para o período 1981-2015 estimado com o modelo de bacia hidrográfica versão 1.3 da WWH (em média 1020 km <sup>2</sup> de resolução). ....	48
<b>Figura 11</b> - Disponibilidade de água per capita nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo-2010.....	50
<b>Figura 12</b> - Chuva média, vazão média e disponibilidade hídrica em todas as regiões hidrográficas brasileiras, com enfoque nas bacias PCJ.....	50
<b>Figura 13</b> - Diferença nas vazões, levando em consideração dados fluviométricos de 2010 a 2020, correlacionados com a média dos dados para 1980 a 2010. ....	51
<b>Figura 14</b> - Crises hídricas a partir de 2012 a 2020 nas regiões hidrográficas brasileiras.....	52
<b>Figura 15</b> - Representação do Sistema Cantareira. ....	53
<b>Figura 16</b> - Modelo conceitual do clima para ligações da bacia hidrográfica, mostrando a série de processos que interligam fatores atmosféricos e a resposta do fluxo do rio moderada pelas características da bacia hidrográfica. ....	59
<b>Figura 17</b> - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	62
<b>Figura 18</b> - Sistema Viário na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	64
<b>Figura 19</b> - Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	65
<b>Figura 20</b> - Disponibilidade hídrica per capita entre os anos de 2014 a 2020 para as Bacias PCJ...	66
<b>Figura 21</b> - Segurança hídrica do abastecimento urbano de água nos municípios inseridos totalmente e/ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	68

<b>Figura 22</b> - Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	69
<b>Figura 23</b> - Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	71
<b>Figura 24</b> - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	75
<b>Figura 25</b> - Classificação do clima segundo Köppen para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. .....	76
<b>Figura 26</b> - Biomas que caracterizam a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	77
<b>Figura 27</b> - Unidades de Conservação localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	77
<b>Figura 28</b> - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1.....	80
<b>Figura 29</b> - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2.....	81
<b>Figura 30</b> - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3.....	82
<b>Figura 31</b> - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4.....	83
<b>Figura 32</b> - Mapa de Densidade de drenagem das sub-bacias hidrográficas que compõem os Pares 1, 2, 3 e 4.....	85
<b>Figura 33</b> - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1. .....	86
<b>Figura 34</b> - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2. .....	88
<b>Figura 35</b> - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3. .....	90
<b>Figura 36</b> - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4. .....	91
<b>Figura 37</b> - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1.....	93
<b>Figura 38</b> - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2.....	94
<b>Figura 39</b> - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3.....	97
<b>Figura 40</b> - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4.....	99
<b>Figura 41</b> - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1.....	100

<b>Figura 42</b> - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2.....	101
<b>Figura 43</b> - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3.....	103
<b>Figura 44</b> - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4.....	105
<b>Figura 45</b> - Interação das etapas metodológicas executadas neste estudo. ....	109
<b>Figura 46</b> - Processos metodológicos para a escolha das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo. ....	110
<b>Figura 47</b> - Espacialização dos pontos de validação das classes de uso e cobertura do solo nas SBH-OE. ....	113
<b>Figura 48</b> - Molinete Hidrométrico (modelo F111). ....	114
<b>Figura 49</b> - Método de Regionalização de Vazões de Referência para o Estado de São Paulo.....	117
<b>Figura 50</b> - Pluviômetros Digitais (modelo 4760). ....	118
<b>Figura 51</b> - Localização dos pluviômetros nas sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	118
<b>Figura 52</b> - Procedimentos metodológicos aplicados para a elaboração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial.....	120
<b>Figura 53</b> - Procedimentos metodológicos para a elaboração das COHSs. *COHS-SC - Carta de Oferta Hídrica Superficial no Semestre Chuvoso (2011-2020) / COHS-SS - Carta de Oferta Hídrica Superficial no Semestre Seco (2011-2020) / COHS-MA - Carta de Oferta Hídrica Superficial para a Média Acumulada (2011-2020). ....	125
<b>Figura 54</b> - Modelagem do SSEBop. ....	128
<b>Figura 55</b> - Procedimentos metodológicos para a obtenção dos mapas de evapotranspiração real. ....	130
<b>Figura 56</b> - Processo e validação dos dados CHIRPS.....	131
<b>Figura 57</b> - Procedimentos metodológicos para a obtenção dos mapas de pluviosidade. ....	132
<b>Figura 58</b> - Espacialização dos pares de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo. ....	134
<b>Figura 59</b> - Distribuição da área e dos índices morfométricos calculados para as 180 sub-bacias hidrográficas.....	137
<b>Figura 60</b> - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a $Q_{7,10}$ e 50% da $Q_{7,10}$ .....	139
<b>Figura 61</b> - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a $Q_{90}$ . ....	139
<b>Figura 62</b> - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a $Q_{95}$ e 70% da $Q_{95}$ . ....	140
<b>Figura 63</b> - Comparação entre as vazões aferidas in situ com as vazões de referência para os Pares 1 e 2.....	141

<b>Figura 64</b> - Comparação entre as vazões aferidas in situ com as vazões de referência para os Pares 3 e 4.....	142
<b>Figura 65</b> - Comparação da pluviosidade e vazão medidas in situ no Par 1 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	144
<b>Figura 66</b> - Comparação da pluviosidade e vazão medidas in situ no Par 2 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	146
<b>Figura 67</b> - Comparação da pluviosidade e vazão medidas in situ no Par 3 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	147
<b>Figura 68</b> - Comparação da pluviosidade e vazão medidas in situ no Par 4 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	149
<b>Figura 69</b> - Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial do Par 1.....	152
<b>Figura 70</b> - Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial do Par 2.....	155
<b>Figura 71</b> - Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial do Par 3.....	157
<b>Figura 72</b> - Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial do Par 4.....	159
<b>Figura 73</b> - Carta de Potencial ao Escoamento Superficial da BHRP. ....	161
<b>Figura 74</b> - Pluviosidade do semestre chuvoso considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.....	163
<b>Figura 75</b> - Pluviosidade do semestre seco considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.....	164
<b>Figura 76</b> - Pluviosidade da média acumulada considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.....	164
<b>Figura 77</b> - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando o semestre chuvoso do período de 2011 a 2020.....	166
<b>Figura 78</b> - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando o semestre seco do período de 2011 a 2020.....	167
<b>Figura 79</b> - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando a média acumulada do período de 2011 a 2020.....	167
<b>Figura 80</b> - Quantificação das sub-bacias hidrográficas quanto as classes da Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Chuvoso (COHS-SC), da Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Seco (COHS-SS), da Carta de Oferta Hídrica Superficial da Média Acumulada (COHS-MA). ....	169
<b>Figura 81</b> - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando o semestre chuvoso. ....	172
<b>Figura 82</b> - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando o semestre seco.....	173

<b>Figura 83</b> - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando a média acumulada. ....	174
<b>Figura 84</b> - Dendrograma que apresenta a análise de agrupamento com as 180 sub-bacias hidrográficas.....	206
<b>Figura 85</b> - Mapa das Sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	207
<b>Figura 86</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(A).....	214
<b>Figura 87</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(B).....	215
<b>Figura 88</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(C).....	216
<b>Figura 89</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(D).....	217
<b>Figura 90</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(E). ....	218
<b>Figura 91</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(F). ....	219
<b>Figura 92</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(G).....	220
<b>Figura 93</b> - Medições de velocidade de fluxo na SB(H).....	221
<b>Figura 94</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(A) para os meses de maio a outubro de 2019. ....	224
<b>Figura 95</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(A) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	225
<b>Figura 96</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(B) para os meses de maio a outubro de 2019. ....	228
<b>Figura 97</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(B) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	229
<b>Figura 98</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(C) para os meses de maio a outubro de 2019. ....	232
<b>Figura 99</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(C) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	233
<b>Figura 100</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(D) para os meses de maio a outubro de 2019.....	236
<b>Figura 101</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(D) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	237
<b>Figura 102</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(E) para os meses de maio a outubro de 2019.....	240
<b>Figura 103</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(E) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	241

<b>Figura 104</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(F) para os meses de maio a outubro de 2019.....	244
<b>Figura 105</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(F) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	245
<b>Figura 106</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(G) para os meses de maio a outubro de 2019.....	248
<b>Figura 107</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(G) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	249
<b>Figura 108</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(H) para os meses de maio a outubro de 2019.....	252
<b>Figura 109</b> - Perfis batimétricos do canal principal da SB(H) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.....	253
<b>Figura 110</b> - Pluviômetros digitais instalados nas SB(A), SB(B), SB(C), SB(D).....	257
<b>Figura 111</b> - Pluviômetros digitais instalados nas SB(E), SB(F), SB(G), SB(H).....	258
<b>Figura 112</b> - Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	267
<b>Figura 113</b> - Mapa das Unidades Litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	268
<b>Figura 114</b> - Planos de informação utilizados para elaboração da Carta de Potencial ao Escoamento Superficial para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	270
<b>Figura 115</b> - Carta de Potencial ao Escoamento Superficial.....	271
<b>Figura 116</b> - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) anual acumulada da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020. ....	273
<b>Figura 117</b> - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) do semestre chuvoso da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020. ....	274
<b>Figura 118</b> - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) do semestre seco da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020. ....	275
<b>Figura 119</b> - Mapas de Precipitação anual acumulada da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.....	276
<b>Figura 120</b> - Mapas de Precipitação do semestre chuvoso da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.....	277
<b>Figura 121</b> - Mapas de Precipitação do semestre seco da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.....	278
<b>Figura 122</b> - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60.	298
<b>Figura 123</b> - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120. ....	299

<b>Figura 124</b> - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180. .....	300
<b>Figura 125</b> - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60. 301	
<b>Figura 126</b> - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120. .....	302
<b>Figura 127</b> - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180. .....	303
<b>Figura 128</b> - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60. .....	304
<b>Figura 129</b> - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120. .....	305
<b>Figura 130</b> - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180. .....	306



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Processos hidrológicos que compõem o ciclo de água global. ....	33
<b>Tabela 2</b> - Responsabilidades dos órgãos deliberativos, normativos e executivos que formam o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. ....	41
<b>Tabela 3</b> - Distribuição da população por disponibilidade de água. ....	46
<b>Tabela 4</b> - Principais características das licenças de água concedidas nos anos de 1974, 2004 e 2017. ....	55
<b>Tabela 5</b> - Municípios que estão inseridos totalmente e parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	63
<b>Tabela 6</b> - Dados básicos dos reservatórios do Sistema Cantareira inseridos nas Bacias PCJ. ....	67
<b>Tabela 7</b> - Grupos Hidrológicos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	71
<b>Tabela 8</b> - Descrição dos quatro grupos hidrológicos de solo presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	72
<b>Tabela 9</b> - Descrição das unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	73
<b>Tabela 10</b> - Unidades de Conservação que se localizam total e/ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	78
<b>Tabela 11</b> - Densidade de drenagem, densidade hidrográfica e índice de circularidade das respectivas sub-bacias hidrográficas estudadas. ....	84
<b>Tabela 12</b> - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D). ....	88
<b>Tabela 13</b> - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F). ....	89
<b>Tabela 14</b> - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H). ....	91
<b>Tabela 15</b> - Características das unidades de materiais inconsolidados presentes nas sub-bacias hidrográficas do Par 1. ....	92
<b>Tabela 16</b> - Descrição das classes de materiais inconsolidados presentes nas sub-bacias hidrográficas do Par 2. ....	94
<b>Tabela 17</b> - Critérios estabelecidos para elaboração do mapa de materiais inconsolidados. ....	97
<b>Tabela 18</b> - Área em km <sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B). ....	100
<b>Tabela 19</b> - Área em km <sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D). ....	102

<b>Tabela 20</b> - Área em km <sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F). .....	104
<b>Tabela 21</b> - Área em km <sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H). .....	105
<b>Tabela 22</b> - Materiais utilizados para o desenvolvimento deste estudo. ....	107
<b>Tabela 23</b> - Fórmula dos índices morfométricos utilizados para a análise de agrupamentos das sub-bacias hidrográficas de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação. ....	111
<b>Tabela 24</b> - Dados levantados com suas respectivas fontes. ....	112
<b>Tabela 25</b> - Largura do canal (m) e distância entre as seções verticais (m) e distribuição dos pontos para medição da velocidade de fluxo considerando as respectivas profundidades e número de pontos. ....	115
<b>Tabela 26</b> - Pesos atribuídos as classes de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	121
<b>Tabela 27</b> - Pesos atribuídos as unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	121
<b>Tabela 28</b> - Critérios estabelecidos para elaboração do mapa de materiais inconsolidados. ....	124
<b>Tabela 29</b> - Escala de valores. ....	126
<b>Tabela 30</b> - Valores de IR referente ao número que representa a ordem da raiz. ....	126
<b>Tabela 31</b> - Auto vetores atribuídos aos planos de informação e suas classes. ....	127
<b>Tabela 32</b> - Municípios que parcialmente abrangem as sub-bacias hidrográficas objetos de estudo. ....	138
<b>Tabela 33</b> - Cartas topográficas utilizadas para a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação. ....	198
<b>Tabela 34</b> - Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação. ....	201
<b>Tabela 35</b> - Valores dos 50% da Q <sub>7,10</sub> , Q <sub>7,10</sub> , Q <sub>90</sub> , 70% da Q <sub>95</sub> e Q <sub>95</sub> das sub-bacias hidrográficas de 4 <sup>a</sup> ordem da BHRP. ....	209
<b>Tabela 36</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(A). ....	226
<b>Tabela 37</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(B). ....	230
<b>Tabela 38</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(C). ....	234
<b>Tabela 39</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(D). ....	238
<b>Tabela 40</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(E). ....	242
<b>Tabela 41</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(F). ....	246
<b>Tabela 42</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(G). ....	250
<b>Tabela 43</b> - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(H). ....	254
<b>Tabela 44</b> - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. ....	260

<b>Tabela 45</b> - Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas.....	280
<b>Tabela 46</b> - Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre chuvoso) nas sub-bacias hidrográficas. ....	285
<b>Tabela 47</b> - Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre seco) nas sub-bacias hidrográficas.....	288
<b>Tabela 48</b> - Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas.....	290
<b>Tabela 49</b> - Quantificação da área (km <sup>2</sup> ) das classes da COHS-SC para cada sub-bacia hidrográfica de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação. ....	307
<b>Tabela 50</b> - Quantificação da área (km <sup>2</sup> ) das classes da COHS-SS para cada sub-bacia hidrográfica de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação. ....	309
<b>Tabela 51</b> - Quantificação da área (km <sup>2</sup> ) das classes da COHS-MA para cada sub-bacia hidrográfica de 4 <sup>a</sup> ordem de ramificação.....	311

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Autores que definiram e caracterizaram a bacia hidrográfica. ....	35
<b>Quadro 2</b> - Estudos realizados sobre a temática de oferta e disponibilidade hídrica superficial.....	44

## TABELA DE ABREVIATURAS E SIGNIFICADOS

Abreviaturas	Significado
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba
c	Coeficiente de correção, que é obtido pela razão de $T_s$ e $T_a$ em píxeis que denotam regiões bem vegetadas
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CHIRPS	<i>Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations</i>
CIAT	Carta de Importância da Abrangência Territorial
CMORPH	<i>Climate Prediction Center morphing method</i>
COHS-MA	Carta de Oferta Hídrica Superficial da Média Acumulada considerando o período de 2011 a 2020
COHS-SC	Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Chuvoso considerando o período de 2011 a 2020
COHS-SS	Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Seco considerando o período de 2011 a 2020
$C_p$	Calor específico do ar a pressão constante $1,013 \times 10^{-3}$ (MJ/(kg.°C))
CPES	Carta de Potencial ao Escoamento Superficial
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
$ET_a$	Evapotranspiração real em milímetros
$ET_o$	Evapotranspiração potencial em milímetros tendo a grama como referência
$ET_f$	Fração de evapotranspiração decadal para cada pixel nominalmente variando entre 0 e 1
ETMA	Mapa de Evapotranspiração Real da Média Acumulada considerando o período de 2011 a 2020
ETSC	Mapa de Evapotranspiração Real do Semestre Chuvoso considerando o período de 2011 a 2020
ETSS	Mapa de Evapotranspiração Real do Semestre Seco considerando o período de 2011 a 2020
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
GHCN	<i>Global Historical Climatology Network</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Consistência
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IR	Índice Randômico
k	Coeficiente de escala de 1,25, que acresce a $ET_o$ de referência de grama para o tipo de referência de alfafa para $ET_a$ máxima

<b>Abreviaturas</b>	<b>Significado</b>
<b>MODIS</b>	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
<b>NDVI</b>	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
<b><math>\rho</math></b>	Densidade do ar ( $\text{kg/m}^3$ )
<b>PMA</b>	Mapa de Pluviosidade da Média Acumulada considerando o período de 2011 a 2020
<b>PSC</b>	Mapa de Pluviosidade do Semestre Chuvoso considerando o período de 2011 a 2020
<b>PSS</b>	Mapa de Pluviosidade do Semestre Seco considerando o período de 2011 a 2020
<b>Q<sub>7,10</sub></b>	Vazão de referência mínima, com duração de 7 dias e 10 anos de tempo de recorrência
<b>Q<sub>90</sub></b>	Vazão de referência presente no corpo d'água, em pelo menos, 90% do tempo
<b>Q<sub>95</sub></b>	Vazão de referência presente no corpo d'água, em pelo menos, 95% do tempo
<b>r<sub>ah</sub></b>	Resistência aerodinâmica sobre solo descoberto
<b>RC</b>	Razão de Consistência
<b>RMSP</b>	Região Metropolitana de São Paulo
<b>R<sub>n</sub></b>	Radiação líquida média diária ( $\text{MJ}/(\text{m}^2.\text{dia})$ )
<b>SBH-OE</b>	Sub-bacia Hidrográfica Objeto de Estudo
<b>SB(A)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata
<b>SB(B)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas
<b>SB(C)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira
<b>SB(D)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros
<b>SB(E)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças
<b>SB(F)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Aflente do Ribeirão do Jacaré
<b>SB(G)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga
<b>SB(H)</b>	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Morte
<b>SSEBop</b>	<i>Operational Simplified Surface Energy Balance</i>
<b>SC</b>	Sistema Cantareira
<b>T<sub>a</sub></b>	Temperatura máxima do ar para o período
<b>T<sub>c</sub></b>	Limite de temperatura de superfície mais frio/úmido, sendo proveniente da temperatura do ar
<b>TMPA2B31</b>	<i>Multissatélite Precipitation Analysis</i>
<b>T<sub>s</sub></b>	Deriva-se da temperatura da superfície terrestre do sensor <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> (MODIS)
<b><math>\gamma^s</math></b>	Constante psicrométrica de superfície sobre uma superfície seca e descoberta

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	27
1.1	Hipótese .....	30
1.2	Objetivo Geral .....	30
1.2.1	Objetivos Específicos .....	30
1.3	Estrutura da Tese .....	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	32
2.1	O ciclo hidrológico .....	32
2.2	Bacia hidrográfica como unidade de planejamento .....	34
2.3	Gestão dos recursos hídricos .....	36
2.4	Situação hídrica mundial e nacional .....	42
2.5	O Sistema Cantareira .....	52
2.6	Atributos ambientais e antrópicos, e as variáveis climáticas que influenciam na oferta hídrica superficial .....	56
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	62
3.1	Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba .....	62
3.1.1	Rede Hidrográfica .....	65
3.1.2	Geologia .....	68
3.1.3	Pedologia .....	70
3.1.4	Geomorfologia.....	72
3.1.5	Clima .....	75
3.1.6	Vegetação .....	76
3.2	Caracterização das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	79
3.2.1	Hipsometria e Declividade .....	79
3.2.2	Densidade de drenagem.....	84
3.2.3	Geologia .....	86

3.2.4 Materiais Inconsolidados.....	92
3.2.5 Uso e Cobertura do Solo .....	99
4 MATERIAIS .....	107
5 MÉTODOS .....	109
5.1 Escolha das sub-bacias hidrográficas como objetos de estudo.....	110
5.2 Levantamento de dados e elaboração de um banco de dados georreferenciados .....	111
5.2.1 Mapas de Uso e Cobertura do Solo das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	113
5.3 Cálculo das vazões reais e de referência das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	114
5.3.1 Medição de velocidade de fluxo nos cursos d'água principais das sub-bacias objetos de estudo.....	114
5.3.2 Cálculo das vazões reais medidas in situ para as SBH-OE.....	115
5.3.3 Cálculo das vazões de referências $Q_{7,10}$ , $Q_{90}$ , $Q_{95}$ das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação .....	116
5.4 Monitoramento pluviométrico nas sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	117
5.5 Elaboração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial .....	119
5.5.1 Mapa Hipsométrico e Carta de Declividades .....	122
5.5.2 Mapas de Densidade de Drenagem .....	123
5.5.3 Mapas de Feições Favoráveis ao Armazenamento Superficial .....	123
5.5.4 Mapas de Materiais Inconsolidados .....	124
5.6 Elaboração das Cartas de Oferta Hídrica Superficial .....	124
5.6.1 Mapas de Evapotranspiração Real (ETa) .....	127
5.6.2 Mapas de Pluviosidade .....	131
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	134
6.1 Delimitação das sub-bacias hidrográficas e definição das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.....	134



6.2 Cálculo das vazões de referências para as sub-bacias hidrográficas e a comparação da vazão aferida in situ com as vazões de referência .....	138
6.3 Análise comparativa entre os dados pluviométricos e as vazões medidas para as sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	144
6.3.1 PAR 1 - Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata-SB(A) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas-SB(B).....	144
6.3.2 PAR 2 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira-SB(C) e Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros-SB(D) .....	146
6.3.3 PAR 3 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças-SB(E) e Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão Jacaré-SB(F) .....	147
6.3.4 PAR 4 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga-SB(G) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Boa Morte-SB(H) .....	148
6.4 Análise comparativa entre as vazões medidas, a pluviosidade e os aspectos do meio físico e de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo .....	149
6.4.1 PAR 1 - Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata-SB(A) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas-SB(B).....	151
6.4.2 PAR 2 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira-SB(C) e Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros-SB(D) .....	154
6.4.3 PAR 3 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças-SB(E) e Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão Jacaré-SB(F) .....	156
6.4.4 PAR 4 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga-SB(G) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Boa Morte-SB(H) .....	158
6.4.5 Carta de Potencial ao Escoamento Superficial da BHRP.....	160
6.5 Cartas de Oferta Hídrica Superficial para o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada.....	162
6.5.1 COHS - Semestre Chuvoso .....	169

6.5.2 COHS - Semestre Seco.....	170
6.5.3 COHS - Média Acumulada .....	170
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	178
APÊNDICE A - Cartas topográficas utilizadas para a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.....	197
APÊNDICE B - Dados morfométricos das 180 sub-bacias hidrográficas considerados na análise de agrupamentos, o dendrograma e o Mapa das Sub-bacias Hidrográficas de 4ª ordem de ramificação .....	199
APÊNDICE C - Valores dos 50% da $Q_{7,10}$ , $Q_{7,10}$ , $Q_{90}$ , 70% da $Q_{95}$ e $Q_{95}$ das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.....	208
APÊNDICE D - Registros das medições de velocidade de fluxo no canal de drenagem principal das SBH-OE .....	213
APÊNDICE E - Perfis transversais do canal de drenagem principal das SBH-OE.....	222
APÊNDICE F - Registros do monitoramento pluviométrico realizado nas SBH-OE.....	256
APÊNDICE G - Mapas de Pedologia e Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e descrição das classes de solos .....	259
APÊNDICE H - Carta de Potencial ao Escoamento Superficial para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e os Planos de Informações utilizados para a sua elaboração .....	269
APÊNDICE I - Mapas de Evapotranspiração Real e Pluviosidade para os anos 2011 a 2020 que foram usados nas COHS-SC, COHS-SS e COHS-MA.....	272
APÊNDICE J - Quantificação das classes de potencial ao escoamento superficial e da diferença entre a pluviosidade e evapotranspiração para as 180 sub-bacias hidrográficas .....	279
APÊNDICE K - Quantificação das classes das 180 sub-bacias hidrográficas referente as COHS-SC, COHS-SS, COHS-MA.....	296

# 1 INTRODUÇÃO

---

Uma das grandes preocupações globais refere-se à falta de água para suprir as necessidades presentes e futuras, as quais envolvem a sobrevivência, a garantia de água para irrigação, o desenvolvimento do setor industrial, o funcionamento do setor hidroelétrico. Nesse sentido, há uma enorme preocupação dos planejadores e gestores em manter a conservação dos mananciais superficiais e subterrâneos para uso das próximas gerações, bem como, disseminar o uso sustentável dos recursos hídricos.

Um fato que está diretamente relacionado com os recursos hídricos consiste nas mudanças climáticas que estão ocorrendo atualmente de forma significativa no mundo, pois há locais onde ocorrem severamente a escassez hídrica e outras regiões que sofrem por excesso de água provenientes de alta intensidade de precipitação. Exemplo disso, são evidências de seca extrema como notificado pelo Banco de Dados Internacional de Desastres que registrou entre os anos de 1900 a 2019, o total de 2.730.000.000 pessoas que sofreram em decorrência da seca no mundo, além da perda da vida, sendo contabilizadas em 11.731.371 mortes, associado a isso ocorrem as perdas econômicas cuja estimativa foram de  $1,75 \times 10^{12}$  dólares (LIU; CHEN, 2021). Com as mudanças climáticas, a seca e suas consequências tendem a se agravarem no futuro (MONDAL et al., 2021). Para isso, o entendimento do comportamento hidrológico à escassez hídrica, tanto em escalas locais quanto em nível global é importante para responder questões hídricas que abarcam o planejamento, bem como a gestão dos recursos hídricos em todas as regiões do mundo (YU et al., 2020).

Enquanto isso, outras localidades sofrem drasticamente com o evento de inundação como o caso ocorrido no mês de julho de 2020 em 27 províncias localizadas no centro e sul da China que sofreram com os impactos negativos atingindo drasticamente a qualidade de vida de pessoas (GUO et al., 2020). O Brasil também vivenciou esse fato, mais recentemente, em dezembro de 2021 e início de 2022, quando os estados da Bahia e de Minas Gerais sofreram com a alta intensidade das precipitações, provocando perda de vidas e destruição, gerando um cenário crítico. Essa situação de calamidade também se repetiu em fevereiro de 2022, nos municípios de Mirador, Grajaú, Barra do Corda, Jatobá e Paraibano (CNN Brasil, 2022), no estado do Maranhão e nos meses de fevereiro e março de 2022 em Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. Diante dessas ocorrências, é imprescindível realizar e efetuar a gestão dos recursos hídricos, levando em consideração as alterações que ocorrem no meio ambiente.

Quando se trata da quantidade de recursos hídricos, o território brasileiro apresenta uma forte evidência de que há alta disponibilidade hídrica, no entanto, isso ocorre diferentemente entre as doze regiões hidrográficas do país. Na região norte, por exemplo, a região hidrográfica Amazônica é caracterizada por uma grande rede fluvial que representa grande abundância de água, cerca de 81% da disponibilidade de águas superficiais do Brasil, além de apresentar uma densidade populacional dez vezes menor que a média nacional. No entanto, a região hidrográfica do Paraná, localizada na região sudeste do Brasil, consiste em área muito populosa, que apresenta grande destaque no setor industrial, além de compor maior área irrigada, conseqüentemente, possui maior demanda dos recursos hídricos (ANA, 2021).

Em 2021, o Brasil se encontrou na maior crise hídrica dos últimos 91 anos (ONS, 2021). Neste ano, pôde-se observar notoriamente a redução de chuvas na região sudeste do país, trazendo como consequência a crise hídrica, que afetou diretamente o setor hidroelétrico (HUNT et al., 2022). As crises dos anos de 1924, 1944, 1955, 1964, 1986, 2001 e 2014 impactou o setor energético brasileiro, cujo o motivo, na maioria das vezes, referem-se as condições climáticas que influenciam o sistema de energia do país (HUNT; STILPEN; DE FREITAS, 2018). Para garantir o atendimento à população e às atividades de desenvolvimento, houve momento que foi necessário importar energia da Argentina e do Uruguai, bem como acionar outras fontes, como as termoelétricas, que além de serem mais caras, geram impactos negativos ao meio ambiente, como a liberação de gás carbônico para a atmosfera. Todo esse fato, leva ao encarecimento do serviço, que reflete na população.

Diante de tantos acontecimentos hídricos, secas severas e/ou inundações, faz-se necessário uma adequada gestão dos recursos hídricos e para isso é essencial estudar, compreender e interpretar a dinâmica hídrica em bacias hidrográficas, cujas características físicas podem ser similares ou heterogêneas. A bacia hidrográfica é considerada uma excelente unidade de planejamento, pois independentemente de qual ela seja, pode haver ocorrências de diferentes eventos. Por meio dessa unidade de planejamento é possível prospectar métodos eficazes para resolução de impactos ambientais negativos, sejam eles pontuais ou abrangentes. Vale ressaltar, que toda questão que envolve a gestão e o gerenciamento deve ser tratada de maneira integrada e descentralizada.

O entendimento específico de cada atributo ambiental é essencial para a adoção de medidas certas para o gerenciamento apropriado, pois dessa forma se conhece as problemáticas que ocorrem no seu limite geográfico. Essas problemáticas podem estar associadas a diferentes fatores, como as próprias características físicas, as atividades antrópicas, o regime de chuvas que ocorrem na área. Além de analisar os meios natural e antrópico de regiões hidrográficas, é fundamental que se analise o regime de chuvas e a vazão de rios.

A chuva como agente ativo em uma bacia hidrográfica contribui com a recarga de aquíferos e com o escoamento superficial que direciona a água para os canais de drenagem, sendo a ocorrência de precipitação, uma das etapas mais relevantes do ciclo hidrológico. A vazão de rios, por sua vez, está relacionada em manter o equilíbrio ambiental dos canais de drenagem e prover água a jusante das captações superficiais afim de que a região desenvolva suas atividades, sejam elas, de abastecimento público, dessedentação de animais, irrigação, recreação, e desenvolvimento industrial.

Diante deste contexto, os monitoramentos pluviométrico e fluviométrico são importantes para garantir a correta interpretação do regime hídrico de uma bacia hidrográfica. A pluviosidade pode ser mensurada via satélite, ou por estações pluviométricas e pluviômetros instalados em campo, enquanto a vazão é obtida por meio de estações fluviométricas e podem também ser aferidas em campo, com o auxílio de equipamentos ultrassônicos por efeito *doppler* ou molinete hidrométrico. Porém esse monitoramento de vazões por meio de estações foi implementado no país para dar aporte no sistema de geração de energia, dessa forma, tem-se a maioria dos dados de vazões para os principais rios e/ou seus afluentes que apresentam maior potencial hidráulico (BESKOW et al., 2016). Nos locais onde não se tem medições de vazão, utiliza-se comumente a estimativa de fluxo por meio de abordagens de regressão, semelhança física e proximidade espacial (POISSANT; ARSENAULT; BRISSETTE, 2017; FERREIRA et al., 2021a).

Em regiões de extensões continentais como o Brasil, os dados de estações fluviométricas e pluviométricas muitas vezes apresentam falhas e/ou estão desatualizados em determinado período, além disso, as estações, e consequentes informações sobre chuva e vazão, ocorrem prioritariamente em rios de maiores extensões e larguras, em canais de drenagem com ordem de ramificação superior a cinco, e quase nunca próximo de suas nascentes (canais de ordem de ramificação menores).

Não é comum que nos canais de drenagem de bacias hidrográficas com menor área de abrangência apresente essas estações instaladas para coleta dos dados, isto dificulta a execução de estudos na área de hidrologia que visa auxiliar a gestão integrada dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas (FERREIRA et al., 2021b). Essa falta de dados consistentes do fluxo dos canais de drenagem é uma grande barreira para compreender a disponibilidade de recursos hídricos e os extremos hidrológicos, principalmente em rios de difícil acesso, e cuja morfologia está ativa, alterando seu leito rapidamente (SAMBOKO et al., 2020).

Diante do contexto apresentado, essa pesquisa foi realizada em sub-bacias hidrográficas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP), sendo esta uma região hidrográfica que contribui para o abastecimento não somente da sua área de abrangência, mas também transfere água

para o Sistema Cantareira que abastece a população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O grande desenvolvimento da região entre as décadas de 80 e 90 até os dias atuais culminou na criticidade da disponibilidade hídrica per capita (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ, 2020), mediante a isso, pode-se afirmar que atualmente a RMSP, expõe uma das situações brasileiras mais críticas, quando se refere a quantidade e qualidade de água para atendimento populacional (LIMA; LOMBARDO; MAGAÑA, 2018).

Dessa forma, esta pesquisa resultou em definir qualitativamente a oferta hídrica superficial em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Das 180 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, 8 foram consideradas como Sub-bacias Hidrográficas Objetos de Estudo (SBH-OE), onde realizou-se *in situ* os monitoramentos pluviométrico e fluviométrico, além da análise dos meios físico e antrópico para o entendimento do comportamento hídrico da região. Com base nas análises realizadas nessas áreas amostrais foi possível classificar qualitativamente as outras 172 sub-bacias hidrográficas quanto a oferta hídrica superficial, levando em consideração a importância de abrangência territorial das sub-bacias hidrográficas, o potencial ao escoamento superficial e a diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real.

## **1.1 Hipótese**

O estudo da oferta hídrica superficial em sub-bacias hidrográficas auxilia a tomada de decisões para obter planejamento e gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

## **1.2 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste na elaboração de instrumento para classificar a oferta hídrica superficial em sub-bacias hidrográficas, de forma qualitativa, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

- Realizar medições de vazões e de pluviosidade nas SBH-OE da BHRP;
- Correlacionar os resultados das vazões de referência obtidas por métodos analíticos tradicionais com medições reais realizadas nas SBH-OE;
- Correlacionar dados de chuva coletados *in situ* com a vazão real nas SBH-OE, para a compreensão do comportamento hídrico;

- Avaliar aspectos climáticos, do meio físico e de uso e cobertura do solo nas SBH-OE, que podem influenciar na determinação da oferta hídrica superficial das sub-bacias hidrográficas;
- Elaborar produtos interpretativos sobre oferta hídrica superficial para as sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação da BHRP, considerando o semestre chuvoso, o semestre seco, e a média acumulada, no período de 2011 a 2020.

### **1.3 Estrutura da Tese**

A tese é composta por sete tópicos principais e onze apêndices. O primeiro tópico é constituído pela introdução sobre o contexto temático do trabalho, juntamente com a hipótese, seguido dos objetivos geral e específicos que nortearam a pesquisa.

O segundo item refere-se à revisão bibliográfica com os tópicos abordados neste trabalho. No terceiro tópico, está apresentado a caracterização geral da BHRP, além da descrição de atributos físico e antrópico das SBH-OE.

No quarto item estão descritos os materiais utilizados para desenvolvimento deste estudo e no quinto estão apresentados os métodos empregados para a obtenção de resultados. No sexto item estão apresentados e descritos os resultados obtidos. Por fim, no sétimo, estão descritas as considerações finais e as recomendações para estudos futuros, em sequência, as referências bibliográficas e os apêndices.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1 O ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico trata-se de um processo permanente, impulsionado pela energia solar, pela força dos ventos que realiza o transporte do vapor d'água entre os continentes, pela gravidade que opera nos fenômenos da precipitação, da infiltração, bem como, no transporte das massas d'água (TUNDISI, 2003), também atua no balanço hídrico em escala regional (QUAN et al., 2022).

Como um dos ciclos naturais de extrema importância que acontece no planeta, o ciclo hidrológico age operando na circulação de água através da atmosfera, da superfície terrestre e dos oceanos. Pode ser compreendido pelo conjunto de armazenamentos (sendo, neve, umidade do solo, água subterrânea), pelos fluxos (precipitação, evapotranspiração, e escoamento) (AJAMI, 2021).

O ciclo da água se realiza quando ocorre a condensação do vapor d'água atmosférico, que precipita na forma de chuva ou neve. Antes mesmo de chegar ao solo, uma porção dessa precipitação é retida pelas copas da cobertura vegetal. A precipitação que chega ao solo evapora, infiltra e/ou escoar de imediato (caso a precipitação ocorra na forma de neve, esta derrete, e logo ocorre o escoamento) sobre a superfície terrestre, buscando os caminhos preferenciais como as depressões, córregos, rios, até fluírem para os oceanos (ROBERTSON; PERLMANB; NARISIMHAN, 2021).

No decorrer desse caminho, uma grande quantidade de água superficial é retida por pântanos, represas, e reservatórios. O processo de infiltração de água no solo depende muito das características físicas do solo de cada região, e possibilita o reabastecimento da zona não saturada até reabastecer os aquíferos. As águas subterrâneas são transportadas e descarregadas em nascentes, córregos, pântanos, lagos, e nos oceanos. Sabe-se que na superfície terrestre, ocorrem a evaporação das águas superficiais devido à radiação solar e também a transpiração das plantas ao consumirem água durante o processo da fotossíntese. Esse processo de evapotranspiração completa o ciclo hidrológico (ROBERTSON; PERLMANB; NARISIMHAN, 2021).

Os processos de evaporação, precipitação, evapotranspiração, percolação, infiltração e a drenagem constituem-se alguns componentes do ciclo hidrológico (TUNDISI, 2003). Os processos hidrológicos que compõem o ciclo hidrológico estão apresentados na Tabela 1 com suas respectivas definições.



**Tabela 1** - Processos hidrológicos que compõem o ciclo de água global.

<b>Processo</b>	<b>Descrição</b>
Advecção	Transporte de água por movimento horizontal de massa de ar
Ascensão/exfiltração capilar	Movimento da água infiltrada retornando à superfície da Terra, estimulado por um gradiente de potencial capilar ascendente (provocado pela evaporação)
Condensação	Transformação do vapor d'água em forma líquida (mais densa) no ar, originando nuvens ou neblina
Degelo	Por meio do processo de fusão ocorre a mudança da neve para o estado líquido
Escoamento	Fluxo de água através da terra, onde pode incluir escoamento superficial, escoamento subsuperficial, escoamento de águas subterrâneas e escoamento fluvial
Evaporação	Transformação da água líquida da superfície terrestre para o estado de vapor
Evapotranspiração	Processo pelo qual ocorre a evaporação e a transpiração de forma conjunta
Fluxo de subsuperfície	Escoamento de água na superfície do solo, podendo ser na zona de aeração ou na zona de saturação
Infiltração	Fluxo de água da superfície do solo, e também no fundo do corpo d'água para o solo, conforme as forças de gravidade, viscosidade e capilaridade
Interceptação	Armazenamento de água precipitada, podendo ser em estado líquido ou sólido pela copa da cobertura vegetal
Precipitação	Deslocamento de água da atmosfera para a superfície terrestre em estado líquido ou sólido
Sublimação	Alteração do estado da água direto do estado sólido para o estado gasoso
Transpiração	Modificação da água líquida em vapor d'água, e transferência de vapor d'água para a atmosfera por meio do metabolismo vegetal

Fonte: Modificado de Kundzewicz (2018).

O principal componente do ciclo hidrológico é a precipitação; no entanto, cerca de 70% da precipitação anual é perdida em decorrência da evapotranspiração, que pode ser compreendida como o fluxo que agrega os ciclos da água, carbono e energia. Cerca de 90% da variação espacial no escoamento médio global pode ser esclarecida pela vazão. Quantificar estas variáveis nos permite obter uma gestão adequada dos recursos hídricos em níveis locais e regionais. Embora haja uma limitação na quantidade de observações hidrométricas, são empregados atualmente os modelos hidrológicos e terrestres em âmbito global para estimar as alterações no ciclo hidrológico consequente das mudanças climáticas, das alterações dos padrões do uso e cobertura do solo, das variações no uso da água (AJAMI, 2021).

É perceptível o quanto as atividades humanas vêm alterando os processos hidrológicos globais, com a crescente emissão de gases de efeito estufa, a mudança do uso e ocupação do solo, a construção de barragens e reservatórios. Os aumentos na frequência e na intensidade de eventos extremos (secas e/ou inundações), tendencialmente podem alterar o ciclo hidrológico. Nesse sentido, a gestão de água deve considerar as interações entre os componentes naturais do ciclo hidrológico e as atividades humanas (AJAMI, 2021).

A Figura 1 apresenta o ciclo da água global, bem como indica os seus fluxos entre os reservatórios, expressos em  $10^{12}$  m<sup>3</sup>/ano. Os processos de evaporação e precipitação sobre os oceanos do mundo ficam em evidência, devido os fluxos gerados no ciclo hidrológico. Vale mencionar que a taxa de evaporação dos oceanos é estimada em 424 trilhões de m<sup>3</sup>/ano, isso refere-se a 1,2 m de água removida da superfície dos oceanos a cada ano (MARSHALL, 2014).

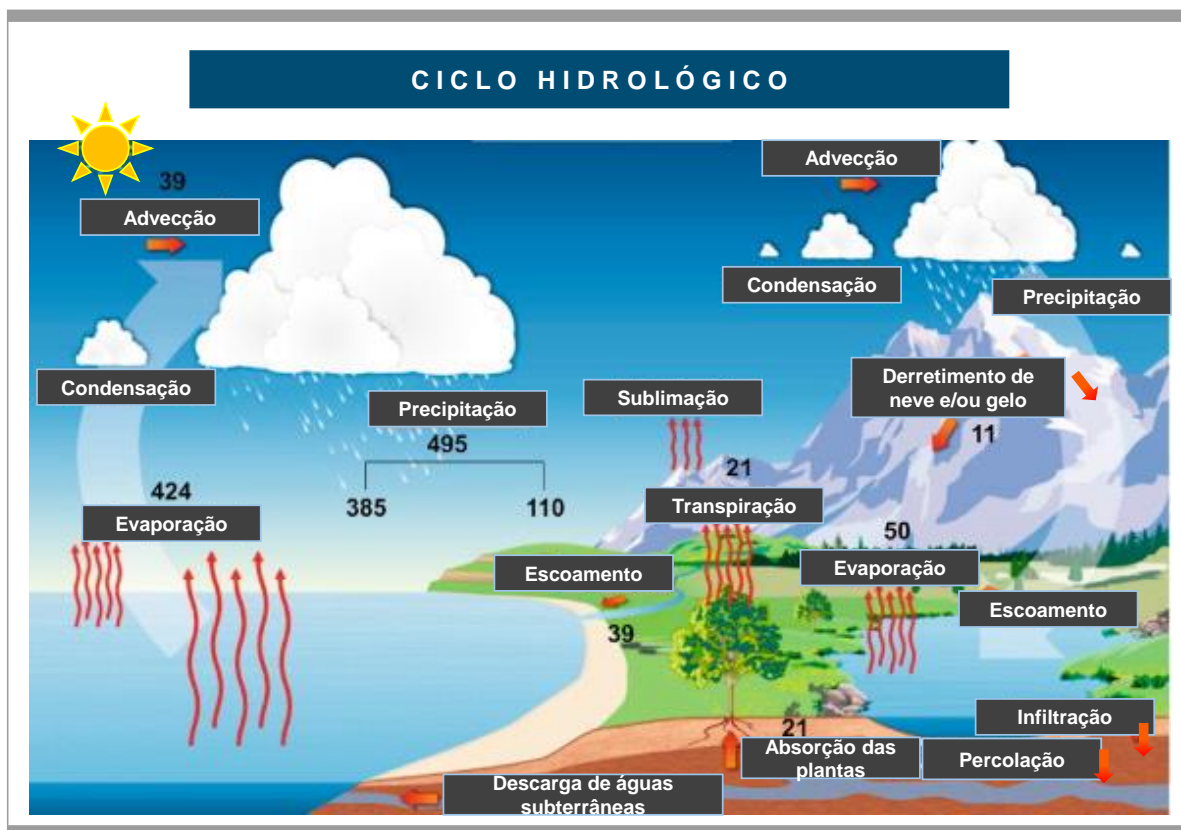


Figura 1 - Ciclo hidrológico global. Fonte: Modificado de Marshall (2014).

## 2.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

O surgimento do termo bacia hidrográfica foi definido como um conceito operacional para gerir os recursos hídricos. Esse conceito passou a ser considerado por engenheiros e planejadores visando entender a natureza, além de melhorar as tarefas voltadas a água e seus benefícios. Atualmente, o emprego da bacia hidrográfica na gestão integrada dos recursos hídricos é compreendida como um princípio fundamental das políticas de água contemporâneas (MOLLE, 2009).

Considerando os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (nº 9.433/1997), sendo a principal legislação brasileira voltada a gestão da água, que se encontra em vigor há 25 anos, fica explícita a fundamental importância de se estudar as bacias hidrográficas. Assim, necessitam ser caracterizados diversos atributos dessas unidades fisiográficas, como: a área de contribuição, a rede

de drenagem, a inclinação, o regime de chuvas, o uso e cobertura do solo, o clima e a vazão (HONÓRIO et al., 2020).

Diversos estudos contribuem diferentemente para entender os atributos de uma bacia hidrográfica, como a morfometria, a análise dos relevos, a avaliação de sedimentos, a qualidade e a oferta hídrica, a realização da análise ambiental sistêmica, a efetuação do diagnóstico ambiental e dos hidroterritórios. Desse modo, a bacia hidrográfica consiste em uma célula de análise adotada desde nível internacional a estadual com o intuito de averiguar variados objetos amostrais (GOMES; BIANCHI; OLIVEIRA, 2021). O Quadro 1 apresenta conceitos de bacias hidrográficas definidos por vários autores.

**Quadro 1** - Autores que definiram e caracterizaram a bacia hidrográfica.

<b>Autores</b>	<b>Definição e Caracterização de Bacia Hidrográfica</b>
Horton (1945)	Define como um sistema composto por um conjunto de canais de drenagem que escoam pela superfície terrestre com limites naturalmente definidos. A drenagem pode ser hierarquizada e quantificada com intuito de compreender o ciclo hidrológico, os processos erosivos, bem como a dinâmica natural da área.
Chorley (1962)	Compreendida por um sistema aberto que capta água, sendo composta por divisores topográficos, onde os cursos de água fluem para um canal d'água principal seguindo uma saída comum. Assim, é compreendido como um sistema aberto por seus elementos serem inter-relacionados por meio de vários processos hídricos, morfogenéticos, pedogenéticos e outros.
Brasil (1997)	O artigo 1º, inciso 5, define que a bacia hidrográfica trata-se da unidade territorial para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Vélez, Núñez e Trujano (2003)	Corresponde um território, região ou zona caracterizada pela água pluvial que precipita nessa superfície e percorre para um rio comum. Dessa forma, toda a água acumulada flui em um afluente maior, em um lago ou mar. Mencionam que a bacia hidrográfica apresenta uma área de abrangência acima de 50.000 ha.
Santos (2004)	Constitui como um território que é drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes e intermitentes. Esse conceito relaciona à noção de sistema, de nascentes, de divisores de águas, de cursos hierarquizados e exutório.
Torres e Vianna (2008)	Defendem que a bacia hidrográfica é compreendida como uma porção da superfície terrestre abastecida de recursos hídricos politicamente administrados pela gestão pública por meio de normatizações, gestão, controle, planejamento, cobranças de impostos e pelas relações de pertencimento e identidade que determinadas populações têm com aquela área. Dessa forma, o conceito compreende também as relações simbólicas e culturais daqueles que vivem o hidroterritório.
Tundisi (2008)	Afirma que é uma área da superfície terrestre drenada por rios e riachos, além disso, a bacia hidrográfica apresenta todos os elementos para a integrar processos biogeofísicos, econômicos e sociais. Corresponde a uma unidade natural que possibilita realizar a integração institucional e a articulação da pesquisa com o gerenciamento, bem como permite implantar um banco de dados para funcionar como uma plataforma para o desenvolvimento de projetos com alternativas.
Gálvez (2011)	Atua como um sistema integrado por diversas sub-bacias hidrográficas e microbacias.
Gaspari et al. (2013)	A bacia hidrográfica atua como um sistema de relações socioeconômicas, cuja base territorial e ambiental consiste em uma rede de drenagem superficial, formada por rios que drenam para um curso d'água principal, e este, para o mar.

Fonte: Modificado de GOMES; BIANCHI; OLIVEIRA (2021).

Mediante as características físicas da bacia hidrográfica definiu-se esta como a melhor unidade de planejamento para o desenvolvimento dos recursos terrestres (ADINARAYANA; RAMA KRISHNA; GOPAL RAO, 1995). Pois se trata de um sistema auto-organizado, onde a sua forma, a drenagem, o relevo, os tipos de solo, e a cobertura vegetal, são oriundos de processos ecológicos, geomórficos que se adaptam (SIVAPALAN, 2005).

Os profissionais especialistas em hidrologia de bacia atuam em vários aspectos diferentes, porém conservam a mesma base, que consiste na necessidade de compreender, gerenciar e como enfrentar a variabilidade espacial e temporal frente às entradas de água e energia na bacia hidrográfica. Compreender a variação espaço-temporal dos processos hidrológicos que ocorrem em nível de bacia hidrográfica, bem como seus extremos, permite realizar várias aplicações como: estimar enchentes, mitigar a seca, analisar os sistemas de recursos hídricos (SIVAPALAN, 2005).

As bacias hidrográficas são responsáveis por fornecer os recursos hídricos para utilização nas atividades humanas e no equilíbrio dos ecossistemas. Diante disto, entender como, quando e onde ocorrem as alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos, associados aos eventos extremos, é fundamental para o gerenciamento adequado da água em ambiente sujeito a transformações (CHEN et al., 2021). Muitos estudos têm utilizado as sub-bacias hidrográficas que compõem uma bacia hidrográfica maior para estudar atributos ambientais (por exemplo, características hidrológicas). O uso das sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento permite determinar o impacto dos fatores que contribuem individualmente em determinada variável de interesse (KELLNER; HUBBART, 2019). A priorização de sub-bacias hidrográficas consiste em um dos princípios mais essenciais para a gestão integrada e adequada de bacias hidrográficas (RAHMATI et al., 2019).

### **2.3 Gestão dos recursos hídricos**

O planejamento e o gerenciamento integrado dos recursos hídricos são fatores essenciais que auxiliam os tomadores de decisão na identificação e solução de problemas quanto à disponibilidade e aos usos da água (PEDRO-MONZONÍS et al., 2016). Trata-se de uma prioridade para os países desenvolvidos e em desenvolvimento ajustarem as suas políticas de disponibilidade e demanda hídrica, bem como a gestão sustentável dos recursos hídricos, em um ambiente com mudança constante (JAYARATHNA et al., 2017).

Um dos pontos mais relevantes sobre esta questão é a consciência do governo e da sociedade no processo de gestão dos recursos hídricos, de forma a proporcionar melhor qualidade de vida e

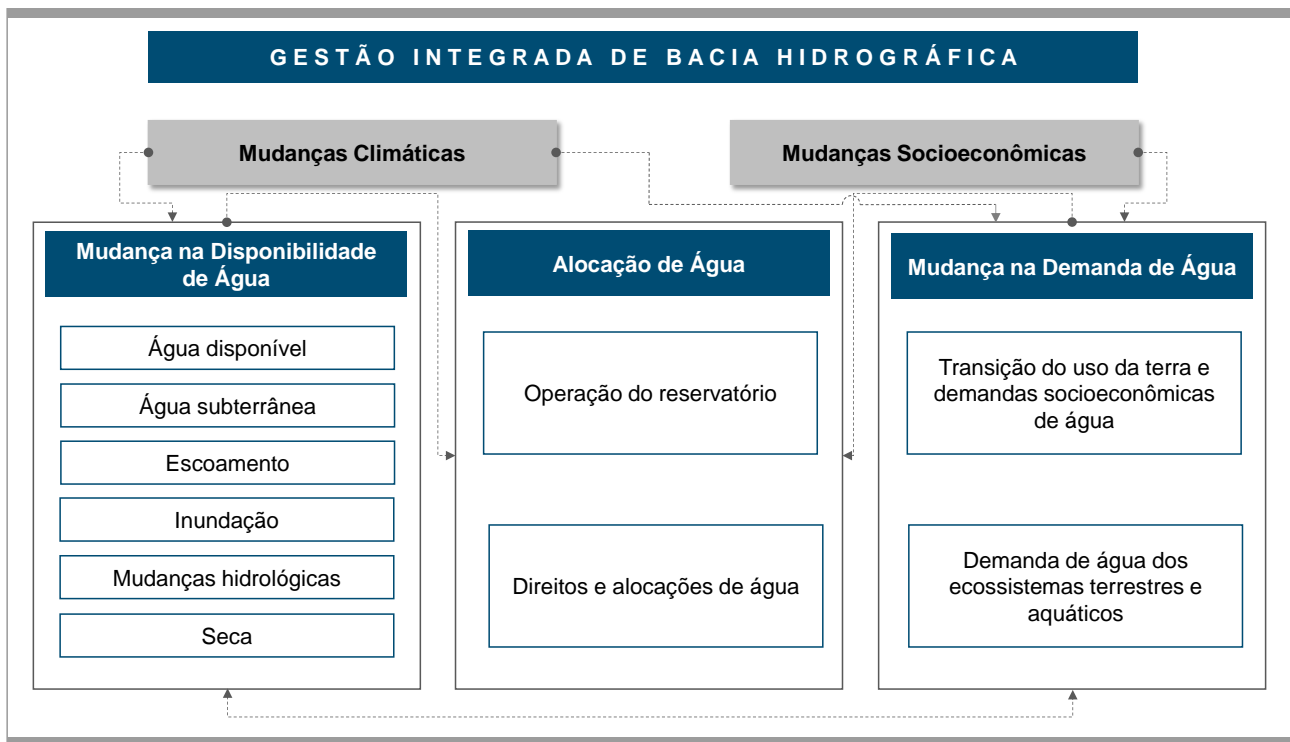
avanço no crescimento e desenvolvimento econômico do país (FILARD; SOUZA, 2017). No entanto, a execução da gestão não é algo simples, ela deve ser descentralizada e participativa, e mais do que qualquer coisa, deve levar em conta as peculiaridades de cada região.

É importante reformular o planejamento do uso dos recursos hídricos, com a intenção de elevar a eficiência da gestão, bem como, aproveitar melhor a água para enfrentar a crescente demanda pelos usos múltiplos (MONTAÑO; SOUZA, 2016). A adequada gestão da água necessita de uma organização de base institucional, jurídica e administrativa, além do conhecimento de atributos hidrológicos. Considerando a estrutura legal e institucional, a administração dos recursos hídricos, apresenta dois segmentos básicos: a gestão de oferta e a gestão de demanda (GRANNEMANN; REEVES, 2005).

A gestão de recursos hídricos está submetida a vários tipos de conflitos relacionados ao atendimento de demandas de água múltiplas e conflitantes, às relações entre usuários e meio ambiente e à conformidade com os regulamentos (VOLLMER et al., 2018), e particularmente, é desafiadora em bacias hidrográficas com escassez de água, onde a baixa oferta hídrica é combinada com uma demanda potencial de água que excede a capacidade de fornecimento do sistema natural (ALDAYA et al., 2019).

O principal desafio em nível mundial para obter uma adequada gestão dos recursos hídricos está relacionado diretamente em garantir que o abastecimento de água seja suficiente para suprir as demandas ambientais e dos diversos usos. Os fatores como a alta variação no abastecimento, as políticas e as tomadas de decisão, além dos efeitos das alterações climáticas provocam o agravamento deste desafio. Diante disto, é fundamental o entendimento dos fatores que estimulam as alocações de água e as implicações aos usuários e o meio ambiente (STEINFELD et al., 2020).

A gestão integrada dos recursos hídricos consiste em processo de gerenciamento coordenado de maneira conjunta com os recursos naturais e os setores envolvidos (INGOLD et al., 2016). Implementar uma gestão integrada visa agregar adequadamente os setores interessados e a base institucional (BARBOSA; MUSHTAQ; ALAM, 2017), levando em consideração os novos desafios que refletem no uso sustentável dos recursos hídricos (Figura 2) (YANG; YANG; XIA, 2021).



**Figura 2** - Gestão integrada de bacias hidrográficas. Fonte: Adaptado de Yang; Yang; Xia (2021).

O Brasil está incluído em uma lista de 40 países que seguiram a abordagem da gestão integrada da água. Esse gerenciamento integrado dos recursos hídricos, leva em consideração que a água doce é limitada, porém, fundamental para manter o desenvolvimento das atividades, a vida, e sustentar o meio ambiente. Dessa forma, é importante que seja gerida de maneira sustentável, sempre levando em consideração os diversos setores de uso e as populações futuras (HASSING; IPSEN; CLAUSEN, 2009).

O território brasileiro possui um sistema hierárquico de leis que delibera o acesso aos recursos naturais. Quando a questão se trata da água, a Lei da Água (nº 9.433/1997) e a Lei do Saneamento (nº 14.026/2020) - instituem os serviços de água e saneamento, respectivamente, e também os sistemas, as políticas e as taxas de gerenciamento de recursos hídricos. As práticas de governança da água é moldada pela combinação dessas duas leis anteriormente citadas (BRASIL, 1997; EMPINOTTI; BUDDS; AVERSA, 2019; BRASIL, 2020).

Com aporte da legislação, a água é considerada um bem comum como citado na Constituição Brasileira de 1988, sob domínio federal e estadual (ELABRAS VEIGA; MAGRINI, 2013). A Política Nacional de Recursos Hídricos, que consiste na Lei Federal nº 9433/1997, incide realizar a gestão de maneira participativa, descentralizada e integrada, ou seja, deve necessariamente incluir a sociedade e seus diversos segmentos (GUTIÉRREZ, 2010, URTIGA; MORAIS, 2015). O acesso a água é comandado pelo governo federal, no entanto, a estrutura institucional para o abastecimento e

saneamento básico são de responsabilidade dos estados e municípios (EMPINOTTI; BUDDS; AVERSA, 2019).

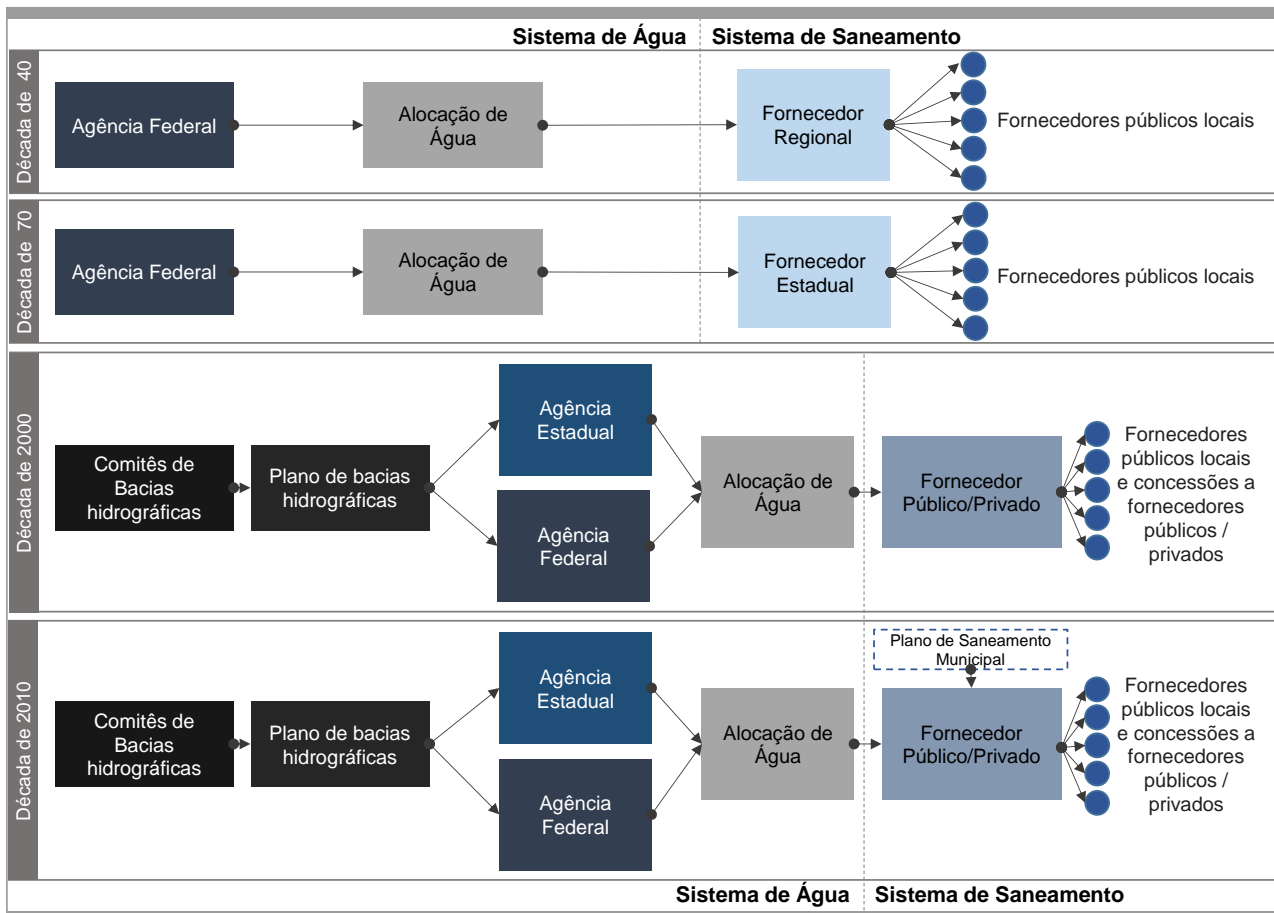
Em 1991, antes mesmo da federação e a maioria dos outros estados brasileiros, o estado de São Paulo instituiu sua Lei das Águas (nº 7.663/1991) (SÃO PAULO, 1991). Além da criação de um sistema participativo de gestão, o estado foi dividido em 22 regiões hidrográficas (Figura 3). Foram implementados órgãos colegiados consultivos e deliberativos, sendo o Conselho Estadual de Águas e os Comitês de Bacias Hidrográficas. Em nível estadual, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atuam na elaboração dos dados referentes a quantidade e qualidade da água (BARBOSA; ASLAM; MUSHTAQ, 2016).



**Figura 3** - Divisão do estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Fonte: Adaptado de SIGRH (2021).

Vale mencionar que no último século houve alterações legais e de gestão que influenciaram o serviço de água na RMSB. Esse fato fez com que a administração da água e do saneamento alternasse de privada para pública, e logo, de pública para uma administração mista, sendo, privada-pública. A governança foi modelada do nível municipal, regional, e por fim, estadual. Todas essas alterações devem ser levadas em conta, uma vez que, teceram o cenário institucional da água em vigência. Neste

sentido, para compreender como ocorre o acesso e a distribuição da água em São Paulo e na região metropolitana paulista, é essencial ter a compreensão das estruturas legal e institucional e como foram adaptadas ao decorrer do tempo (Figura 4) (EMPINOTTI; BUDDS; AVERSA, 2019).



**Figura 4** - Acesso e distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo: arranjos institucionais no decorrer das décadas de 40 a 2010. Fonte: Adaptado de Empinotti; Budds; Aversa (2019).

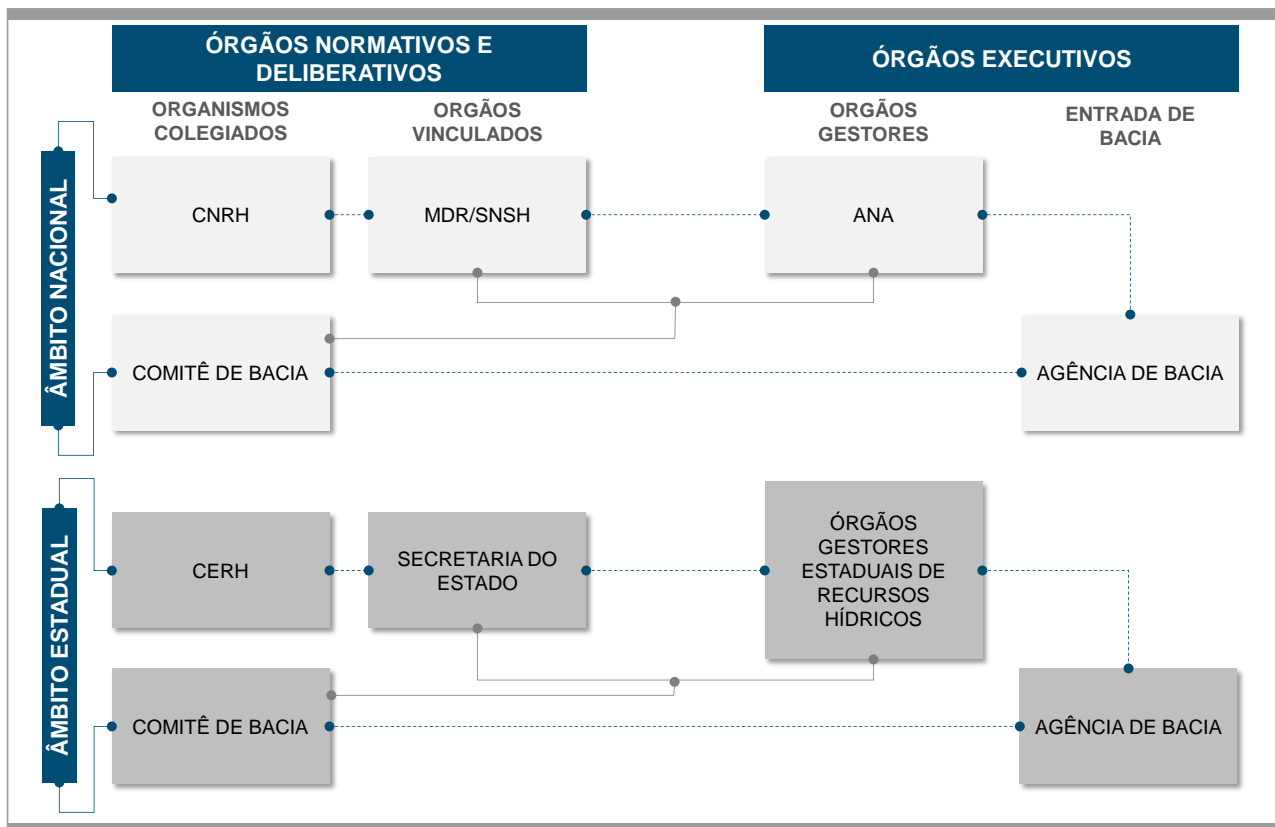
Para melhor entendimento de como estrutura-se atualmente o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), a Tabela 2 e a Figura 5 apresentam em âmbito nacional e estadual, quais as responsabilidades dos órgãos deliberativos, normativos e executivos.



**Tabela 2** - Responsabilidades dos órgãos deliberativos, normativos e executivos que formam o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

<b>Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos</b>	
<b>Órgãos executivos</b>	
<b>Agência de Bacia</b>	- Apoia administrativamente e tecnicamente os comitês de bacia hidrográfica.
<b>ANA</b>	- A Agência Nacional de Águas foi criada pela Lei nº 9.984/2000, sendo responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos em bacias hidrográficas interestaduais, bem como atuar na coordenação de ações do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Além disso, acrescentam-se outras atribuições pela Lei nº 14.026/2020, que inclui a edição de normas de referência para o saneamento básico, dessa forma, esse órgão executivo passou a ser denominado como Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.
<b>Órgãos gestores estaduais de recursos hídricos</b>	Apresentam competências para implementação de Políticas Estaduais de Recursos Hídricos.
<b>Órgãos deliberativos e normativos</b>	
<b>CERH</b>	- Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), atua em âmbito estadual, é um colegiado consultivo, normativo e deliberativo quanto à gestão dos recursos hídricos, presente em todos estados brasileiros;  - Consiste na última instância recursal na mediação de conflitos pelo uso da água em rios estaduais.
<b>CNRH</b>	- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), atua em âmbito nacional, é um colegiado consultivo, normativo e deliberativo à gestão dos recursos hídricos;  - Consiste na última instância recursal na mediação de conflitos pelo uso da água em rios federais.
<b>Comitê de Bacia</b>	- São colegiados consultivos, normativos e deliberativos com atuação em bacias de rios estaduais e/ou federais. Operam na mediação de conflitos pelo uso da água como primeira instância recursal;  - Podem atuar em nível de bacia hidrográfica, sub-bacia hidrográfica ou um grupo de bacias hidrográficas;  - Composto por representantes do governo das três esferas de poder, usuários de recursos hídricos e entidades civis de recursos hídricos cuja atuação seja validada na bacia hidrográfica.
<b>MDR/SNSH</b>	- Titular do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) preside o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;  - Atuação da Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH) como secretaria-executiva.
<b>Secretaria do Estado</b>	- Titular preside o Conselho Estadual de Recursos Hídricos;  - Atuação como secretaria-executiva.

Fonte: Adaptado de ANA (2021).

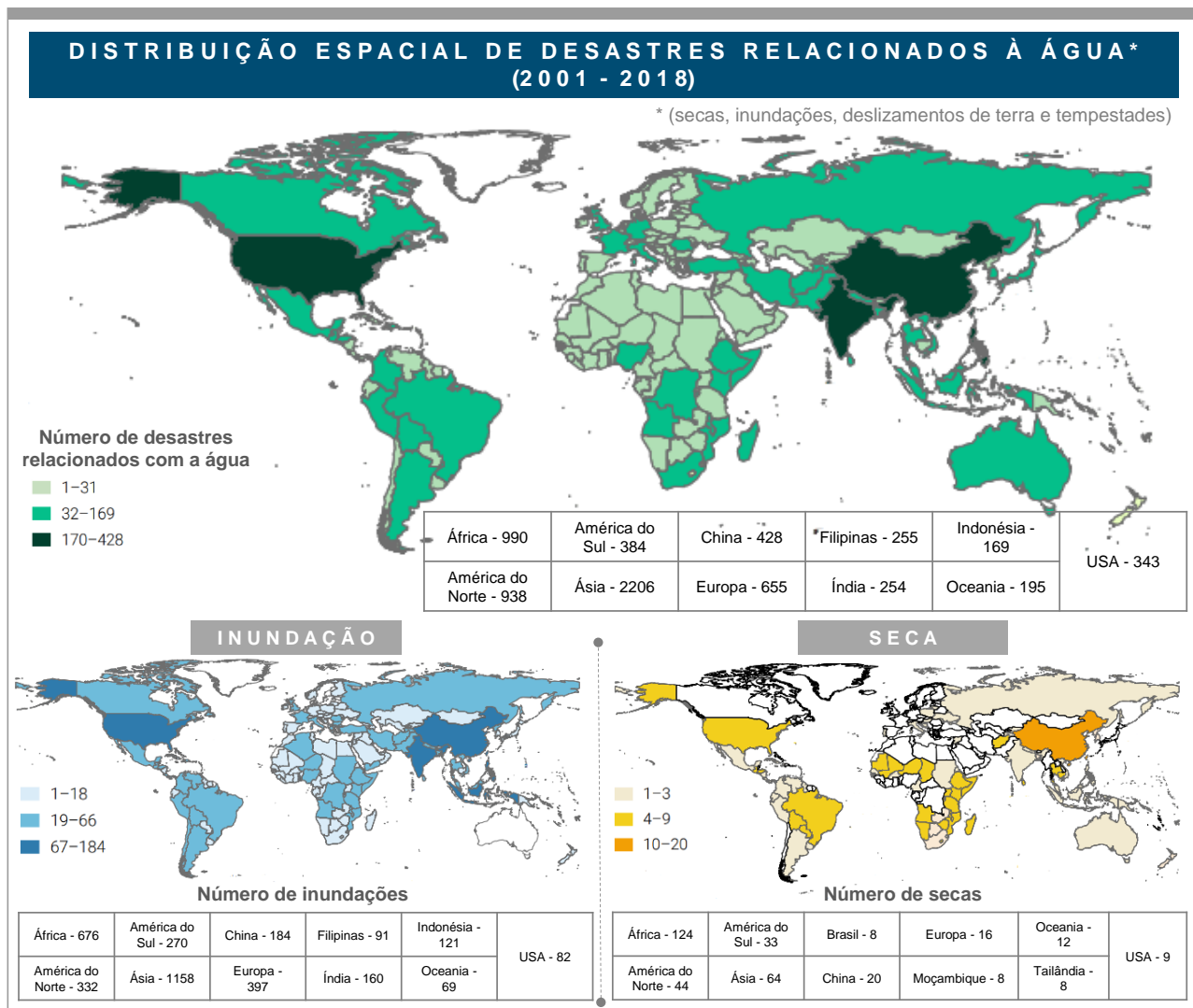


**Figura 5** - Estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Fonte: Adaptado de ANA (2021).

## 2.4 Situação hídrica mundial e nacional

A temática de sustentabilidade no mundo está diretamente relacionada com a segurança de água doce (LAKSHMI; FAYNE; BOLTEN, 2018). De acordo com o Relatório de Riscos Globais desenvolvido pelo Fórum Econômico Mundial no ano de 2016, as crises hídricas foram definidas como um dos grandes desafios globais para a próxima década (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

O Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas, ano base de 2018, relata que as mudanças climáticas estão modificando o ciclo hidrológico global. Dessa forma, as áreas consideradas secas estão ficando cada vez mais secas, enquanto, as regiões úmidas tornam-se mais úmidas. Isso pode ser comprovado por meio do estudo realizado pelo Instituto de Água, Meio Ambiente e Saúde da Universidade das Nações Unidas (UNU-INWEH), sobre os desastres relacionados com a água baseado no Banco de Dados de Eventos de Emergência (EM-DAT), apresentado por Perera et al. (2020), no Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas de 2020 (Figura 6).



**Figura 6** - Distribuição espacial de desastres relacionados à água, bem como o número de inundações e secas ocorrentes entre os anos de 2001 a 2018, em âmbito global. Fonte: Adaptado de UNU-INWEH (2021).

No presente, cerca de 3,6 bilhões de pessoas habitam em regiões que apresentam potencialidade para escassez hídrica por pelo menos um mês no ano, e estima-se que esse número possivelmente aumentará entre 4,8 a 5,7 bilhões de pessoas até 2050 (WWAP, 2018). No entanto, Boretti e Rosa (2019) afirmam que essa situação pode ser pior, pois acreditam que esse número pode estar subestimado. Mesmo que este relatório aborde medidas baseadas na natureza considerando a população total e o crescimento econômico, é fundamental associar a demografia e a economia com normas eficazes que devem ser aplicadas igualmente no mundo, que visem a limitação da poluição, a preservação dos aquíferos, e a economia de água.

As águas superficiais no mundo constituem mais de 70% do total de captações de água classificadas para o uso consuntivo (FAO, 2016). Porém, a oferta de água por pessoa em muitas regiões do planeta está em constante diminuição, sendo que o crescimento populacional mundial se trata de um dos motivos para o fato, pois a população global alterou de 2 bilhões de pessoas na década

de 50 para a ordem de 7,4 bilhões (LAKSHMI; FAYNE; BOLTEN, 2018). Associado ao crescimento da população, o conjunto de atividades antrópicas, a variabilidade natural e as mudanças climáticas são fatores que indicam as mudanças emergentes na oferta global de água doce. Quantificar esses impactos é um desafio em decorrência do quão complexo são as interdependências entre os sistemas físico e socioeconômico (KOUTROULIS, et al., 2019).

A oferta e disponibilidade de recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, apresentam regiões de abundância e também locais de escassez em escalas continentais. É importante aprimorar os dados sobre a relação disponibilidade e demanda para os continentes, regiões e bacias hidrográficas (TUNDISI, et al., 2015). Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por todo o mundo com a finalidade de quantificar e/ou qualificar a oferta e a disponibilidade hídrica superficial. O Quadro 2 apresenta alguns dos estudos publicados sobre a temática quanto as águas superficiais.

**Quadro 2** - Estudos realizados sobre a temática de oferta e disponibilidade hídrica superficial.

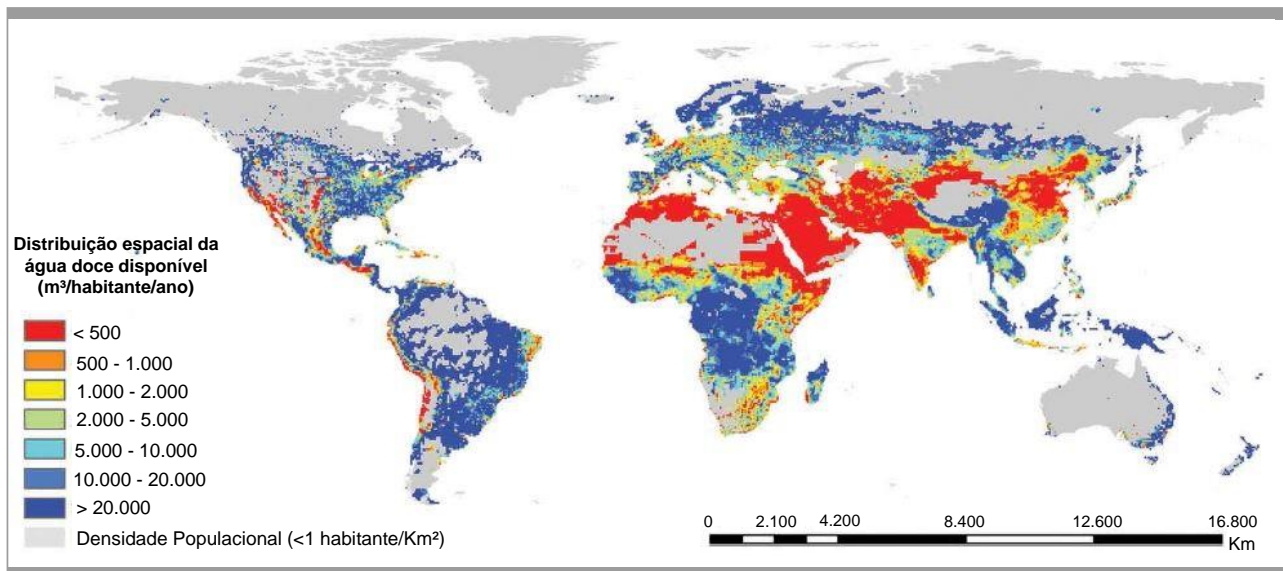
<b>Autores (Ano)</b>	<b>Área de Estudo</b>	<b>Métodos adotados</b>
Mehboob; Kim (2021)	Bacia Hidrográfica do Alto Indo, no Paquistão	O estudo utilizou a ferramenta de planejamento chamada Avaliação e Planejamento da Água (WEAP) para entender a dinâmica das demandas de água em período passado e futuro para diversos cenários futuros. Foram combinados três cenários climáticos distintos, sendo: cenários socioeconômicos; de desenvolvimento econômico, população e desenvolvimento de terras agrícolas locais.
Kaune et al., (2020)	Bacia Hidrográfica do Rio Murrumbidgee, na Austrália	Realizaram uma avaliação para verificar o benefício de utilizar estimativas para a disponibilidade hídrica superficial originadas de um conjunto de modelos hidrológicos globais, com a finalidade de estabelecer uma área que pode ser irrigada.
Dara Lufira et al., (2020)	Bacia Hidrográfica do Rio Gandong, na Indonésia	Para a mensuração da disponibilidade hídrica foram realizadas as seguintes etapas: análise da disponibilidade de água; o teste de consistência de dados de disponibilidade de água do rio; a precipitação média regional considerando o método do polígono de Thiessen; a descarga do rio pelo método de F. J. Mock; a evaporação potencial; o fluxo confiável; a disponibilidade de água de nascentes, poços perfurados e água contida, bem como, as análises das demandas de água.
Somasundaram et al., (2020)	Sri Lanka	O estudo embasou na investigação das mudanças espaciais e temporais, dos impactos dos fatores climáticos e antropogênicos na dinâmica hídrica em zonas seca, intermediária e úmida da ilha. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 para elaboração de mapas de frequência de ocorrência de água sazonal e anual por pixel, para o período de 1988-2019.
Ashraf et al., (2019)	Trinta bacias hidrográficas, no Irã	Foi adotada uma estrutura de avaliação integrada com a finalidade de verificar os efeitos das atividades antrópicas, da variabilidade e mudança do clima sobre a disponibilidade hídrica superficial durante o passado recente e no futuro.
Bekele et al., (2019)	Bacia Hidrográfica de Birr (uma sub-bacia hidrográfica da Bacia de Abbay), na Etiópia	Cenários de mudanças climáticas foram elaborados para indicar a disponibilidade de água futura. A oferta de água superficial foi avaliada utilizando o modelo Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning (HBV).

**Quadro 2** - Estudos realizados sobre a temática de oferta e disponibilidade hídrica superficial (Continuação).

<b>Autores (Ano)</b>	<b>Área de Estudo</b>	<b>Métodos adotados</b>
Rentería-Guevara et al., (2019)	Bacia Hidrográfica do Rio Culiacan, no México	Para obter a disponibilidade hídrica superficial, este estudo apresenta critérios para revisão das configurações das bacias hidrográficas, bem como para delimitar novas bacias hidrográficas baseadas em modelos digitais de elevação, arquivos vetoriais de infraestrutura agrícola e extensa verificação de campo. Puderam afirmar que houve diferenças expressivas na disponibilidade de água superficial calculada sob diferentes delineamentos de bacias hidrográficas.
Kishiwa et al., (2018)	Bacia Hidrográfica do Rio Pangani, na Tanzânia	Adotaram uma técnica de modelagem por meio do acoplamento da Ferramenta de Avaliação do Solo e da Água (SWAT) e modelos de Avaliação e Planejamento da Água (WEAP), para realizarem a simulação de fluxos de água sob alterações no clima, bem como, avaliaram cenários de futura disponibilidade de água para várias atividades econômicas até o ano 2060.
Mahajan; Sivakumar (2018)	Bacia Hidrográfica de Gad, na Índia	Empregou-se o uso de técnicas de geoinformática em conjunto com investigações de campo para entender a relação entre as formas fluviais e os parâmetros hidrofísicos na região. Desta forma, os parâmetros morfométricos foram analisados e integrados com aspectos do meio físico como topografia, pluviosidade, solo, uso e cobertura do solo, geologia e geomorfologia com o intuito de avaliar a disponibilidade potencial de recursos hídricos.
Gupta; Jethoo; Gupta (2016)	Quinze sub-bacias hidrográficas, na Índia	Por meio da aplicação de um Teste de Análise de Variância (ANOVA), foi possível analisar as distribuições temporais e a variabilidade espacial da pluviosidade. Os efeitos das alterações nas características da bacia hidrográfica, bem como, as atividades antrópicas foram analisados com o emprego de uma técnica de regressão.
Straatsma et al., (2016)	Área do Estuário do Baixo Reno-Mosa, na Holanda e a área da Baía do Búfalo Inferior, nos Estados Unidos	Foi desenvolvido o método de triagem rápido para estimativa da disponibilidade operacional de água doce atual e futura baseado em modelos de escala global. O cálculo para obtenção da disponibilidade operacional de água doce foi efetuado usando o modelo global de hidrologia e recursos hídricos PCR-GLOBWB, junto a um modelo global de água subterrânea MODFLOW.
Wurbs; Zhang (2015)	Texas, nos Estados Unidos	Foi utilizada a modelagem neste estudo para realizar análises comparativas dos fluxos em córregos e orçamentos de água do sistema fluvial para condições naturais subdesenvolvidas versus atuais condições de desenvolvimento. As alterações que ocorrem a longo prazo nas características de armazenamento e fluxo, bem como recursos de abastecimento de água foram analisadas por meio de simulações combinando análises de precipitação real observada, taxas de evaporação do reservatório e fluxos de água.
Bennett et al., (2012)	Tasmânia, na Austrália	As alterações na oferta de água superficial foi analisada entre os períodos de 1961-1990 a 2070-2099, por meio de simulações de alta resolução. Foram realizadas seis simulações de precipitação diária e evapotranspiração potencial em um modelo climático regional de resolução variável. Essas variáveis passam por correção baseado no mapeamento de quantis e são usadas como entradas para os modelos hidrológicos AWBM, IHACRES, Sacramento, SIMHYD e SMAR-G, com a finalidade de calcular os fluxos de água. Os modelos hidrológicos são avaliados por 86 medidores de vazão distribuídos em toda a Tasmânia.

A distribuição global de água doce disponível por pessoa foi definida pela pesquisa desenvolvida por Oki e Quioco (2020) (Figura 7) e descreve que uma grande parte do planeta possui

mais de 20.000 m<sup>3</sup> de água doce por pessoa, porém, em áreas semi-áridas da África Subsaariana, regiões da Europa Oriental e no sudeste da China tem menos de 1.000m<sup>3</sup> de água disponível per capita/ano. Enormes extensões do norte e leste da África, Oriente Médio, oeste da Ásia, bem como determinadas localidades no extremo sul e leste da Ásia apresentam uma quantidade ainda menor, sendo inferior a 500m<sup>3</sup> per capita/ano.



**Figura 7** - Distribuição espacial da água doce disponível (m<sup>3</sup>/hab/ano). Fonte: Adaptado de Oki; Quiocho (2020).

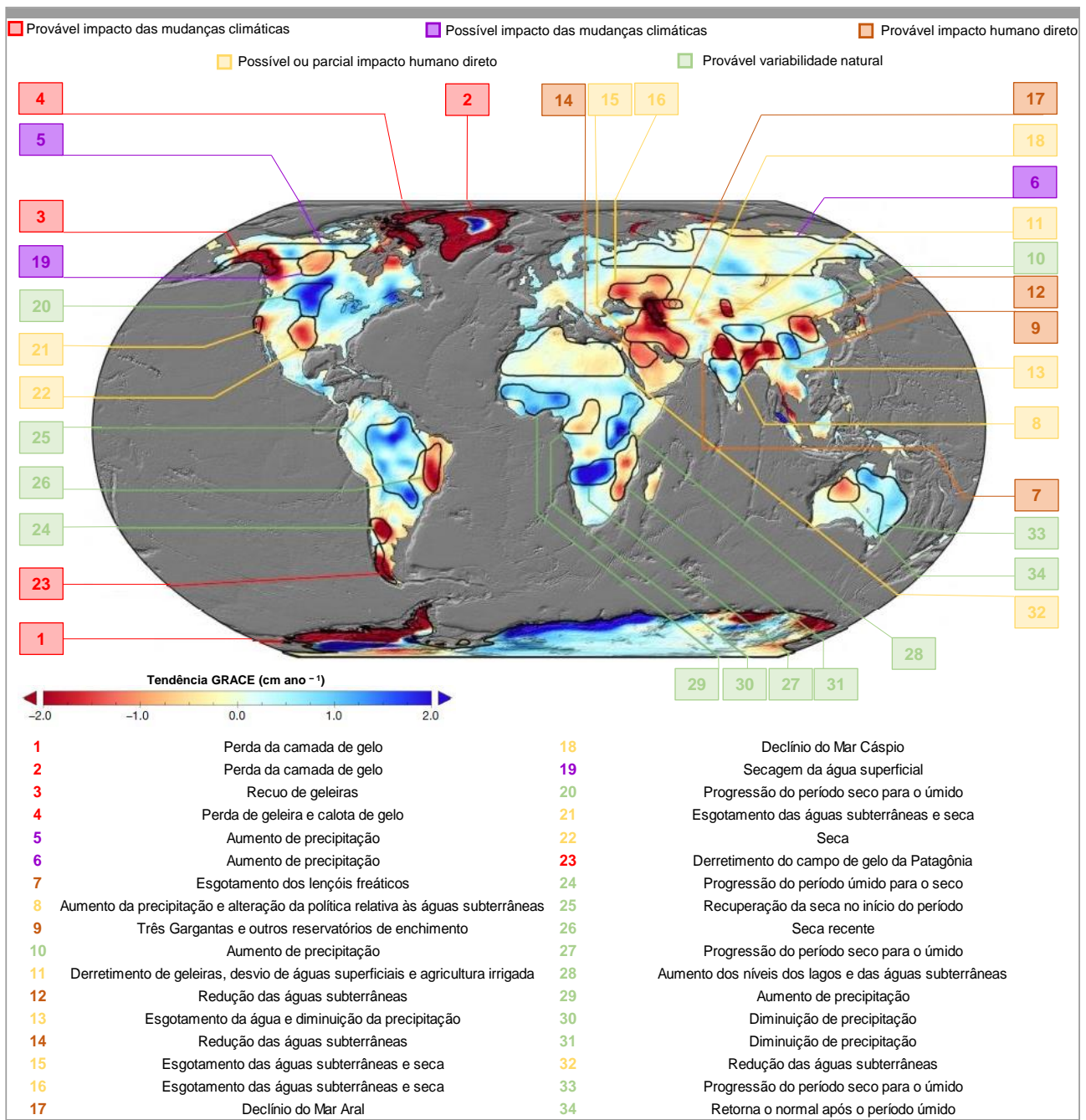
A Tabela 3 apresenta a proporção da população em cada classe de escassez de água analisada pela disponibilidade per capita, incluindo a água da chuva disponível per capita com intuito de comparação.

**Tabela 3** - Distribuição da população por disponibilidade de água.

Disponibilidade hídrica (m <sup>3</sup> per capita/ano)	Descrição	Distribuição Populacional (%)	
		Água da Chuva	Água Doce
<500	Extremamente baixa	9,2	42,2
500-1000	baixa	12,3	13,7
1000-2000	Muito baixa	20,2	13,6
2000-5000	Baixa	23,6	14,7
>5000	Média	34,8	15,9

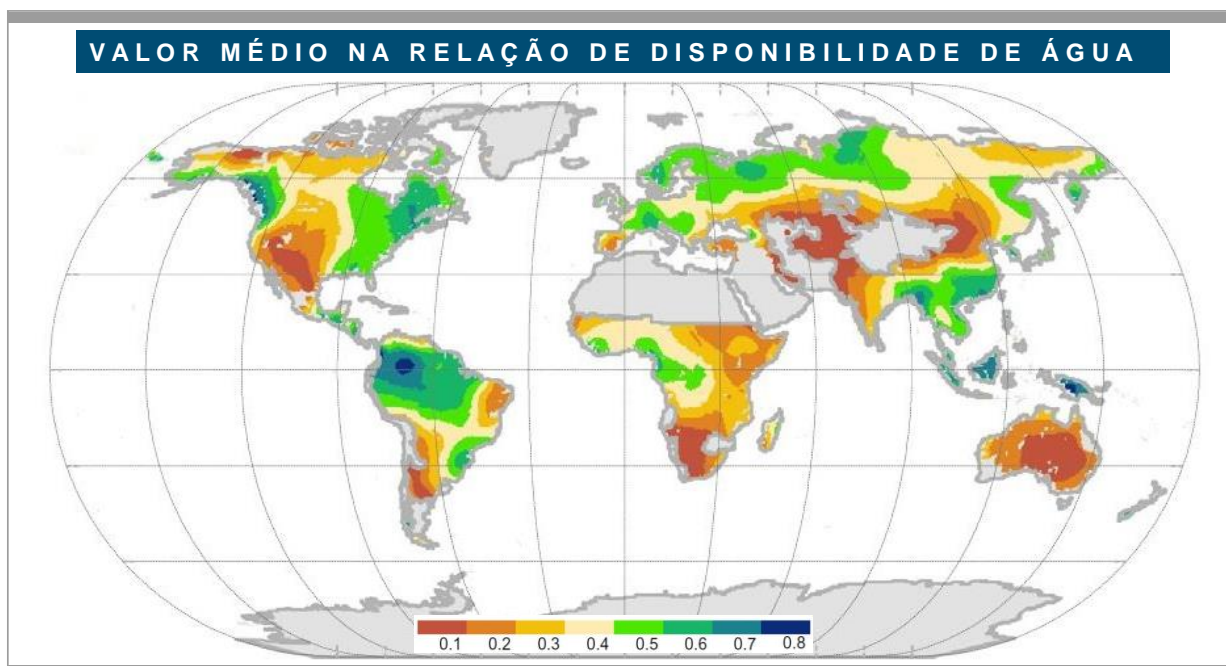
Fonte: Adaptado de Oki; Quiocho (2020).

Em âmbito global, a Europa e o norte da América estão acumulando água doce, porém as latitudes média e baixa sofrem com a redução deste recurso natural. Essas afirmações são baseadas nas tendências de precipitação esperadas para tais áreas, ou seja, maiores volumes de precipitação em regiões de alta latitude e redução de pluviosidade nas latitudes média e baixa (Figura 8) (RODELL, et al., 2018).



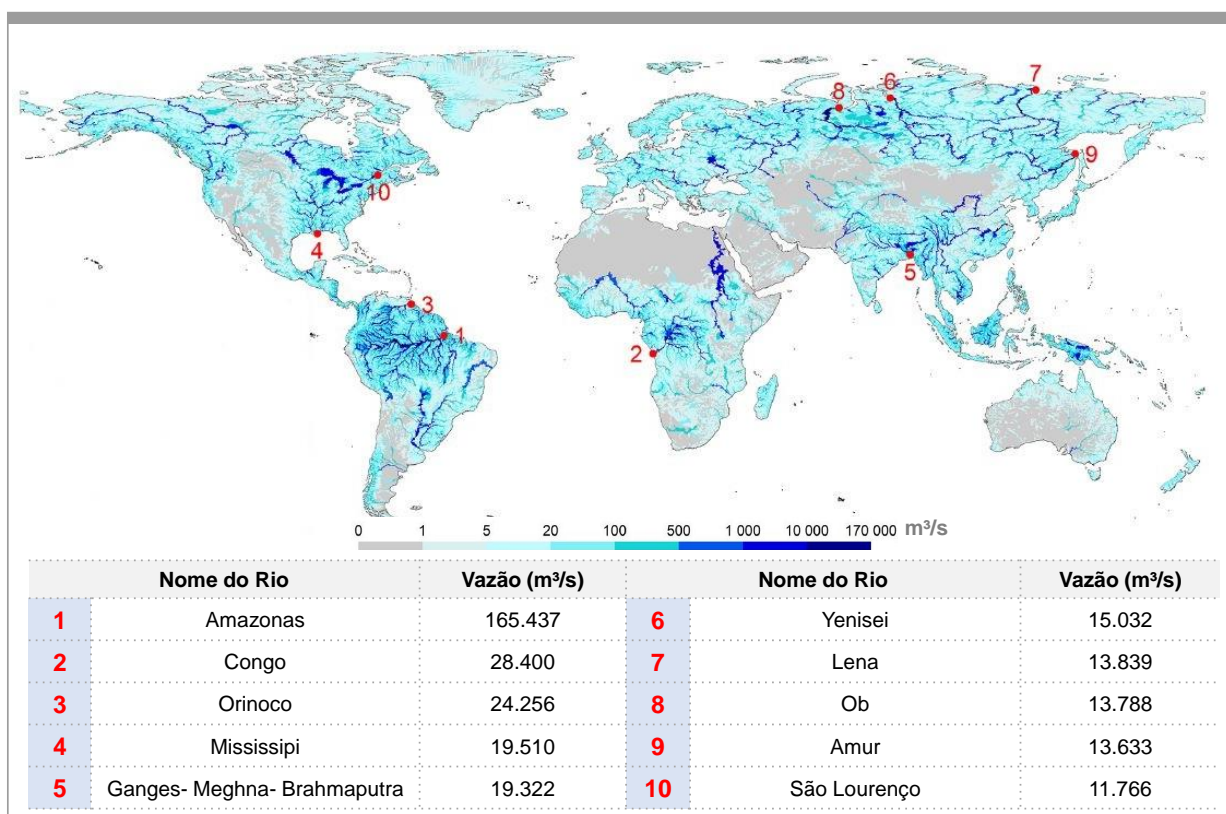
**Figura 8** - Tendências no armazenamento de água (em centímetros por ano) obtidas com base nas observações do *Gravity Recovery and Climate Experiment* (GRACE) de abril de 2002 a março de 2016. Fonte: Adaptado de Rodell et al., (2018).

Uma estimativa a nível global da taxa de disponibilidade hídrica de água em intervalo de valores medianos que variam de 0,1 a 0,8 (Figura 9) foi definida por Wang e Fu (2018). O baixo índice de disponibilidade hídrica se concentra principalmente no norte e centro da Ásia, regiões da Austrália, Oriente Médio e sudeste da África. O norte do Brasil se destaca entre as classes 0,7 a 0,8 indicando uma alta taxa de disponibilidade hídrica.



**Figura 9** - O valor mediano da taxa de disponibilidade de água. Fonte: Adaptado de Wang; Fu (2018).

Essa disponibilidade hídrica superficial está diretamente ligada com a extensão e largura dos canais de drenagem. Dessa forma, o estudo desenvolvido por Arheimer et al. (2020), apresenta um padrão espacial real do fluxo dos rios no mundo, destacando eficazmente as regiões desérticas e os maiores rios (Figura 10).



**Figura 10** - Média anual de vazão de rios em todo o mundo para o período 1981-2015 estimado com o modelo de bacia hidrográfica versão 1.3 da WWH (em média 1020 km<sup>2</sup> de resolução). Fonte: Adaptado de Arheimer et al. (2020).



Ao comparar com outras estimativas de fluxo médio de água nos principais canais de drenagem, o modelo WWH (World-Wide HYPE) demonstra os resultados na mesma proporção, porém, vale ressaltar que essas comparações devem ser realizadas considerando o mesmo período de tempo com a finalidade de entender a variabilidade natural em decorrência das mudanças climáticas. Destaca-se que os rios Amazonas (Brasil), Congo (República Democrática do Congo) e Orinoco (Venezuela) sobressaem dos demais por ordem de tamanho, podendo afirmar que o fluxo do Rio Amazonas é quase seis vezes maior quando comparado com qualquer outro rio (ARHEIMER et al., 2020).

O Brasil apresenta uma grande quantidade de água considerando os níveis globais. Porém, os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no país. Esse fato associado as demandas de água pelos vários setores econômicos nas regiões hidrográficas brasileiras, com os problemas de poluição hídrica, determinam a importância de ações efetivas de gestão e planejamento dos recursos hídricos por meio de monitoramento (ANA, 2020).

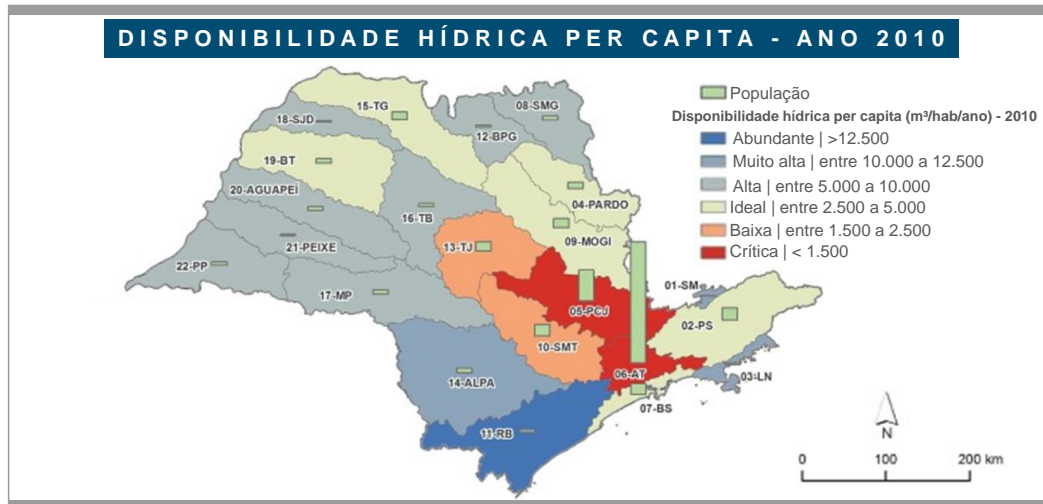
De acordo com a ANA, aproximadamente 255.000m<sup>3</sup>/s de água escoam pelo Brasil. Embora represente abundância, a bacia Amazônica apresenta aproximadamente 80% desse total. Além disso, somente uma parcela dessa quantidade se mantém nos canais de drenagem no período de estiagem do ano, sendo inclusive menor nos anos mais secos. Cerca de 95% dos dias, encontram-se aproximadamente 30% da vazão média nos rios do país, vale ressaltar que cerca de 63.000m<sup>3</sup>/s na Bacia Amazônica e 13.000m<sup>3</sup>/s nas outras bacias hidrográficas. No entanto, este número pode alterar nas várias regiões, em decorrência, por exemplo, da distribuição de chuvas e as características do solo (ANA, 2020).

Nos últimos anos, a escassez hídrica vem acontecendo com maior frequência em algumas regiões brasileiras. Segundo o relatório da ANA, ano base de 2018, 51% (2.839) do total de 5.570 municípios brasileiros, anunciaram estado de emergência ou de calamidade em decorrência da estiagem ocorrida pelo menos uma vez entre os anos de 2003 a 2017. Quanto à demanda hídrica no país, a estimativa dos últimos vinte anos apresenta um crescimento de cerca de 80% (ANA, 2018).

O estado de São Paulo contém 3% da disponibilidade hídrica do território nacional, possuindo 21,6% da população do Brasil. A disponibilidade hídrica per capita de água superficial para o ano de 2010 neste estado, consistiu em 2.386m<sup>3</sup>/hab.ano (SÃO PAULO, 2013), sendo uma quantidade expressiva que segundo os níveis da categoria ONU-Água (ONU, 2015), não apresenta situação de escassez do recurso hídrico, porém, se esta escala de análise for modificada para menos de 5% da

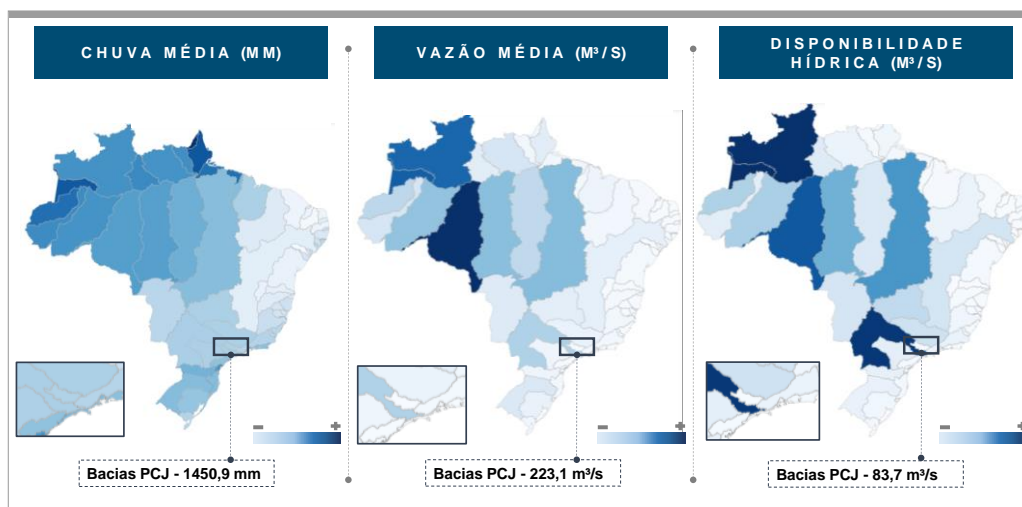
área do estado de São Paulo, considerando a RMSP, a situação da disponibilidade alteraria de maneira drástica (USSAMI; MARTINS GUILHOTO, 2018).

Citando um exemplo, as bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Jundiá e Capivari (Bacias PCJ) que se tratam de uma Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo, se enquadra como uma das regiões classificadas em situação crítica com relação à disponibilidade de água per capita (Figura 11) (SÃO PAULO, 2013).



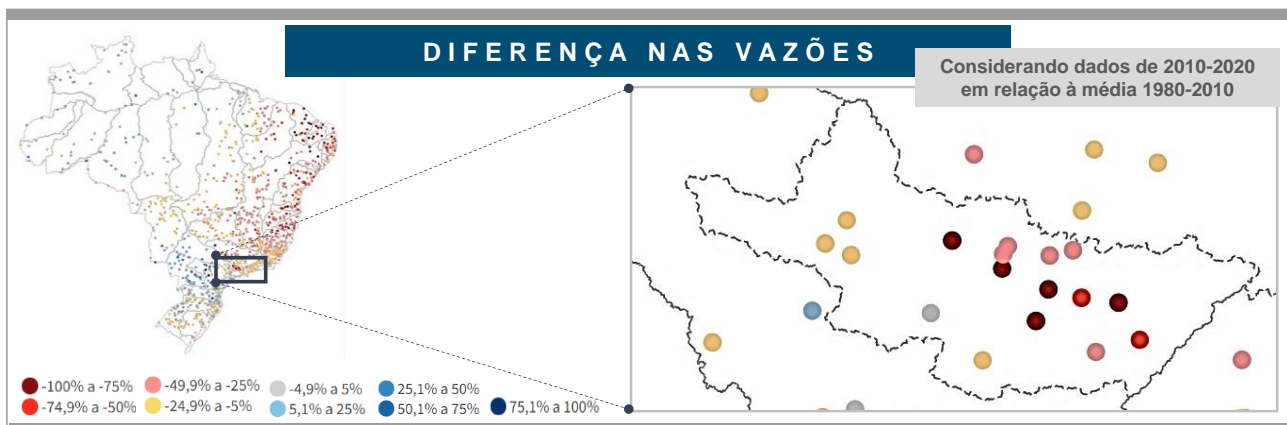
**Figura 11** - Disponibilidade de água per capita nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo-2010. Fonte: São Paulo et al. (2013).

De acordo com a Conjuntura dos Recursos Hídricos elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021), embora a chuva média anual no país seja de 1760mm, a análise permitiu verificar que em 2021 a região semiárida recebeu menos de 500mm de chuva, enquanto na região Amazônica precipitaram mais de 3000mm. Na região das Bacias PCJ, a chuva média precipitada para 2021 totalizou 1450,9mm (Figura 12) (ANA, 2021).



**Figura 12** - Chuva média, vazão média e disponibilidade hídrica em todas as regiões hidrográficas brasileiras, com enfoque nas bacias PCJ. Fonte: Adaptado de ANA (2021). Dados atualizados em Novembro de 2021.

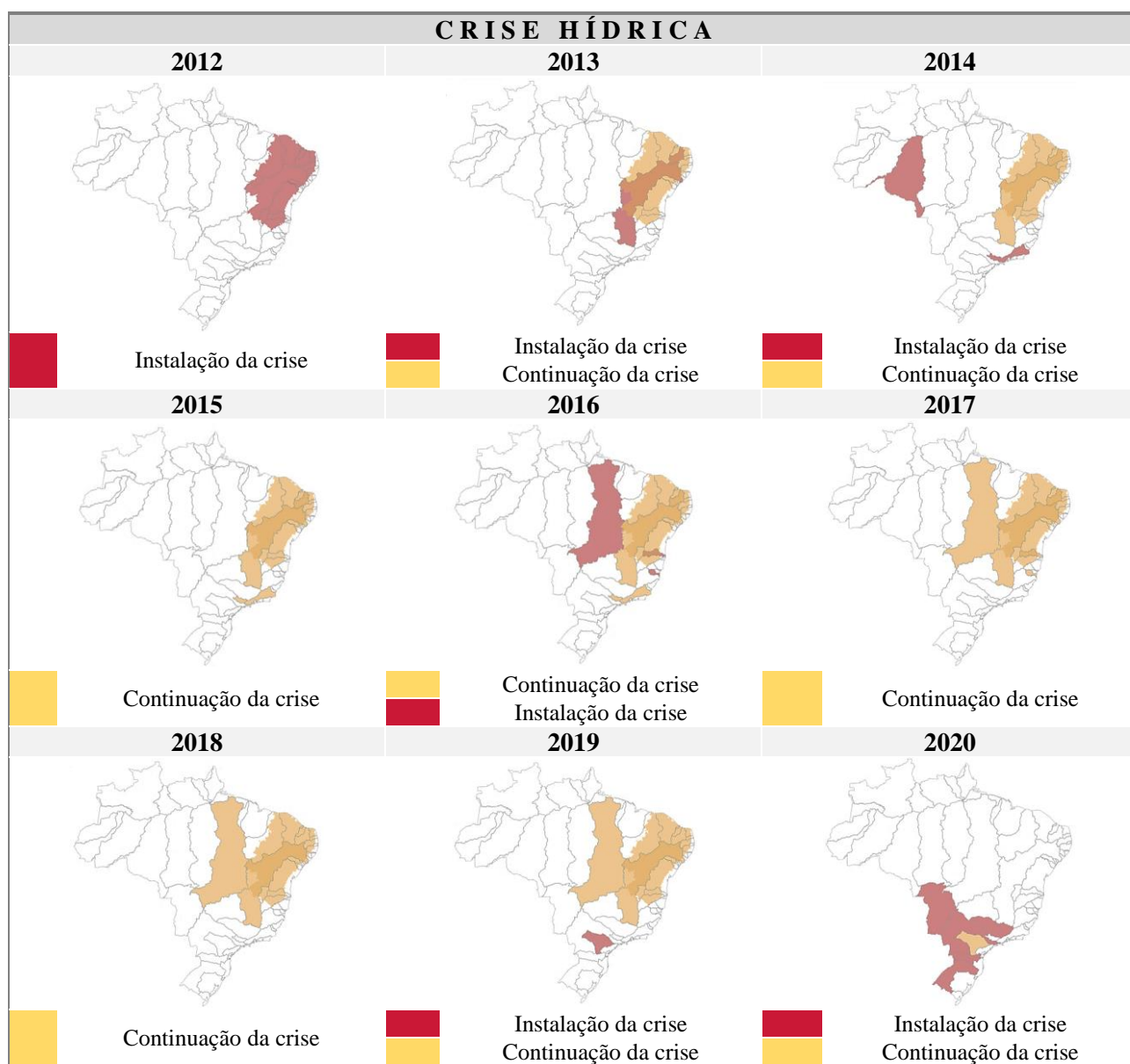
Com relação à vazão média, pode-se afirmar que as mudanças nos regimes fluviométricos, verificadas nas regiões hidrográficas, sofrem influência das diversas condições de chuva, armazenamento de água no solo, declividade dos terrenos e evapotranspiração. Neste contexto, enquanto a bacia Amazônica registra quase 80% dos 255 mil m<sup>3</sup>/s de água que fluem em média pelo país, as Bacias PCJ, apresentam uma vazão média é de 223,1m<sup>3</sup>/s, seguida da disponibilidade hídrica de 83,7m<sup>3</sup>/s. Essa última é definida de maneira que obtenha um nível alto para garantir a oferta hídrica para vários usos. Dessa forma, são levadas em consideração as garantias naturais, além daquelas adicionadas dos reservatórios artificiais (ANA, 2021). Entre os anos de 2010 a 2020, ocorreram reduções acentuadas de vazões em grande parte do território brasileiro e também a ocorrência de cheias pontuais. O declínio das vazões pôde ser notado entre os anos de 2014 a 2017 e em 2020, como foi o caso das Bacias PCJ (Figura 13) (ANA, 2021).



**Figura 13** - Diferença nas vazões, levando em consideração dados fluviométricos de 2010 a 2020, correlacionados com a média dos dados para 1980 a 2010. Fonte: Adaptado de ANA (2021). Dados atualizados em Novembro de 2021.

A ocorrência de secas ou cheias provocam as crises hídricas, e junto com elas ocorrem impactos ambientais e socioeconômicos. Essas crises são provindas de uma série de fatores que abrangem causas naturais como variabilidade no regime de chuvas, e também causas antropogênicas, como exemplo, as alterações no clima global, o aumento da população, a crescente demanda hídrica, a inexistência ou a ineficiência de gestão (ANA, 2021).

Em diversas bacias hidrográficas brasileiras, as crises hídricas manifestaram desde 2012, cujos cenários hidrológicos eram críticos, com chuvas e vazões de rios enquadrados abaixo da média histórica, afetaram notoriamente os diversos usos, inclusive a geração de energia no Brasil (ANA, 2021). A Figura 14 apresenta as regiões afetadas com a crise hídrica, considerando o período de 2012 a 2020.



**Figura 14** - Crises hídricas a partir de 2012 a 2020 nas regiões hidrográficas brasileiras. Fonte: Adaptado de ANA (2021). Dados atualizados em Novembro de 2021.

## 2.5 O Sistema Cantareira

Em 1974, inaugurou-se o Sistema Cantareira (SC) que consiste em uma infraestrutura hídrica entre as Bacias PCJ e a região do Alto Tietê (DE SOUZA LEÃO; DE STEFANO, 2019), e até hoje, é considerado como o principal fornecedor de água para cerca de 9 milhões de pessoas da RMSP (Figura 15) (NOBRE et al., 2016; BILLERBECK; MELLO JUNIOR, 2018).

O SC abrange doze municípios, deste total, quatro localizam-se no estado de Minas Gerais, sendo Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí-Mirim, e os outros oito, em território paulista compreendendo Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Mairiporã, Nazaré Paulista, Piracaia e Vargem (COMITÊ BACIAS PCJ, 2019). O SC possui uma extensão territorial de

cerca de 2.290 km<sup>2</sup> e consiste em um dos maiores sistemas produtores de água a nível global (LELIS et al., 2020).



Figura 15 - Representação do Sistema Cantareira. Fonte: Adaptado de ANA (2015).

É de responsabilidade deste sistema cerca de metade do volume total de água que a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) abastece a população da RMSP (RIBEIRO, 2011). Esse sistema não é importante apenas para o setor social, mas também para o setor econômico, visto que a RMSP é responsável por 19% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (HADDAD; TEIXEIRA, 2015).

Esse sistema é formado por um conjunto de seis reservatórios localizados no estado de São Paulo, que se interligam por meio de canais e dutos. Nas Bacias PCJ estão situados quatro desses seis reservatórios sendo: a Represa Jaguari; a Represa Jacareí; a Represa Cachoeira, e, a Represa Atibainha. As outras duas represas, Paiva Castro e Águas Claras, localizam-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. As represas das Bacias PCJ são administradas em um único sistema, abastecendo com cerca de 31 m<sup>3</sup>/s de água as represas Paiva Castro e Águas Claras (DE SOUZA LEÃO; DE STEFANO, 2019).

Entre as décadas de 80 e 90, os municípios inseridos totalmente e/ou parcialmente nas Bacias PCJ passaram por um grande desenvolvimento nos setores urbano e industrial, e isso não foi levado em consideração no processo de avaliação da demanda de água durante o planejamento do projeto do

SC. Este fato culminou na criticidade atual da disponibilidade hídrica per capita. Esta situação gerou entre essas duas regiões hidrográficas (Bacias PCJ e Alto Tietê) um conflito no uso da água. No ano de 2004, definiu-se a redução da transferência de água de 33 m<sup>3</sup>/s para 31 m<sup>3</sup>/s, acrescida de diversas normas operacionais a serem aplicadas no período de seca (DE ANDRADE et al., 2011; USSAMI; MARTINS GUILHOTO, 2018).

A diminuição das chuvas reduziu a oferta hídrica e as temperaturas mais elevadas ocasionaram maior evapotranspiração, além do maior consumo da água pela agricultura, pelo setor industrial e populacional. Ressalta-se que nos anos 2012, 2013 e 2014, ficou explícita a redução da precipitação nesta área que abrange o SC, correspondendo respectivamente 92%, 69% e 61% da média histórica, retornando em 104% no ano de 2015 (TAFFARELLO et al., 2016; MOHOR; MENDIONDO, 2017). Situação semelhante ocorreu também nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, e neste período pôde-se constatar novamente uma redução na precipitação na ordem de 14%, 20,5%, 12,4% e 23,2% (CONSÓRCIO PCJ, 2021).

No decorrer dos anos de 2013 e 2014, o Sistema Cantareira esgotou o seu volume útil e teve de usar o volume morto (reserva técnica) em decorrência da seca prolongada, isso afetou o abastecimento de água para RMSP em um período de 17 meses, além disso, trouxe dificuldades para 3 milhões de habitantes que usam a água do sistema na BHRP (BILLERBECK; MELLO JUNIOR, 2018).

Desde 2014, a SABESP providenciou reduzir a pressão nas tubulações do sistema visando conservar e minimizar as perdas provenientes dos vazamentos, porém, com essa decisão houve o corte no abastecimento de água para milhões de pessoas, em um período que variou de horas até dias, a depender da localidade (NOBRE et al., 2016).

Para o funcionamento do SC houve a revisão e a renegociação das normas em 2004 e 2017, visando responder aos desafios técnicos e às alterações nas condições políticas, jurídicas e institucionais, sendo necessárias para buscar o equilíbrio em atender as demandas de abastecimento de água de São Paulo e também as vindicações de água para as Bacias PCJ (DE SOUZA LEÃO; DE STEFANO, 2019). A Tabela 4 apresenta uma comparação entre os anos de 1974, 2004 e 2017 das características relevantes das licenças de água concedidas.

**Tabela 4 - Principais características das licenças de água concedidas nos anos de 1974, 2004 e 2017.**

	1974	2004	2017
<b>Autoridade que concede a licença</b>	Governo Central	Governo do Estado de São Paulo (DAEE) delegado pela ANA	Governo Federal (ANA) e Governo do Estado de São Paulo (DAEE)
<b>Titular da licença de água</b>	Sabesp	Sabesp	Sabesp
<b>Duração da licença de água</b>	30 anos	10 anos	10 anos
<b>Vazão máxima média mensal da Sabesp</b>	33m <sup>3</sup> /s	33 m <sup>3</sup> /s (31m <sup>3</sup> /s das bacias PCJ, 2m <sup>3</sup> /s do Alto Tietê). Vazão mínima de 1 m <sup>3</sup> /s a jusante do reservatório Paiva Castro (no Alto Tietê)	33 m <sup>3</sup> /s (31m <sup>3</sup> /s das bacias PCJ, 2m <sup>3</sup> /s do Alto Tietê). Vazão instantânea mínima de 0,1 m <sup>3</sup> /s a jusante do reservatório Paiva Castro (Alto Tietê)
<b>Ponto de controle para monitorar saques pela Sabesp</b>	Não definido	Túnel 5 (na saída da bacia PCJ)	Entre as represas Paiva Castro e Águas Claras (no Alto Tietê)
<b>Fluxo mínimo de água para PCJ</b>	Não definido	Máximo 5 m <sup>3</sup> /s	0,25 m <sup>3</sup> /s vazões instantâneas mínimas a jusante de cada reservatório; média diária mínima de 10 m <sup>3</sup> /s em Valinhos, 2 m <sup>3</sup> /s em Buenópolis e 2 m <sup>3</sup> /s em Atibaia
<b>Regras de operação do sistema</b>	Não definido	Definido em regulamento específico. De acordo com as curvas mensais de aversão ao risco e com base na seca de 1952-1953	Definido em regulamento específico. De acordo com os níveis dos reservatórios e com base na seca de 2014-2015
<b>Distinção entre as estações seca e chuvosa</b>	Não definido	Não definido	Sim
<b>Banco de água</b>	Não definido	PCJ e Sabesp podem armazenar água não utilizada e reivindicá-la nos próximos anos	Água não utilizada pela PCJ no final do período de seca pode ser armazenada para o ano seguinte e vendida para a Sabesp
<b>Atores-chave para negociação</b>	Nenhum	ANA, DAEE, IGAM, Sabesp, Comitê das Bacias PCJ, Comitê de Bacia do Alto Tietê	ANA, DAEE, IGAM, Sabesp, Comitê das Bacias PCJ, Comitê de Bacia do Alto Tietê

Fonte: Modificado de De Souza Leão; De Stefano (2019).

É comum que passado o período chuvoso, entre os meses de março e abril, espera-se que o nível de armazenamento do SC apresente 75% como limite mínimo para garantir a segurança hídrica, no entanto, os volumes máximos registrados posteriormente ao período de chuvas para 2018 foi de 54,8%, em 2019 correspondeu 58,7%, 64,6% no ano de 2020 e no início de 2021, registrou apenas 36% do nível de armazenamento (CONSÓRCIO PCJ, 2021). De acordo com o Centro Nacional de

Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), em setembro de 2021, a situação de armazenamento do SC foi de 30%, inferior quando comparado o mesmo período de 2020 (42%). No mês de setembro de 2021, precipitou apenas 30% da média histórica para esse mês, e a vazão afluyente aos reservatórios correspondeu aos 33% da média histórica.

Não somente o regime de chuvas influenciou para que a relação entre precipitação e vazão possa ter sido menor nos últimos anos, isso também pode ser reflexo da diminuição dos níveis de água subterrânea (MOHOR; MEDIONDO, 2017). Dessa maneira, estudar e compreender os processos que agem direta ou indiretamente na dinâmica hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, torna-se fundamental para a gestão adequada, bem como, a conservação dos recursos hídricos (LOPES et al., 2020).

## **2.6 Atributos ambientais e antrópicos, e as variáveis climáticas que influenciam na oferta hídrica superficial**

O sistema hidrológico pode ser afetado por duas causas: climáticas (como exemplo, o regime de chuvas) e não climáticas (como, os padrões de uso e cobertura do solo) (DAVRAZ; SENER; SENER, 2019). A diminuição da vazão nos canais de drenagem, a redução acentuada de água contida em barramentos, lagoas e represas, o rebaixamento dos lençóis freáticos, são algumas consequências para se caracterizar uma oferta hídrica escassa, ou seja, uma situação de seca hidrológica (PALMER, 1965; MASROOR et al., 2020). As consequências das alterações do clima na acessibilidade à água, e as condições meteorológicas, associadas com o crescimento populacional, a alteração no uso e cobertura do solo, a gestão ineficiente dos recursos hídricos, podem contribuir com a diminuição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, o que pode ocasionar uma maior competição pela água (BATES et al., 2008).

Neste contexto, é inevitável que para obter uma adequada gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, os atributos ambientais sejam compreendidos previamente para entender a influência que estes exercem no meio, contribuindo para uma maior ou menor oferta hídrica. Como o fluxo dos rios é diretamente influenciado pela variação climática e também pelas atividades antrópicas, é essencial distinguir as intervenções desses dois fatores, de forma que decisões eficazes para a gestão dos recursos hídricos possam ser tomadas (PIRNIA et al., 2019). Pois, conhecer a resposta potencial dos regimes de vazão frente ao clima futuro permite definir as aplicações práticas adequadas, como a gestão sustentável da água e a conservação ecológica (BROUZIYNE et al., 2021).



No ciclo hidrológico, a água superficial garante a funcionalidade dos ecossistemas e das atividades socioeconômicas (DAVIS et al., 2015), entretanto, as pressões causadas nas águas superficiais, como exemplo, as alterações no uso e cobertura do solo, provocam conseqüentemente, a variação de seus padrões naturais (JIN et al., 2015), desse modo, o elevado consumo causa efeito direto na redução dos fluxos dos rios, especialmente no decorrer do período seco, e pode provocar a diminuição dos níveis de água subterrânea (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016).

O uso e cobertura do solo compreende como um dos atributos responsáveis pela alteração significativa de fluxo nos canais de drenagem (CHIM et al., 2021) e influencia na frequência e na intensidade dos eventos climáticos extremos (GUARNIER; BARROSO, 2021). A diminuição acentuada da vazão nos canais de drenagem são normalmente impostas pelas mudanças no uso e cobertura do solo, a ampliação de áreas agrícolas, a redução da cobertura florestal, a expansão urbana acelerada, a extração demasiada de água subterrânea, como confirmado pelo estudo desenvolvido por Sharma; Patel e Jothiprakash (2019) na Bacia Hidrográfica do Tapi, localizada na Índia, cujas atividades antrópicas foram responsáveis pela diminuição do fluxo, contribuindo com um declínio de aproximadamente de 68% a 99% (média de 85%) no escoamento total, quando comparado com a variabilidade das chuvas, cuja contribuição foi de cerca de 1% a 32% (média 15%) na redução do escoamento total.

Wu et al. (2015) afirmaram que o uso e cobertura do solo interfere nos processos hidrológicos, provocando alterações na temperatura da superfície, na velocidade dos ventos, no solo e na evapotranspiração (COSTA; BOTTA; CARDILLE, 2003), na infiltração da água da chuva no solo, no escoamento superficial, na recarga e descarga de aquíferos (SAJIKUMAR; REMYA, 2015; YAŞAR KORKANÇ, 2018; LI et al., 2020), e afeta diretamente a quantidade e qualidade das águas superficiais (CHAEMISO; KARTHA; PINGALE, 2021). De fato, a porção sudeste do Brasil tem apresentado, nas últimas décadas, mudanças significativas no uso e cobertura do solo, o que corrobora com a diminuição da precipitação desde 2012, influenciando diretamente na disponibilidade de água para milhões de pessoas que vivem em áreas urbanas e rurais (SORIANO et al., 2016).

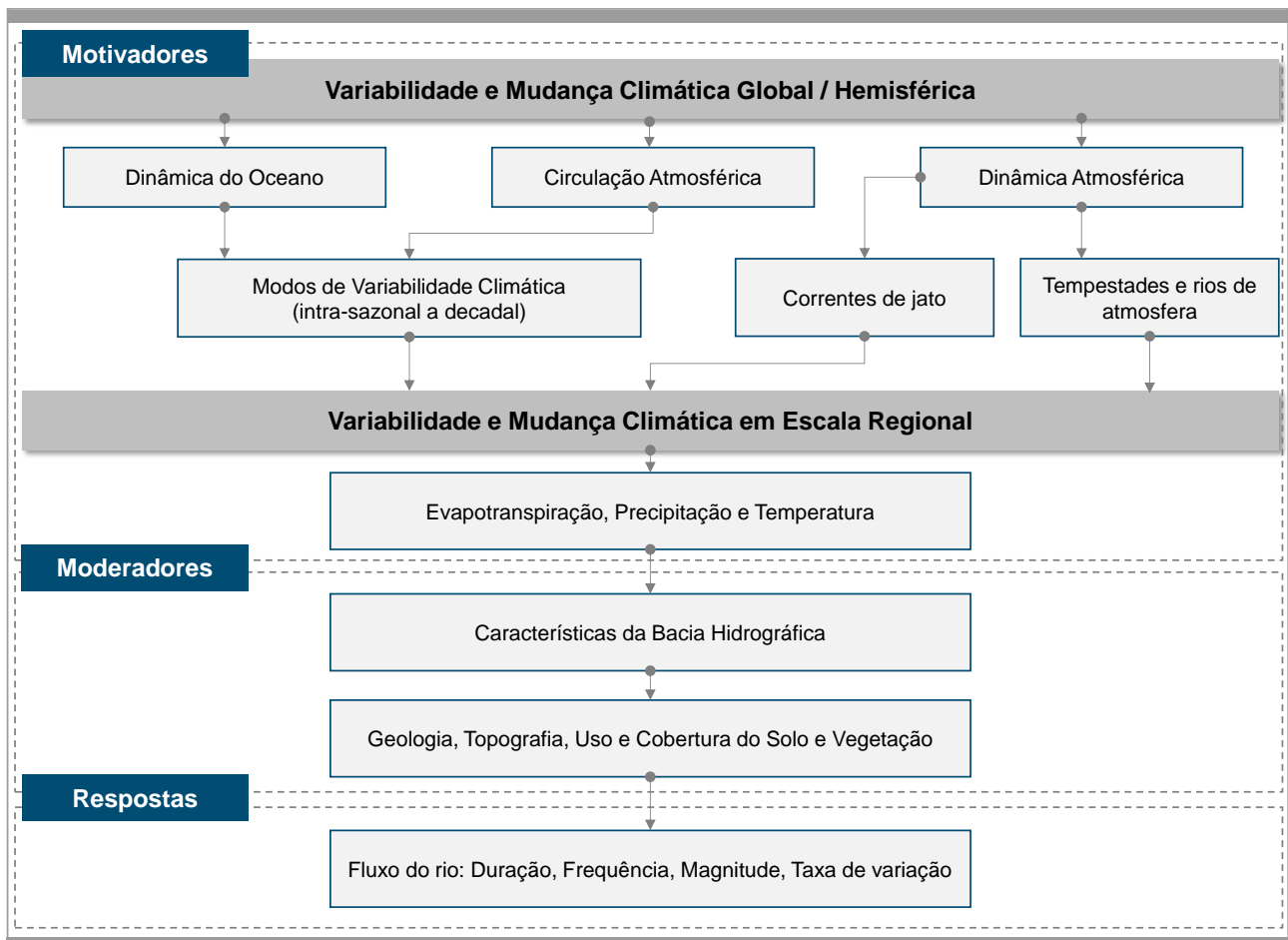
As alterações nos padrões de uso e cobertura do solo, como o crescente desmatamento, ampliam a taxa de escoamento nos canais de drenagem (PIAO et al., 2007), ocorrendo inversamente se houver maiores extensões de áreas vegetadas. Desse modo, quando uma bacia hidrográfica apresenta aumento de cobertura florestal, normalmente, terá picos de vazão mais baixos e também escoamento decrescente (CALDER, 2007).

Neste contexto, o planejamento sustentável do uso e cobertura do solo deve ser aplicado, especialmente quando se trata de agricultura irrigada, definida como um dos setores que mais demandam água para o desenvolvimento e produção de culturas, dessa forma, é fundamental atuar na conservação da água em todo o mundo e buscar sempre a melhoria da eficiência para os sistemas de irrigação, mantendo o equilíbrio entre a necessidade hídrica das culturas e a regulação para outorgas de captação (SHIRMOHAMMADI et al., 2020).

Considerando as variáveis climáticas, em escala regional, as consequências das mudanças do clima nos recursos hídricos também é algo bem denotado (BLANCO-GÓMEZ et al., 2019). As alterações no clima produz impactos variados no regime de vazões, levando em consideração as características climáticas e a geomorfologia de cada área. Dessa forma, tem-se a mudança de vazão dos rios como principal consequência da variação do clima sobre os recursos hídricos (NEVES et al., 2020). Comumente, estão sendo pesquisadas como indicadores de mudanças, as alterações nos regimes de vazão, principalmente com relação às mudanças associadas ao aquecimento global, porque isso pode causar alterações nos padrões espaço-tempo de variáveis climáticas (precipitação, temperatura e evapotranspiração) (MCGREGOR, 2019).

A mudança climática consiste na alteração das condições meteorológicas de uma determinada localidade, resultante de crescente frequência de eventos climáticos que outrora eram tidos como incomuns ou extremos. Importante mencionar que não pode haver confusão entre as tendências climáticas que ocorrem recentemente, com as mudanças climáticas, pois existem componentes cíclicos como o El-Niño-Oscilação Sul, que alteram os padrões climáticos em várias regiões do mundo, no entanto, não são considerados como mudanças climáticas, mas podem sofrer alterações de intensidade devido as mudanças climáticas (ORTIZ-BOBEA, 2021). As alterações temporais nos regimes hidrológicos quando identificadas em bacias hidrográficas é um tópico importante na área de hidrologia devido aos potenciais impactos das mudanças climáticas nas vazões dos rios (SOLAIMANI; HABAI BNEJAD; PIRNIA, 2021).

Dessa forma, pode-se afirmar que o clima também interfere na oferta hídrica; assim associar o fluxo de rios com as alterações climáticas é imprescindível para a realização de estudos em hidrologia. Um modelo conceitual do clima (Figura 16) permite demonstrar não somente os processos que interligam a atmosfera a uma bacia hidrográfica em termos de motivadores, moderadores e resposta, mas atua também como estrutura organizada para estudos que fazem relação com o clima e o sistema fluvial (MCGREGOR, 2019).



**Figura 16** - Modelo conceitual do clima para ligações da bacia hidrográfica, mostrando a série de processos que interligam fatores atmosféricos e a resposta do fluxo do rio moderada pelas características da bacia hidrográfica. Fonte: Adaptado de McGregor (2019).

A variabilidade e a intensidade das chuvas também atuam como fatores diretos que contribuem para uma maior ou menor oferta hídrica (TWISA; BUCHROITHNER, 2019). Vários estudos apresentam essa relação da pluviosidade com a vazão dos rios como Hadour, Mahé e Meddi (2020), que analisaram em três bacias hidrográficas localizadas no noroeste da Argélia a sensibilidade da hidrologia frente as alterações no clima, além de verificarem a tendência do futuro dos recursos hídricos de seus principais rios.

Al-Safi e Sarukkalige (2020) calibraram e validaram o modelo chuva-vazão HBV (Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning) realizando simulações do comportamento hidrológico da bacia do rio Harvey, na Austrália, com base nos registros diários de chuva, temperatura, vazão e evapotranspiração potencial média mensal das estações hidrometeorológicas inseridas na bacia hidrográfica. Chong et al. (2021), realizaram na bacia hidrográfica de Baleh, na Malásia, o estudo que permite identificar e caracterizar diversos tipos de eventos de alto fluxo, baseado em sua magnitude e duração, avaliação do tempo e duração dos períodos de alto e baixo fluxo. Além disso, apresenta a avaliação da sazonalidade e tendências de longo prazo na precipitação e fluxo.

Os estudos sobre a distribuição espaço-temporal das chuvas são poucos no país, e utilizam dados de nível regional disponibilizados em modelos climáticos (GUARNIER; BARROSO, 2021). As alterações no regime de chuvas influenciam nos recursos hídricos, por exemplo, a redução de precipitação conseqüentemente, diminuirá a umidade do solo, a vazão de rios, bem como as áreas de recarga de aquíferos, porém, a intensidade desses efeitos estão sujeitos às realidades locais, como o substrato rochoso, a cobertura vegetal, as propriedades físicas dos solos, e os diversos usos da água (WWDR, 2020).

As águas superficiais não estão somente relacionadas com a intensidade e a distribuição das chuvas, mas também com as características de forma das bacias hidrográficas que interferem diretamente na propagação do escoamento superficial (HAAS et al., 2011). Para o entendimento do comportamento hidrológico de uma área, além da topografia, a morfometria de uma bacia hidrográfica é utilizada como um atributo fundamental. Principalmente, em bacias hidrográficas que não portam dados hidrológicos, pois, a partir de então, a informação hidrológica frequentemente pode ser obtida de forma empírica com o aporte das características morfométricas de uma bacia hidrográfica associada à sua drenagem (SAHOO; JAIN, 2018; RAHMATI et al., 2019).

O sistema de fluxo em que a água percorre os canais de drenagem está relacionado com as características da morfometria das bacias hidrográficas (RAJASEKHAR; RAJU; RAJU, 2020), considerando o comprimento, a largura, a extensão territorial, a forma, o tipo de solo, bem como as condições hidrológicas que influenciam diretamente na relação chuva-vazão (CALETKA et al., 2020). Porém, sempre deve levar em consideração que o regime do fluxo também é definido por outros fatores, como o meio físico (clima, litologia, topografia, solos e cobertura vegetal), afetando a magnitude e o tempo de resposta do fluxo de água a ocorrência de precipitação (MADDOCK, 1999).

Os atributos naturais e antrópicos agem influenciando a oferta de água, porém compreender o escoamento em níveis de bacias hidrográficas ou sub-bacias hidrográficas frente as mudanças no clima também é fundamental para planejar e gerir os recursos hídricos (BHARAT; MISHRA, 2021). Quantificar as águas superficiais, as suas mudanças, bem como sua distribuição espaço-temporal é algo crítico. Pois para quantificação, esse desafio associa-se à ausência de dados empíricos coerentes e com escala de tempo necessária para identificar e compreender a dinâmica da água superficial e os fatores que incumbem alterações em grandes escalas espaciais (TULBURE; BROICH, 2019).

Outro fator que também está diretamente relacionado com a oferta hídrica superficial é a evapotranspiração que consiste em um dos componentes essenciais do ciclo hidrológico. Pode ser definida como a perda de água para a atmosfera por meio da evaporação do solo e a transpiração da

cobertura vegetal. Além disso, sofre modificação de acordo com que altera os padrões do uso e cobertura do solo. Sua aferição pode ser realizada de forma direta como, por exemplo, o uso de lisímetros instalados em campo, por método de transferência de vapor d'água, como proporção de Bowen, e também, por meio do sensoriamento remoto, que permite realizar modelagens de evapotranspiração, que vem sendo amplamente utilizadas nos últimos 20 anos. A grande vantagem dos dados provenientes do sensoriamento remoto consiste em obter informações espaço-temporal contínuas da superfície terrestre que são utilizadas para estimar o balanço de água e energia (JI et al., 2021).

O *Operational Simplified Surface Energy Balance* (SSEBop) é um exemplo de modelo que permite estimar dados de evapotranspiração real com base na energia superficial térmica, utilizando os princípios de psicrometria de satélite, ou seja, emprega a temperatura da superfície terrestre obtida por sensores de satélite para realizar estimativas correspondentes a superfície psicrométrica de temperaturas do ar de bulbo seco e úmido. Uma base de dados conhecida do SSEBop é organizada pelo Centro de Observação e Ciência dos Recursos Terrestres (EROS) do Serviço Geológico dos Estados Unidos da América (USGS), que elabora e disponibiliza mapas de evapotranspiração históricos e em tempo quase real, em âmbito regional, nacional e até global (SENAY; KAGONE; VELPURI, 2020).

Associado à evapotranspiração, pode-se afirmar que às alterações nos regimes de chuvas e nos registros de temperatura, afeterão de forma direta o balanço hídrico do Planeta (SCHEWE et al., 2014). Nesse sentido, espera-se o aumento da evaporação da superfície terrestre, como consequência do aumento da temperatura do ar, na maioria das regiões do planeta, menos nas regiões mais secas, cuja escassez hídrica impede esse aumento. No entanto, esse aumento na evaporação poderá trazer maior quantidade de precipitação, porém em várias regiões, inclusive nas localidades onde as chuvas diminuirão, provocará uma redução significativa no escoamento superficial e na disponibilidade hídrica em distintas áreas (IPCC, 2018; UNESCO, 2020).

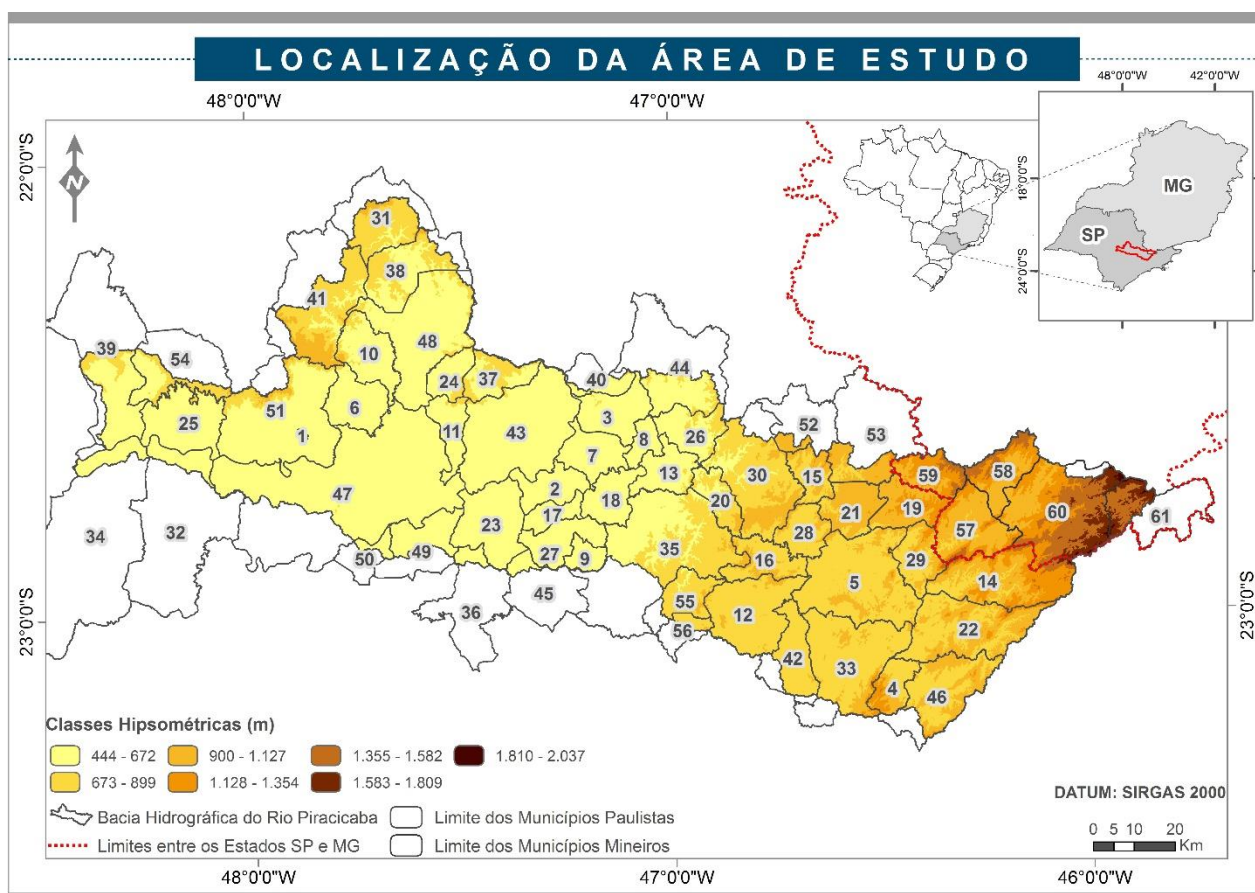
# 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste tópico do trabalho estão descritas as características gerais da BHRP, bem como a caracterização das SBH-OE.

## 3.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

O trabalho foi realizado na BHRP que está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5), que compreende uma das 22 unidades de gerenciamento dos recursos hídricos no estado de São Paulo, também apresenta 7,4% de sua área total inserida no estado de Minas Gerais (Figura 17). A sua extensão territorial é de 12.655,01km<sup>2</sup>, localizada entre os meridianos 46° e 49° W e latitudes 22° e 23,5° S (PROFILL-RHAMA, 2018). Abrange 61 municípios e destes 32 estão inseridos totalmente e 29 parcialmente nesta área de drenagem.

A elevação da área enquadra-se entre 444 metros a 2037 metros. A região mais elevada situa-se na Serra da Mantiqueira, na porção de Minas Gerais, o declínio de altitude apresenta evidência na porção central da BHRP sentido à foz do Rio Piracicaba ao encontro do Rio Tietê.



**Figura 17** - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Os números no mapa referem-se aos municípios que estão apresentados na Tabela 5 com a mesma identificação numérica.

A Tabela 5 apresenta os municípios com suas respectivas áreas e número de habitantes, que estão inseridos total e parcialmente na BHRP, tanto na porção paulista como na porção mineira. Ressalta-se que a numeração dos municípios na Figura 17 refere-se à mesma identificação numérica da Tabela 5.

**Tabela 5 - Municípios que estão inseridos totalmente e parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.**

Municípios inseridos totalmente				Municípios inseridos parcialmente			
Município (SP)		Área (km <sup>2</sup> )	População (habitantes)	Município (SP)		Área (km <sup>2</sup> )	População (habitantes)
1	Águas de São Pedro	3,62	2.707	30	Amparo	445,34	65.829
2	Americana	133,99	210.638	31	Analândia	326,31	4.293
3	Artur Nogueira	178,10	44.177	32	Anhembi	737,90	5.653
4	Bom Jesus dos Perdões	108,34	19.708	33	Atibaia	478,45	126.603
5	Bragança Paulista	512,50	146.744	34	Botucatu	1486,11	127.328
6	Charqueada	176,05	15.085	35	Campinas	794,80	1.080.113
7	Cosmópolis	154,73	58.827	36	Capivari	323,14	48.576
8	Holambra	65,60	11.299	37	Cordeirópolis	137,68	21.080
9	Hortolândia	62,44	192.692	38	Corumbataí	278,90	3.874
10	Ipeúna	190,22	6.016	39	Dois Córregos	634,32	24.761
11	Iracemápolis	115,22	20.029	40	Engenheiro Coelho	109,99	15.721
12	Itatiba	322,29	101.471	41	Itirapina	565,34	15.524
13	Jaguariúna	141,43	44.311	42	Jarinu	207,54	23.847
14	Joanópolis	374,14	11.768	43	Limeira	581,09	276.022
15	Monte Alegre do Sul	110,30	7.152	44	Mogi Mirim	497,82	86.505
16	Morungaba	146,76	11.769	45	Monte Mor	240,71	48.949
17	Nova Odessa	73,83	51.242	46	Nazaré Paulista	326,15	16.414
18	Paulínia	138,83	82.146	47	Piracicaba	1379,76	364.571
19	Pedra Bela	158,55	5.780	48	Rio Claro	498,89	186.253
20	Pedreira	108,83	41.558	49	Rio das Pedras	226,87	29.501
21	Pinhalzinho	154,51	13.105	50	Saltinho	99,85	7.059
22	Piracaia	385,43	25.116	51	São Pedro	612,16	31.662
23	Santa Bárbara d'Oeste	271,23	180.009	52	Serra Negra	203,72	26.387
24	Santa Gertrudes	98,38	21.634	53	Socorro	448,94	36.686
25	Santa Maria da Serra	253,08	5.413	54	Torrinha	315,84	9.330
26	Santo Antônio de Posse	154,16	20.650	55	Valinhos	148,57	106.793
27	Sumaré	153,55	241.311	56	Vinhedo	81,62	63.611
28	Tuiuti	126,72	5.930				
29	Vargem	142,55	8.801				
Município (MG)		Área (km <sup>2</sup> )	População (habitantes)	Município (MG)		Área (km <sup>2</sup> )	População (habitantes)
57	Extrema	244,49	28.599	60	Camanducaia	528,42	21.080
58	Itapeva	177,27	8.664	61	Sapucaí-Mirim	284,90	6.241
59	Toledo	136,74	5.764				

Na porção paulista da BHRP, o município de Campinas enquadra-se como o mais populoso segundo censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), ultrapassando um milhão de habitantes, seguido por Piracicaba, Limeira, Sumaré, Americana com população acima de 200.000 habitantes. Os municípios com população inferior a 10.000 habitantes são

respectivamente, Torrinha, Vargem, Monte Alegre do Sul, Saltinho, Ipeúna, Tuiuti, Pedra Bela, Anhembi, Santa Maria da Serra, Analândia, Corumbataí, Águas de São Pedro. Enquanto, na porção mineira, os municípios inseridos na BHRP não atingem 30.000 habitantes.

As atividades econômicas dominantes na BHRP são a agropecuária e a produção industrial. No centro da BHRP, mais especificamente nos municípios de Campinas e Hortolândia situa-se o polo da tecnologia avançada. Em Jundiaí, recebe destaque o parque industrial que abrange mais de 500 empresas que atuam em ramos diversificados. Em Paulínia, destaca-se o setor petroquímico composto pela Refinaria do Planalto. O polo têxtil envolve os municípios de Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara d'Oeste. As usinas sucroalcooleiras estão situadas em Iracemápolis, Rio Claro e Piracicaba; este último município também atua no setor metal-mecânico. Limeira sobressai com a produção de folheado. Em Santa Gertrudes e Cordeirópolis estão instaladas várias indústrias de cerâmicas conhecidas nacionalmente (CBH-PCJ, 2021).

As vias que permitem o acesso à área são as Rodovias dos Bandeirantes (SP - 348), Anhanguera (SP - 330), Santos Dumont (SP - 075), Dom Pedro I (SP - 065) e Fernão Dias (BR - 381) (Figura 18). Em termos de transporte, a BHRP contempla a linha férrea operada pelo Grupo Rumo Logística, o terminal hidroviário Tietê-Paraná, além do aeroporto internacional de Viracopos situado no município de Campinas (COBRAPE, 2010).



Figura 18 - Sistema Viário na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.



### 3.1.1 Rede Hidrográfica

A BHRP apresenta cinco sub-bacias hidrográficas principais, sendo elas: Piracicaba; Corumbataí; Jaguari; Camanducaia e Atibaia (COBRAPE, 2010). A sub-bacia hidrográfica Piracicaba apresenta a maior área de drenagem (3775,48 km<sup>2</sup>) quando comparada com as demais, enquanto, a sub-bacia hidrográfica Camanducaia localizada na porção leste refere-se à menor área de drenagem (1040,00 km<sup>2</sup>) (Figura 19).

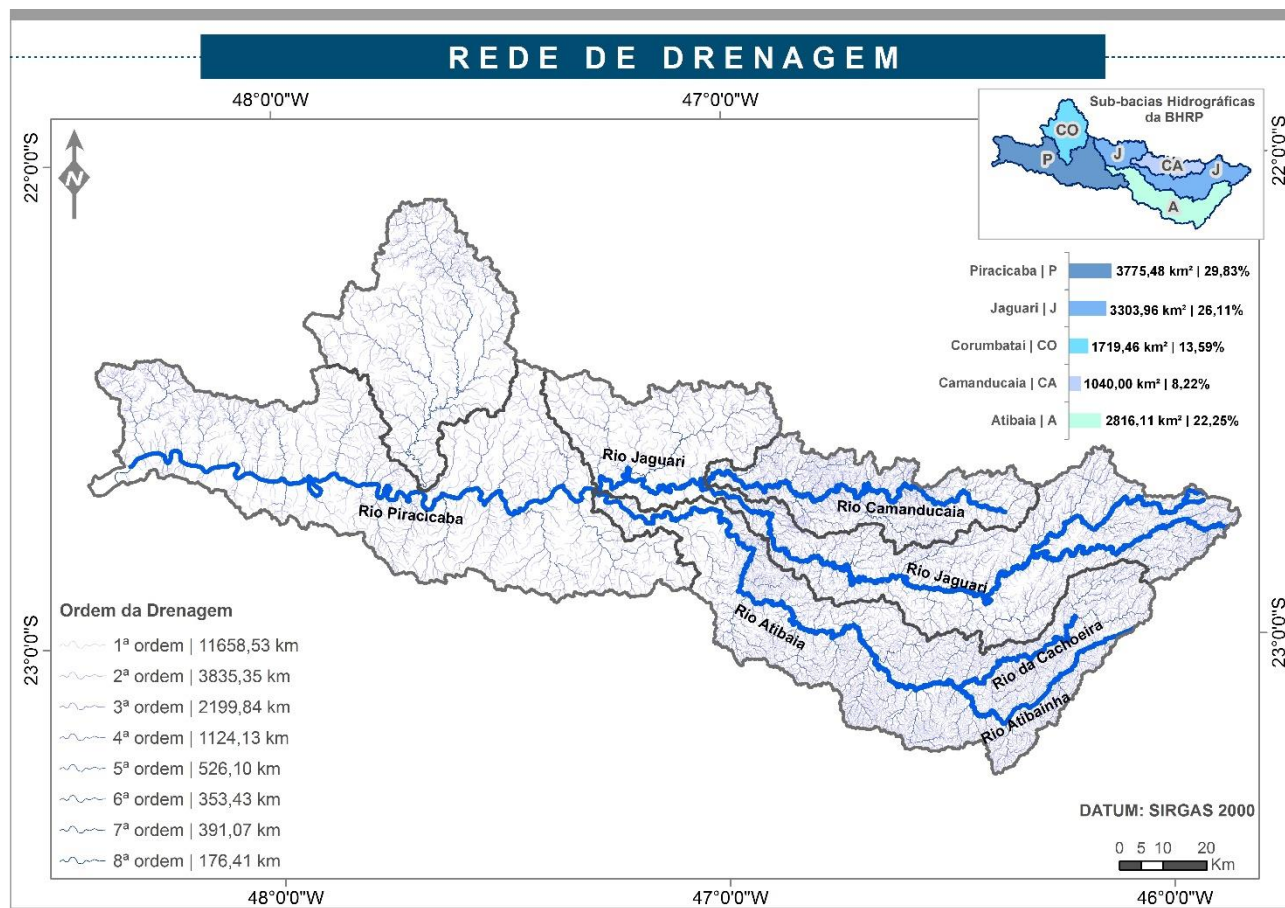


Figura 19 - Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de ANA (2013).

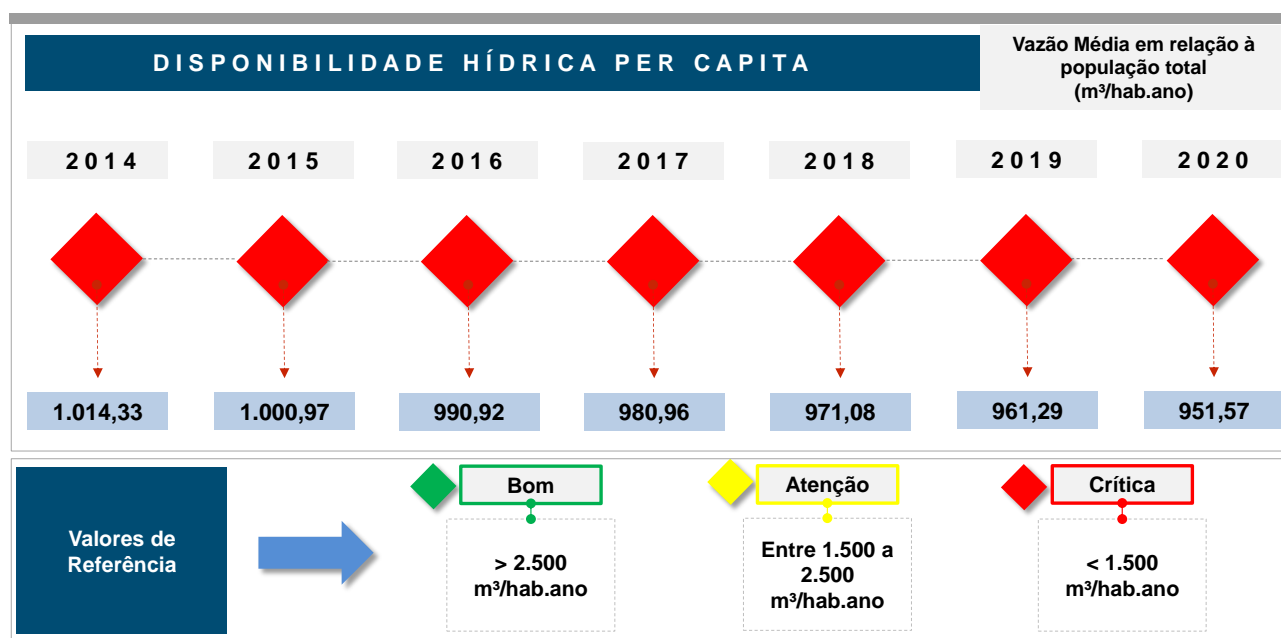
O encontro das águas do Rio Jaguari com o Rio Atibaia formam o Rio Piracicaba, no município de Americana, desembocando suas águas no Rio Tietê. O Rio Atibaia consiste na continuação do Rio da Cachoeira. Em Minas Gerais, nascem os rios Camanducaia, Jaguari e Cachoeira percorrendo o caminho para o estado de São Paulo. Dessa forma, por atravessarem mais de um estado, são enquadrados como rios de domínio federal, enquanto os rios Capivari, Jundiá e Corumbataí são de domínio estadual.

De acordo com a rede de drenagem delimitada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2013), os canais de drenagem recebem classificação até oitava ordem de ramificação segundo metodologia de Strahler (1957).

A densidade de drenagem na porção leste é maior com relação ao extremo centro-oeste da BHRP, isso se refere às características físicas destas localidades, pois no extremo leste há predomínio de solos cristalinos, que dificultam o processo de infiltração permitindo maior escoamento superficial, enquanto, na região centro-oeste, há ocorrência de terrenos sedimentares, que condicionam a recarga de aquíferos, pois este tipo de terreno facilita infiltração de água no solo.

Em termos de disponibilidade hídrica superficial, a BHRP apresenta vazão média de 172m<sup>3</sup>/s e vazão mínima Q<sub>7,10</sub> de 43m<sup>3</sup>/s (SÃO PAULO, 2006). A referência da ONU (UNESCO, 2003) foi adotada para caracterizar a disponibilidade hídrica per capita no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos - Ano Base de 2019, tal referência indica a criticidade quando a disponibilidade hídrica per capita, sendo inferior a 1.500m<sup>3</sup>/hab.ano.

As Bacias PCJ vem sofrendo ano a ano um declínio da quantidade de água disponível por habitante, mais especificamente, houve uma queda de aproximadamente 6,19% entre os anos de 2014 a 2020, devido principalmente, o crescimento da população (Figura 20).



**Figura 20** - Disponibilidade hídrica per capita entre os anos de 2014 a 2020 para as Bacias PCJ. Fonte: Adaptado de Relatório de Situação dos Recursos Hídricos - Ano Base 2018 (2019); Ano Base 2019 (2020); Ano Base 2020 (2021).

A visão geral dos recursos hídricos das Bacias PCJ evidencia que em termos de qualidade da água, as medições do ano de 2019 apresentaram um acréscimo no número de pontos que classificam

a água de boa a ótima qualidade. No entanto, na questão de quantidade a situação apresenta grave comprometimento, afetada pelo Sistema Cantareira. De sua extensão total, o Sistema Cantareira ocupa uma área de drenagem de 1.934 km<sup>2</sup> da BHRP (Tabela 6) (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2019).

**Tabela 6** - Dados básicos dos reservatórios do Sistema Cantareira inseridos nas Bacias PCJ.

<b>Reservatório</b>	<b>Área de drenagem (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume máximo operacional (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume mínimo operacional (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume útil (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/s)</b>
Jaguari / Jacareí	1.230	1.047,49	239,45	808,04	24,70
Cachoeira	392	116,57	46,92	69,65	8,30
Atibainha	312	295,46	199,20	96,26	5,90
<b>Total</b>	<b>1.934</b>	<b>1.459,52</b>	<b>485,57</b>	<b>973,95</b>	<b>38,90</b>

Fonte: Adaptado da Agência das Bacias PCJ (2019).

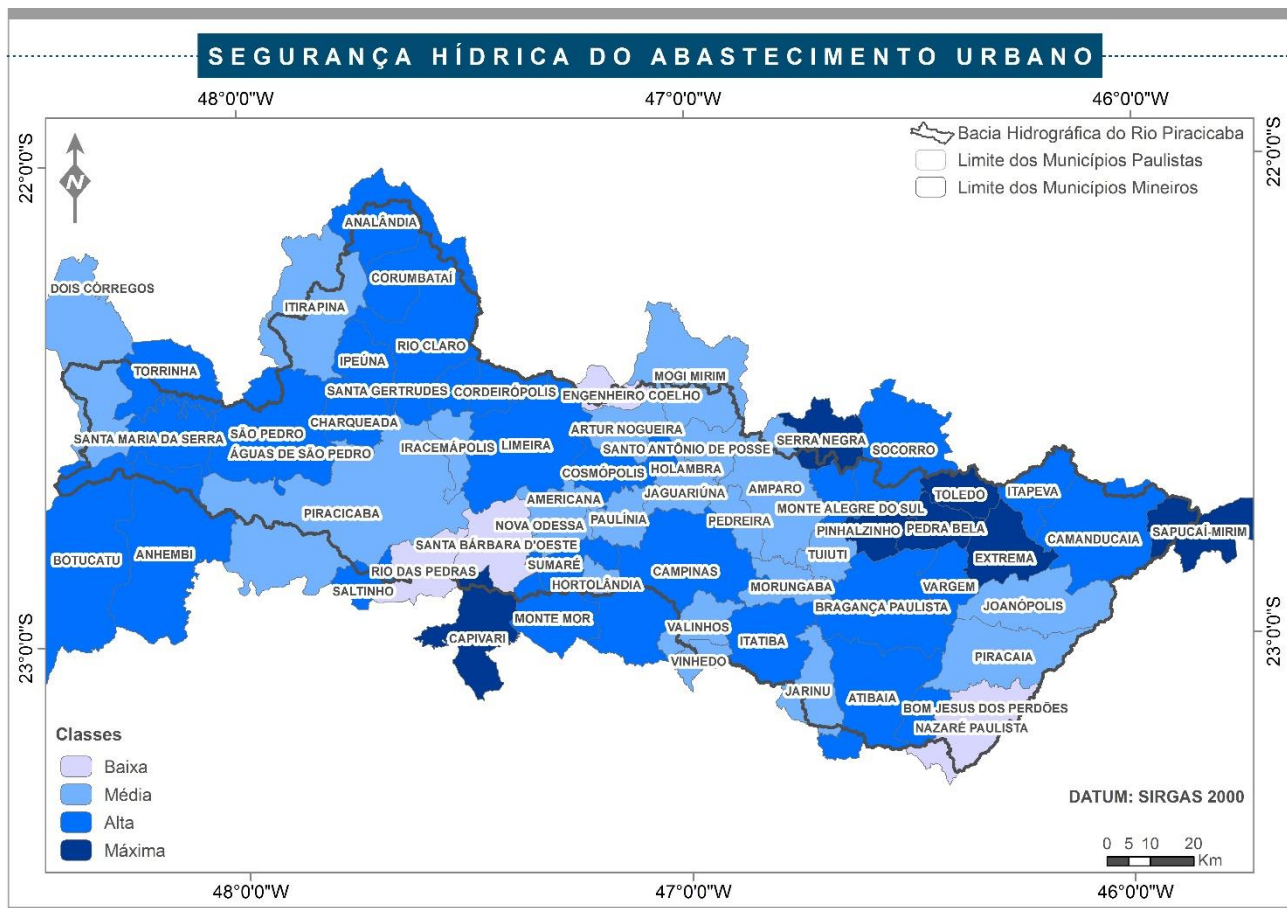
Além da transferência de água para a RMSP, há exportações internas nas Bacias PCJ (Carolo, 2007), sendo os seguintes casos:

- Exportação do rio Atibaia para o rio Jundiá Mirim situado na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá, com a finalidade de abastecer o município de Jundiá;

- Transferência de água da Sub-bacia hidrográfica Atibaia para as Bacias Hidrográficas do Rio Capivari e do Rio Piracicaba, por meio do sistema de abastecimento de água do município de Campinas;

- Exportação da Sub-bacia hidrográfica do Rio Jaguari para as sub-bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Rio Piracicaba.

A Figura 21 apresenta a situação da segurança hídrica do abastecimento urbano de água nos municípios inseridos totalmente e/ou parcialmente na BHRP, apresentando destaque para as cidades de Engenheiro Coelho, Nazaré Paulista, Santa Bárbara D'Oeste e Rio das Pedras que se enquadram em baixa segurança hídrica ao abastecimento urbano (ANA, 2021).



**Figura 21** - Segurança hídrica do abastecimento urbano de água nos municípios inseridos totalmente e/ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de ANA(2021).

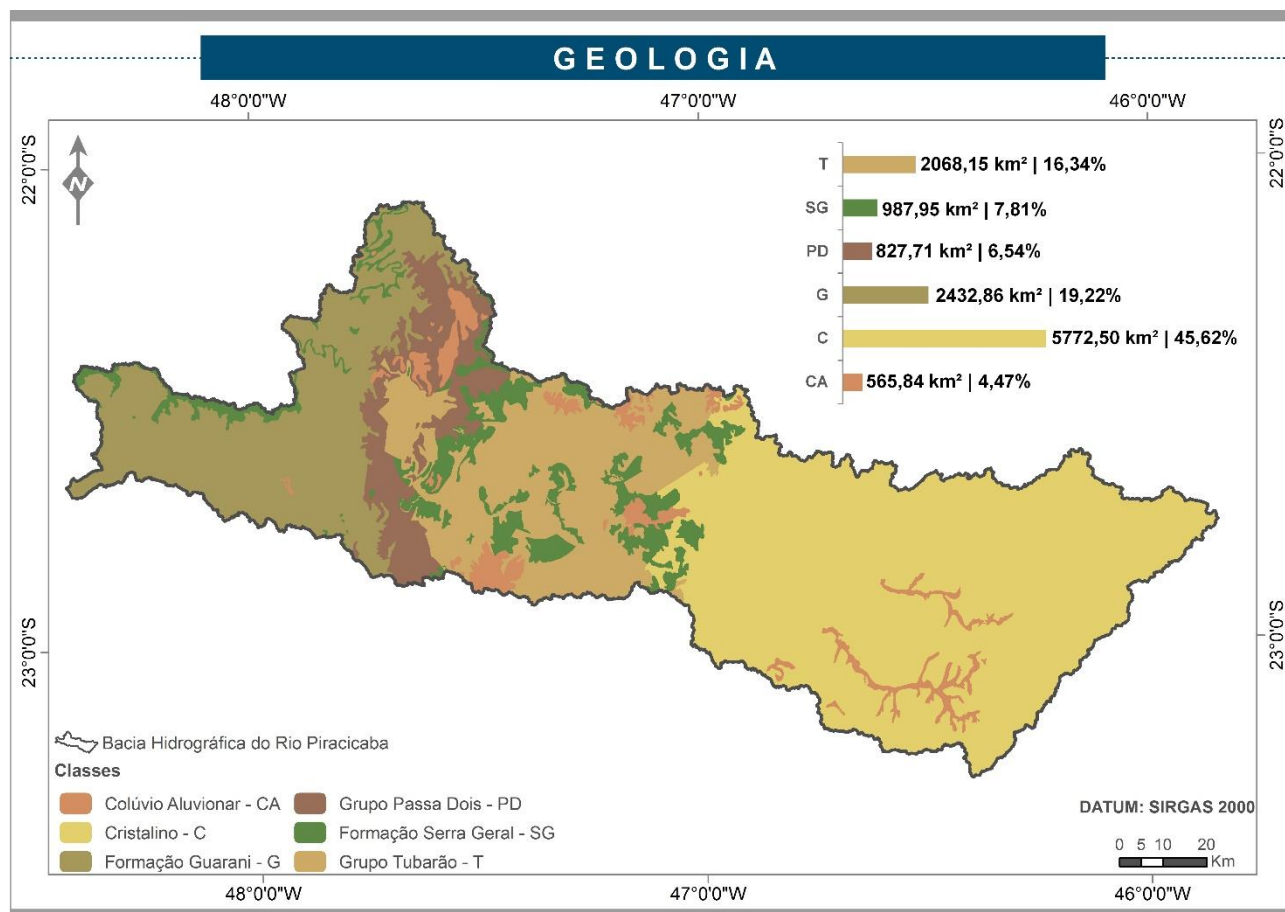
### 3.1.2 Geologia

A BHRP está localizada na porção centro-leste da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 22). A geologia na porção paulista engloba vários tipos litológicos agrupados em quatro domínios geológicos: Embasamento Cristalino; Rochas Sedimentares; Rochas Ígneas Básicas; Coberturas Sedimentares Cenozóicas. Enquanto na porção mineira, a geologia é caracterizada pelo domínio tectônico que representa aos maciços Medianos de Guaxupé e Socorro (IRRIGART, 2007).

Os terrenos cristalinos com comportamento geralmente resistente, compostos por rochas metamórficas e ígneas, estão localizados principalmente no extremo leste da BHRP. Na porção centro-oeste da BHRP, há presença de rochas sedimentares mesozóicas e paleozóicas, caracterizadas pela baixa resistência mecânica, no entanto, quando cimentadas, apresentam maior coerência e resistência (IRRIGART, 2007).

As rochas ígneas (efusivas e intrusivas) por serem homogêneas, maciças e isotrópicas, apresentam melhor comportamento geomecânico. Estes corpos magmáticos podem ser observados

em vários municípios, principalmente na região de Paulínia, Sumaré e Hortolândia (IRRIGART, 2007).



**Figura 22** - Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de IPT (1981) e Agência das Bacias PCJ (2018).

As coberturas sedimentares cenozóicas são compostas por rochas brandas, além de depósitos aluvionares e coluvionares e os solos residuais provenientes das mudanças de rochas (IRRIGART, 2007).

A porção mineira é composta pelo domínio tectônico constituído pelos maciços Medianos de Guaxupé e Socorro, representadas pelas idades radiométricas arqueanas do Ciclo Transamazônico e do Ciclo Brasileiro, demonstrando o afloramento de rochas migmatíticas, graníticas e granulíticas, envolvidas pela Faixa de Dobramento Canastra-Carrancas-Amparo e pelo Cinturão Móvel Atlântico (COBRAPE, 2010).

Localizado no extremo oeste da área, envolvendo também os municípios de Extrema e Itapeva, o Complexo Socorro engloba o bloco tectônico homônimo. De um modo geral, seus principais tipos litológicos mostram contatos graduais entre si, porém os limites dos sítios com o predomínio de um ou vários deles, apresentam em zonas de deformação cataclástica. Na porção leste

delimita-se com o Complexo Paraisópolis, por meio da Falha de Camanducaia. Na litologia, caracteriza-se similarmente ao Complexo Varginha e com as rochas do Complexo Paraisópolis, separa-se deste por conveniência estrutural, pois há existência de continuidade litológica no seu extremo oeste. Desenvolvido para granitóides e migmatitos com restitos granulíticos e anfibolíticos, expandindo-se no sentido leste até um confinamento na borda sul da serra de Santa Rita. No sentido sul e sudoeste, originam-se granitos e granitóides porfiroblásticos localizados em Camanducaia, Itapeva e Extrema (IRRIGART, 2007).

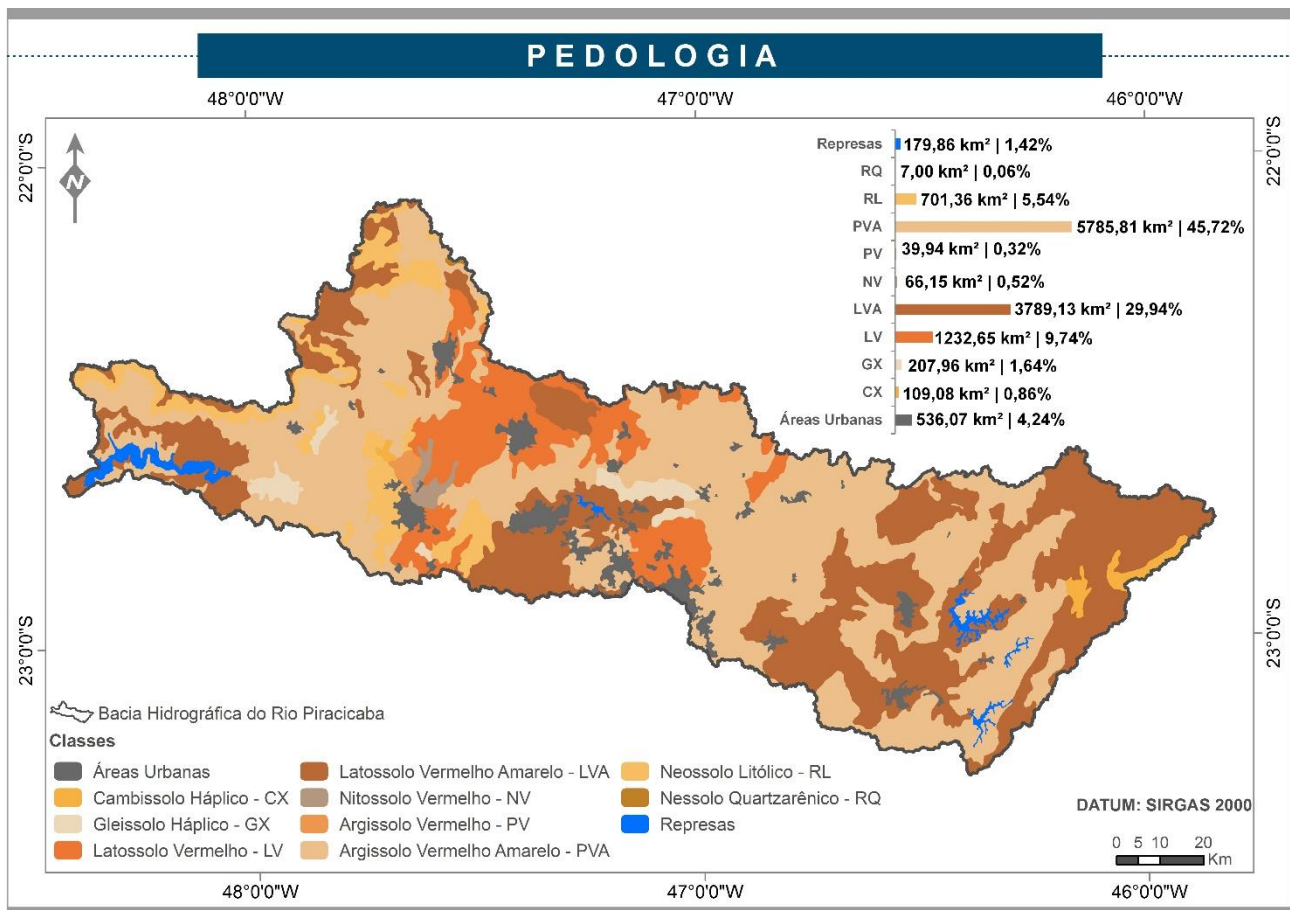
Na área do município de Camanducaia há uma interferência das massas dioríticas da faixa de Joanópolis composta por gnaisses dioríticos de filiação magmática, frente às feições expostas pelo plagioclásio. Como peculiaridade da “série charnockítica” apresenta-se a massa rochosa aflorando a aproximadamente 5 km no extremo oeste do município de Extrema, descrita como jotunito e representada pela presença do plagioclásio na ordem de 65% e 90% e o quartzo inferior a 20% (IRRIGART, 2007).

Em uma pequena faixa de direção nordeste ao sul da localidade de Campo da Onça, situada no município de Camanducaia, há presença de migmatitos heterogêneos de paleossoma gnáissico e xistoso. Geralmente, se apresentam como biotita-gnaisses de granulação média a fina, por vezes granatíferos com intercalações de biotita-sericita-xistos e rochas básicas xistificadas. Pelo registro de veios quartzo-feldspáticos concordantes com a foliação da rocha e de pequenos e esparsos “augens” feldspáticos, são de forma parcial encontrados migmatizados (IRRIGART, 2007).

O sentido mais acentuado dos fraturamentos é NE-SW, porém há feições E-W e N-S. O Rio Jaguari está condicionado por uma feição de sentido leste oeste. O Rio Sapucaí-Mirim tem orientação E-W e N-S, indicando controle estrutural (IRRIGART, 2007).

### **3.1.3 Pedologia**

A pedologia da BHRP é caracterizada com base no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo em escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (Figura 23).



**Figura 23** - Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de Oliveira et al., (1999).

De acordo com a classificação estabelecida por Sartori (2004) foram definidos quatro grupos hidrológicos de solos na BHRP (Tabelas 7 e 8), com base nas características físicas, sendo profundidade, textura, razão textural entre o horizonte superficial e subsuperficial e permeabilidade dos solos que sofre influencia da sua porosidade e da atividade da argila (IRRIGART, 2018).

**Tabela 7** - Grupos Hidrológicos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Grupos Hidrológicos de Solos da BHRP			
Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Latossolo Vermelho (LV) Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)	Argissolo Vermelho (PV), Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), Neossolo Quartzarênico (RQ) e Nitossolo Vermelho (NV)	Cambissolos Háplicos (CX)	Geissolos Háplicos (GX) e Neossolo Litólico (RL)

Fonte: Adaptado de Sartori (2004).

**Tabela 8** - Descrição dos quatro grupos hidrológicos de solo presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Grupos Hidrológicos de Solos	Descrição
Grupo A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solos muito profundos (profundidade &gt; 2m) ou profundos (1 a 2m);</li> <li>- Apresentam alta taxa de infiltração e alto grau de resistência e tolerância à erosão;</li> <li>- São porosos apresentando baixo gradiente textural (&lt; 1,20) e textura média;</li> <li>- Apresentam textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;</li> <li>- Bem drenados ou excessivamente drenados;</li> <li>- Solos com argila de atividade baixa, minerais de argila 1:1;</li> <li>- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode variar: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa.</li> </ul>
Grupo B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solos profundos (1 a 2 m);</li> <li>- Apresentam moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;</li> <li>- São porosos, cujo gradiente textural enquadra-se entre 1,20 e 1,50;</li> <li>- Apresentam textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;</li> <li>- Apresentam textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;</li> <li>- Solos com argila de atividade baixa, minerais de argila 1:1;</li> <li>- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode variar: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.</li> </ul>
Grupo C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solos profundos (1 a 2 m) ou pouco profundos (0,5 a 1 m);</li> <li>- Apresentam baixa taxa de infiltração, baixa resistência e tolerância à erosão;</li> <li>- Normalmente apresentam mudança textural abrupta e apresentam gradiente textural maior que 1,50;</li> <li>- Solos associados a argila de atividade baixa;</li> <li>- A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode variar: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.</li> </ul>
Grupo D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solos apresentando baixa taxa de infiltração, proporcionando pouca resistência e tolerância a erosão;</li> <li>- Solos rasos, cuja profundidade é inferior a 0,5 m;</li> <li>- São pouco profundos associados à mudança abrupta de textura ou solos profundos apresentando mudança abrupta de textura associada à argila de alta atividade, minerais de argila 2:1;</li> <li>- Solos argilosos, associados à argila de atividade alta;</li> <li>- Solos orgânicos.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Lombardi Neto et al., (1989) citado por Sartori (2004).

### 3.1.4 Geomorfologia

De acordo com IBGE (2021), pode-se observar 13 unidades geomorfológicas (Tabela 9) presentes na área de abrangência da BHRP (Figura 24). Recebe destaque a Depressão Periérica Médio Tietê (DPMT) ocupando 42,57% da BHRP, em menor ocorrência no extremo norte, a unidade Planalto Residual de São Carlos (PRSC), correspondendo a uma área de 22,42km<sup>2</sup>.



**Tabela 9** - Descrição das unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

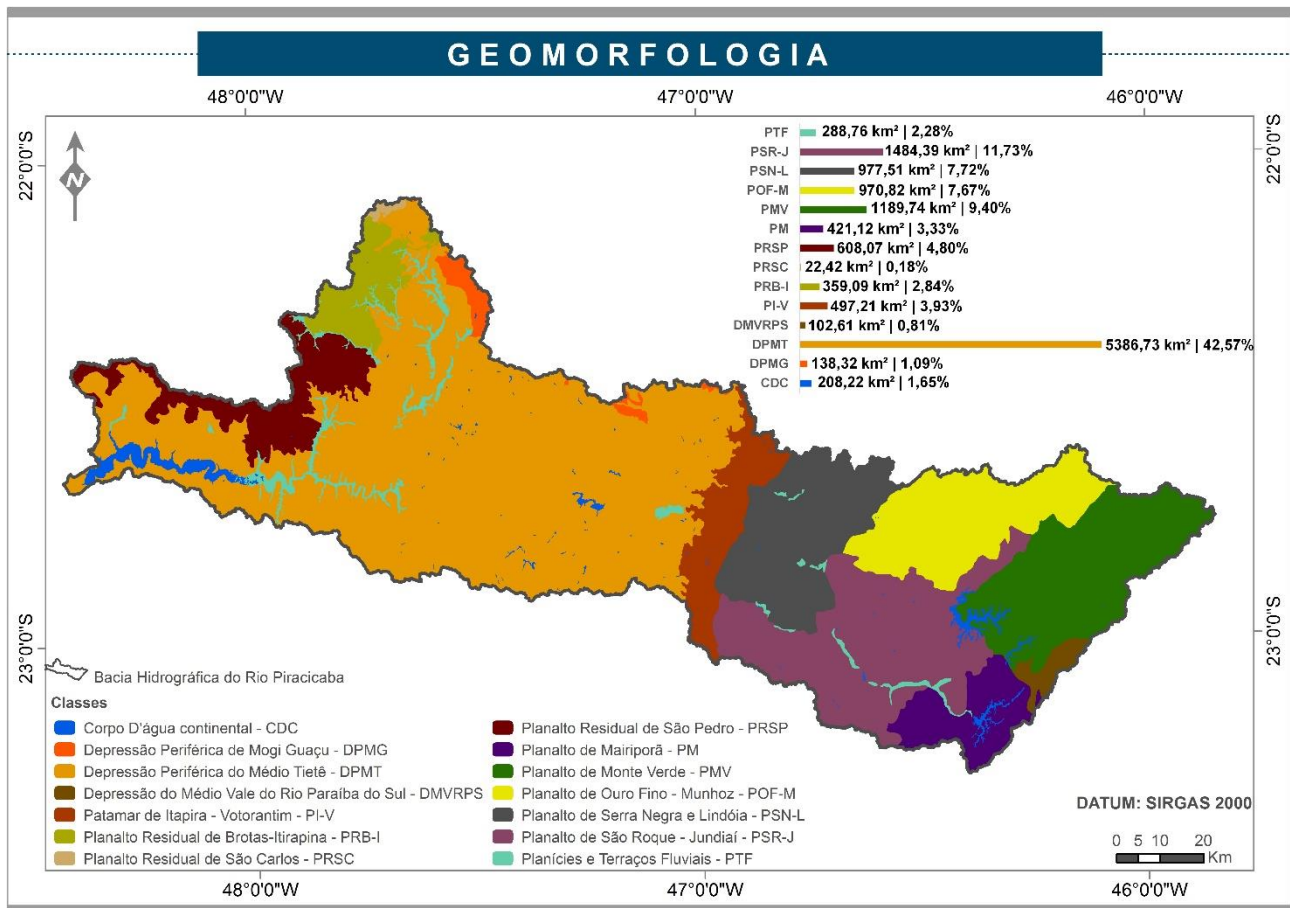
<b>Unidade</b>	<b>Características</b>
Depressão Periférica de Mogi Guaçu	Devido ao processo de pediplanação neopleistocênica, o relevo nesta unidade exhibe caráter aplanado, com amplos interflúvios normalmente tabulares com bordas convexizadas.
Depressão Periférica do Médio Tietê	Trata-se de uma área extensa rebaixada situada no médio curso da bacia do rio Tietê, abrangendo os trechos em que os rios Piracicaba, Capivari, Tietê e Sorocaba atravessam o início da bacia sedimentar do Paraná. Decorrente do processo de pediplanação neopleistocênica, o relevo apresenta pequeno aprofundamento interfluvial, porém maior densidade de drenagem e caráter mais convexizado que a porção norte da Depressão Periférica, na unidade da Depressão Periférica de Mogi-Guaçu.
Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul	As formas de relevo são caracterizadas por colinas e morros baixos, na maioria das vezes dispostos em pequenos alinhamentos paralelos de direção predominante NO-SE, e alinhamentos mais extensos e mais proeminentes em forma de cristas, de direção NE-SO. A classificação dos modelados, em grande parte, são dissecados homogêneos com topos convexos. Suas densidades de drenagem vão de média a muito fina, com aprofundamentos de relevo fraco a muito fraco e declividade média de 15°. Próximo das unidades Planalto de Monte Verde e Escarpas da Serra da Mantiqueira os modelados apresentam características estruturais, como alinhamentos em cristas, sendo em geral classificados como topos convexos e aguçados, com densidade de drenagem média a fina e aprofundamento de fraco a médio e declividades de 25° em média.
Patamar de Itapira-Votorantim	Marcada pelo contato contínuo e gradual com as formas sedimentares da Depressão Periférica do Médio Tietê, com as quais apresenta similaridade de altitude e modelados. Geralmente, os modelados possuem topo convexo com baixo aprofundamento, seguidos de média densidade de drenagem.
Planalto Residual de Brotas-Itirapina	Apresenta uma superfície cuestiforme, limitada por cuevas mais ou menos contínuas a leste, ao arredores das cidades de Analândia, Corumbataí e Itirapina-SP, com caimento para oeste até próximo de Ribeirão Bonito (SP), partindo de cerca de 800m a leste, passando por 700m na cidade de Brotas (SP), até 600m de altitude a oeste, onde une com o Planalto Ocidental Paulista. Com relação ao Planalto de São Carlos, a norte, e ao Planalto de São Pedro, a sul, este planalto apresenta superfície mais rebaixada. Constitui um relevo mais aplanado do que os planaltos residuais vizinhos, abrigando o alto curso do rio Jacaré-Pepira, sua planície fluvial, e afluentes de primeira ordem com padrão de drenagem sub-dendrítico na margem direita, ao longo dessa superfície. Ressalta-se que há predomínio de morros testemunhos nas adjacências dos municípios de Analândia (como o Morro do Cuscuzeiro) e Itirapina.
Planalto Residual de São Carlos	Apresenta estrutura cuestiforme, há predomínio de afloramentos de basaltos e arenitos jura-cretácicos da Formação Serra Geral, enquanto nos níveis topográficos de cimeira ocorrem solos arenosos derivados da Formação Botucatu.
Planalto Residual de São Pedro	Apresenta relevo cuestiforme, com front acentuado e festonado, na porção leste, apresenta exposição de rochas basálticas da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Botucatu em cornijas quase verticais. Possui declive suave a oeste. Composto por uma superfície com altimetria elevada, envolta em grande parte por cuevas e escarpas erosivas. Nessa superfície encontram-se, no sentido leste para oeste, o alto da Serra de São Pedro que atinge altitude superior a 1000m, a localidade do Patrimônio, situado em Brotas-SP, os municípios de Torrinha-SP e Jaú-SP (porção oeste), em 600m de altitude, onde une com o Planalto Ocidental Paulista.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

**Tabela 9** - Descrição das unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (Continuação).

<b>Unidade</b>	<b>Características</b>
Planalto de Mairiporã	Corresponde as serras ao norte da cidade de São Paulo-SP, até as imediações da represa de Nazaré Paulista-SP. O relevo apresenta controle estrutural evidente através de escarpas, numerosas linhas de cumeada, modelado com controle estrutural especialmente no extremo norte da unidade (próxima à represa), com aprofundamento e densidade de drenagem elevados. Os vales são encaixados, porém não tem um direcionamento preferencial da drenagem, ocorrendo dessa forma, a dispersão dos rios de primeira ordem em todas as direções.
Planalto de Monte Verde	Na porção central do Planalto há ocorrência de morros e colinas que apresentam alta densidade de drenagem. Observa-se também a influência das estruturas geológicas do embasamento no relevo, com vales estruturais e linhas de cumeada alinhadas, principalmente na direção ENE-OSO. Esta área possui altitudes entre 1.000 e 1.800m. A porção sul do Planalto consiste uma frente escarpada adaptada a falhas com forte desnível altimétrico e pequenas serras de direção predominante ENE-OSO, com altitudes que entre 700 e 2.000m. No sentido oeste, aos arredores de Joanópolis-SP, o relevo é composto principalmente por serras proeminentes de direção NNE-SSO ou ENE-OSO, apresentando cristas ou linhas de cumeada e vales estruturais acompanhando tais direções. Esta região apresenta altitudes entre 800 e 1.700m. Com relação a porção norte, esta é desvinculada da área central por uma escarpa adaptada à falha. Ressalta-se que este trecho apresenta altimetria superior ao da área central, e possui aspectos planálticos (morros e colinas) e serranos (serras com cristas alinhadas).
Planalto de Ouro Fino-Munhoz	Corresponde a porção de maior altitude da Região do Planalto de Amparo, apresentando especialmente modelados estruturais com densidade de drenagem elevada e aprofundamento moderado. Apresenta várias cristas, linhas de cumeada e vales que demonstram o controle estrutural presente na área, além de escarpas erosivas limitando as regiões mais elevadas da unidade, em todas as direções, porém de forma descontinuada.
Planalto de Serra Negra e Lindóia	Região fortemente marcada por controle estrutural, onde se pode identificar várias cristas ou linhas de cumeada, escarpas erosivas, vales estruturais e ressaltos notadamente na direção NE-SO. Os modelados apresentam aprofundamento moderado e moderada a alta densidade de drenagem.
Planalto de São Roque-Jundiá	Os modelados nesta unidade apresentam alta densidade de drenagem e médio aprofundamento, geralmente, com vales estruturais e linhas de cumeada sem direcionamento notável, com exceção de um conjunto na porção central da unidade que apresenta altitude de 400 metros acima do relevo ao entorno e notáveis lineações estruturais que consistem à serra do Japi.
Planícies e Terraços Fluviais	Consistem em várzeas e terraços aluviais originários de depósitos sedimentares holocênicos.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

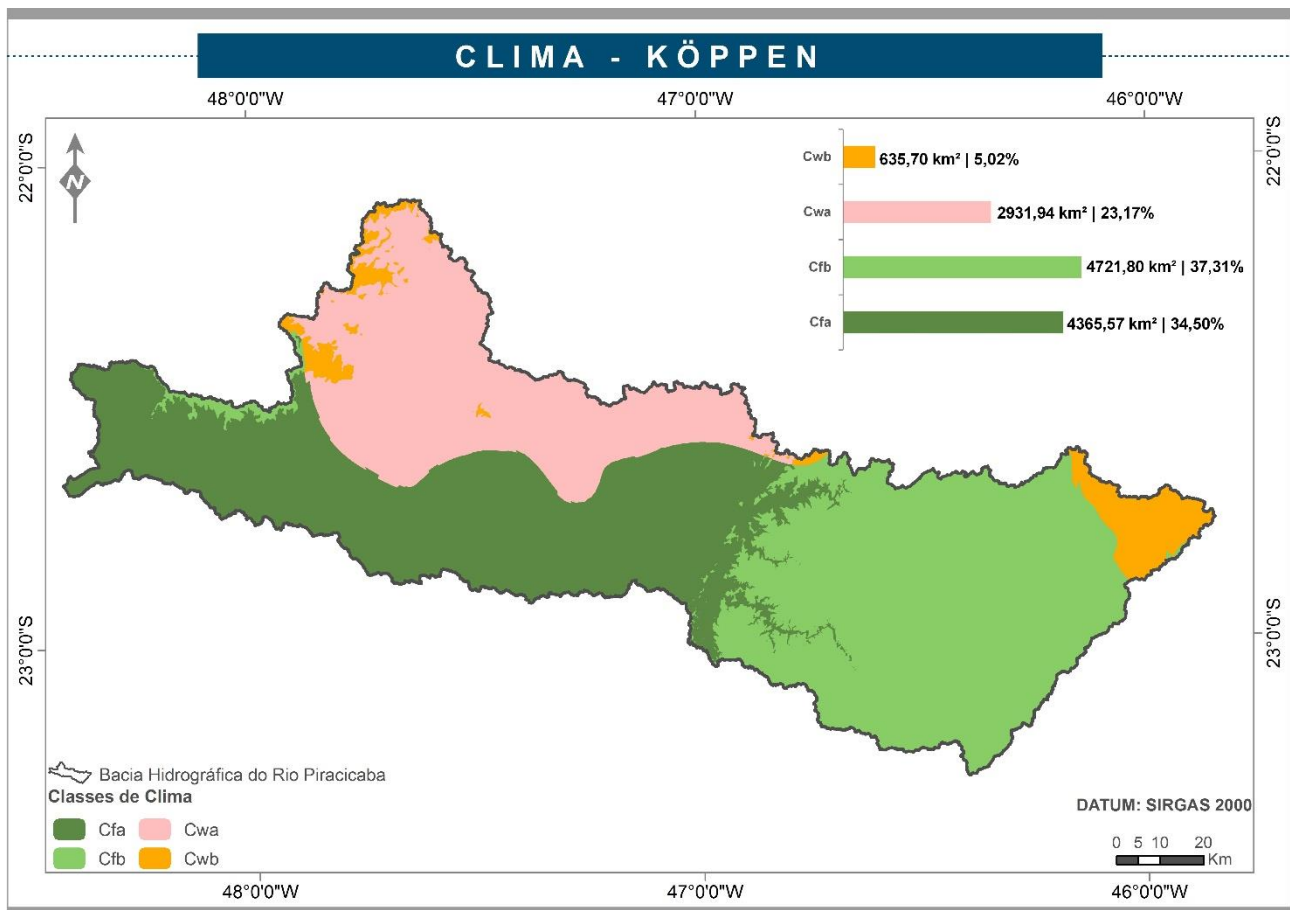


**Figura 24** - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

### 3.1.5 Clima

A região paulista apresenta índices de precipitação pluviométrica que variam entre 1200 e 1800mm/ano. Em Minas Gerais, o volume médio anual de chuvas precipitadas ultrapassa os 1500mm, enquanto que a evaporação potencial anual oscila entre 650 e 800mm (COBRAPE, 2010). A região das Bacias PCJ sofre influência de massa de áreas atlânticas tropicais e polares, com forte interferência da topografia, como a serra de São Pedro (XAVIER, 2006).

De forma geral, o clima na BHRP é classificado como tipo quente, temperado e chuvoso, retratando quatro faixas de ocorrências, de acordo com a divisão internacional de Köppen, sendo: Cfa (Subtropical sem estação seca e com verão quente); Cfb (Subtropical sem estação seca e com verão ameno); Cwa (Subtropical com inverno seco e verão quente); Cwb (Subtropical com inverno seco e verão ameno) (ALVARES et al., 2013) (Figura 25).



**Figura 25** - Classificação do clima segundo Köppen para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de Alvares et al., (2013).

### 3.1.6 Vegetação

A BHRP consiste em uma região importante quanto à biodiversidade, embora se caracterize por ser ocupada vastamente pela agricultura e apresentar acelerado crescimento urbano desde a década de 70, referente à descentralização das atividades da RMSPP rumo ao interior do estado. Consiste em uma área de interface entre o bioma Mata Atlântica e as Florestas Estacionais Semidecíduas de Planalto representadas por fragmentos espaçados (SHS CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA, 2006).

Na porção central e extremo oeste da BHRP concentra-se o Bioma Cerrado e com relação ao restante dessa área de drenagem há predominância do Bioma Mata Atlântica (Figura 26). Segundo o Inventário Florestal de Vegetação Natural do estado de São Paulo, elaborado pelo Instituto Florestal no ano de 2005, os municípios paulistas inseridos total ou parcialmente na BHRP, que sobressaem pela elevada porcentagem de remanescentes florestais são Nazaré Paulista, com 9.263 ha (28,8% de sua superfície) e Atibaia, com 6.363 ha (13,3% de sua superfície) (Figura 27) (IRRIGART, 2007).

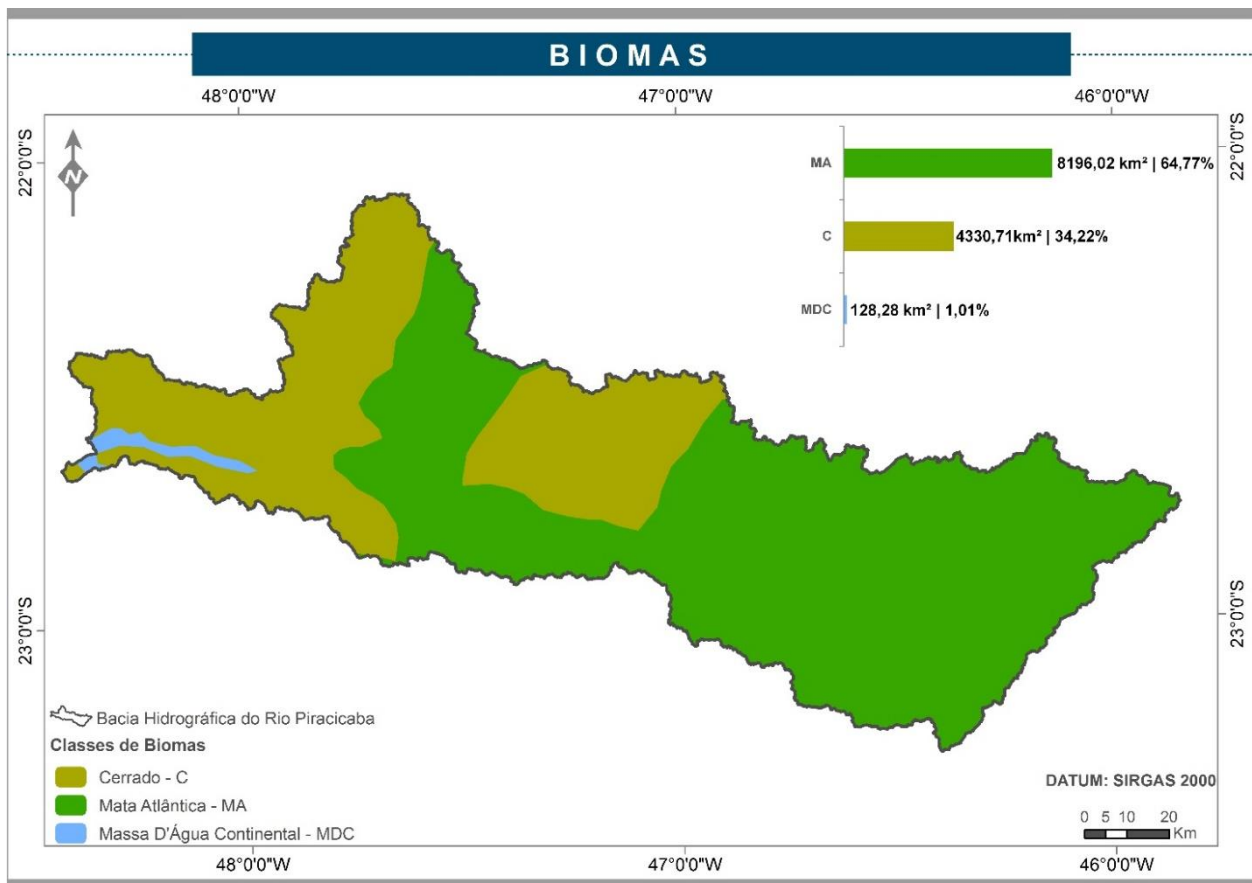


Figura 26 - Biomas que caracterizam a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de IBGE (2004).

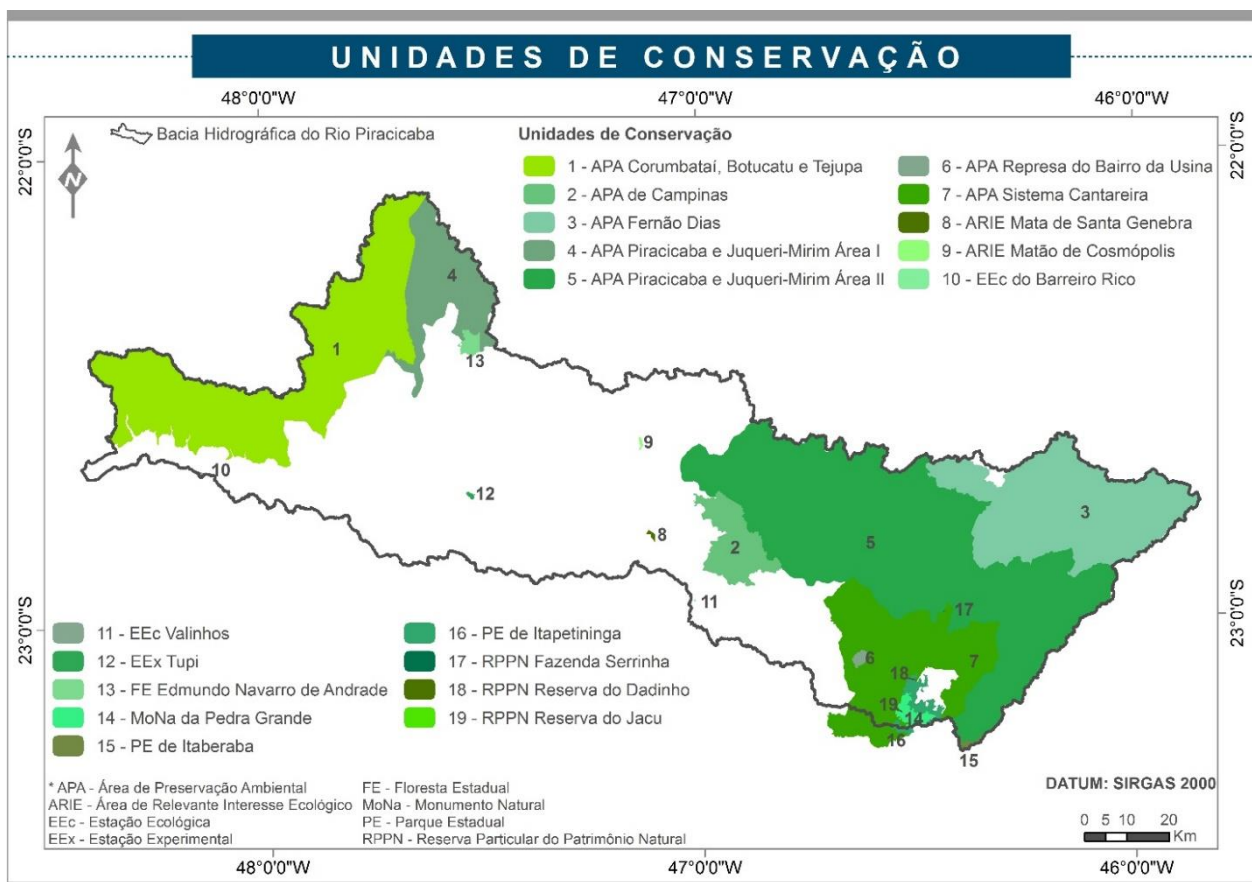


Figura 27 - Unidades de Conservação localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado da Agência das Bacias PCJ (2018).

No entanto, os municípios que apresentam baixa porcentagem de remanescentes florestais são Sumaré, com uma área ocupada de 32 ha (0,2% do território), Hortolândia, com 42 ha (0,7% da superfície), Nova Odessa com 0,14 ha de área ocupada (2,3% do território), e Cordeirópolis, com 146 ha (1,2% da área total) (IRRIGART, 2007). A Tabela 10 apresenta as Unidades de Conservação (UCs) presentes na área da BHRP. As maiores áreas de preservação estão localizadas na região leste da BHRP, seguida do extremo oeste.

**Tabela 10** - Unidades de Conservação que se localizam total e/ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Nome da UCs		Ano de criação	Legislação	Área (km <sup>2</sup> )	
1	APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá Perímetro Corumbataí	1983	Decreto nº 20960 de 08/06/1983	Totalmente inserida na BHRP	1605,96
2	APA de Campinas	2001	Lei ordinária nº 10.850 de 08/06/2001		222,98
3	APA Fernão Dias	1997	Decreto nº 38925 de 18/07/1997		1124,71
4	APA Juqueri Mirim Área I	1991	Lei ordinária nº 7438 de 16/07/1991		482,17
5	APA Juqueri Mirim Área II	1991	Lei ordinária nº 7438 de 16/07/1991		2713,83
6	APA Represa Bairro da Usina	1986	Lei ordinária nº 5280 de 04/09/1986		9,97
7	APA Sistema Cantareira	1998	Lei ordinária nº 10111 de 04/12/1998	IP*	750,26
8	ARIE Mata de Santa Genebra	1983	Resolução nº 03, de 03/02/1983	Totalmente inserida na BHRP	2,42
9	ARIE Matão de Cosmópolis	1985	D.F. 70.791/1985		1,73
10	EEc de Valinhos	1987	Decreto nº 26.890, de 12/03/1987		0,18
11	EEc do Barreiro Rico	2015	Resolução SMA Nº 36, de 26/05/2015		1,35
12	Estação Experimental Tupi	1949	Decreto nº19.032C de 23/12/1949		2,04
13	FE Edmundo Navarro de Andrade	2002	Decreto Estadual 46.819 de 7/6/2002		22,24
14	MoNa da Pedra Grande	1983	Resolução nº 14, de 06/07/1983 Condephaat		32,73
15	PE de Itaberaba	2010	Decreto Estadual nº 55.662, de 30/03/2010		7,82
16	PE de Itapetinga	2010	Decreto Estadual nº 55.662, de 30/03/2010		50,72
17	RPPN Fazenda Serrinha	2001	Portaria 154, de 25/10/2001		0,15
18	RPPN Reserva do Dadinho	2012	Resolução SMA nº 54, de 29/06/2012		0,12
19	RPPN Reserva do Jacu	2013	Resolução SMA nº 44, de 05/06/2013	0,04	

Fonte: Adaptado do Ministério do Meio Ambiente (2021); Fundação Florestal (2021); Instituto Florestal (2021); e, SHS Consultoria e Projetos de Engenharia (2006). \*IP-Inserido Parcialmente.

## 3.2 Caracterização das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

As SBH-OE estão caracterizadas entre os itens 3.2.1 a 3.2.5, nos quais abrangem a descrição sobre a elevação, a declividade, a densidade de drenagem, a geologia, os solos e o uso e cobertura do solo.

### 3.2.1 Hipsometria e Declividade

As sub-bacias hidrográficas que compõem o Par 1 denominadas sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata - SB(A) situada entre os municípios de Dois Córregos e Mineiros do Tietê, com área de abrangência de 98,71km<sup>2</sup> e a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas - SB(B) localizada entre os municípios de Brotas, Santa Maria da Serra, São Pedro e Torrinhã, cuja área de drenagem é de 98,42km<sup>2</sup>, apresentam elevação acima de 700 metros nas suas cabeceiras, mais precisamente na Serra de Torrinhã e Serra de São Pedro. Ambas regiões hidrográficas diminuem sua elevação sentido ao seu exutório. As declividades acentuadas estão concentradas também na Serra de Torrinhã e São Pedro, no entanto, de forma geral, as declividades são baixas a medianas (<2% a 20%) em toda extensão destas sub-bacias hidrográficas (Figura 28).

Quanto ao Par 2, composto pelas sub-bacias hidrográficas Ribeirão da Cachoeira - SB(C) e Córrego dos Coqueiros - SB(D), que possuem respectivamente, 116,27km<sup>2</sup> e 115,56km<sup>2</sup>, ressalta-se que acima de 80% de suas áreas apresentam altitudes variando de 500 a 700 metros. A SB(C) está localizada entre os municípios de Cordeirópolis, Iracemápolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes, enquanto a SB(D) situa-se entre os municípios de Cordeirópolis, Iracemápolis, Limeira. Como no Par 1, apresentam declividades amenas variando em sua maioria <2% a 20% (Figura 29).

No sentido leste da BHRP, é bastante visível a alteração da declividade do terreno, apresentam áreas mais acidentadas e com maiores elevações, como é possível constatar nas sub-bacias hidrográficas do Par 3, sendo a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças - SB(E) com 20,37km<sup>2</sup> e sub-bacia hidrográfica do Afluente do Córrego do Jacaré - SB(F) com 19,83km<sup>2</sup>. A localização da SB(E) situa-se entre os municípios de Amparo e Tuiuti. Entre os municípios de Itatiba, Louveira e Vinhedo localiza-se a SB(F). Ambas regiões hidrográficas, apresentam acima de 60% de suas áreas classificadas com declividades variando de 15% a >45%, distribuídas em suas áreas de abrangência. Com relação a altimetria, a SB(E) apresenta acima de 30% de sua área, principalmente as suas cabeceiras, com elevação acima de 980 metros, diferente da SB(F) que não ultrapassa 3% de área ocupada com altitudes variando de 952 a 1002 metros (Figura 30).

O Par 4 envolve a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga - SF(G) situada entre os municípios de Atibaia e Jarinu e a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Morte - SF(H) localizada no município de Nazaré Paulista, suas áreas de abrangência são respectivamente, 10,96km<sup>2</sup> e 10,53km<sup>2</sup>. Evidencia-se que suas maiores elevações estão próximas as suas cabeceiras. A SF(G) apresenta aproximadamente 30% de sua área ocupada por altitudes que variam de 848 a 957 metros, enquanto, a SB(H) apresenta acima de 30% de sua área com elevações que distam de 873 a 1041 metros. Como no Par 3, também apresentam regiões bastante acidentadas (20% a >45%), ocupando em área, 60,04% na SB(G) e 74,55% na SB(H) (Figura 31).

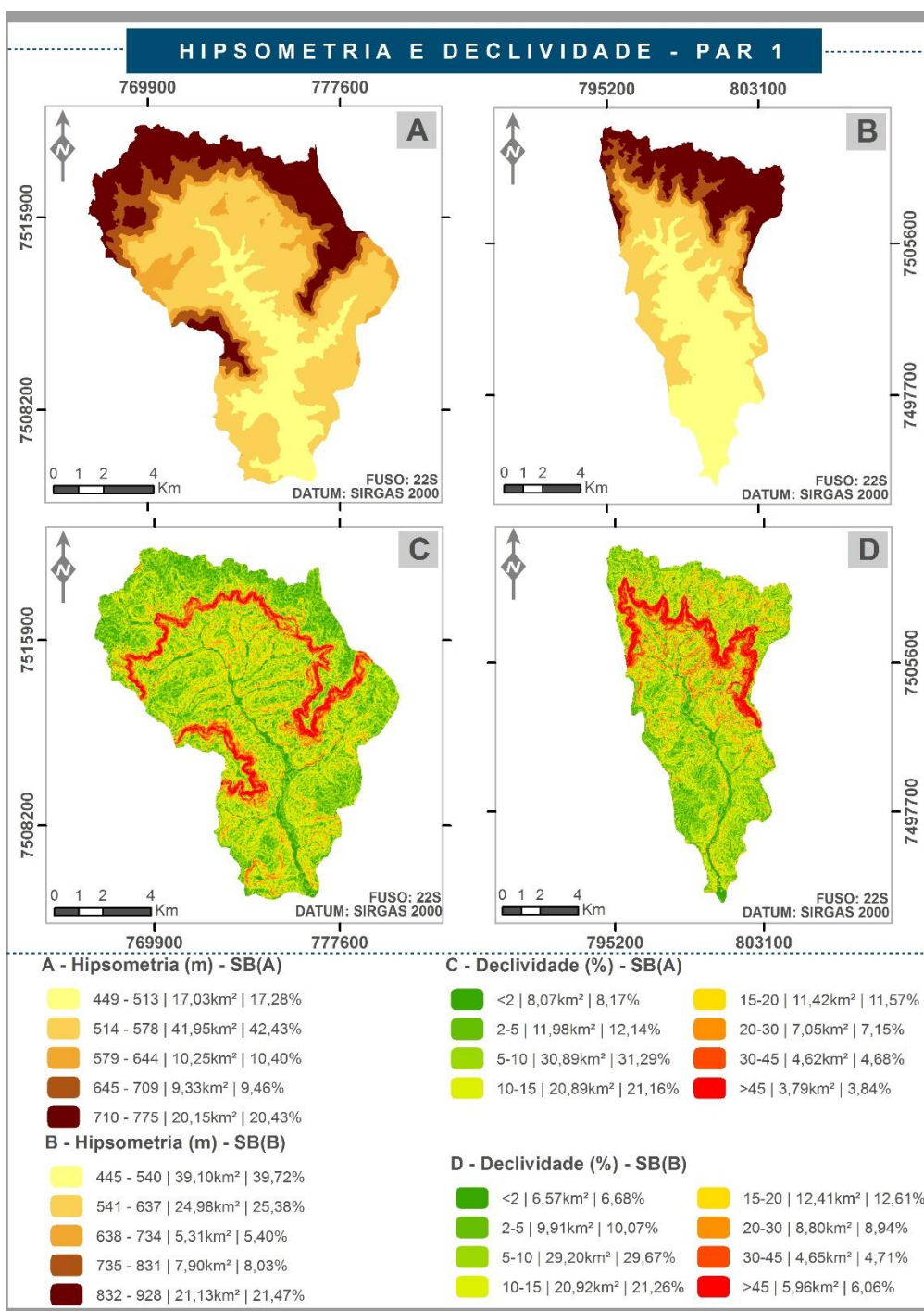
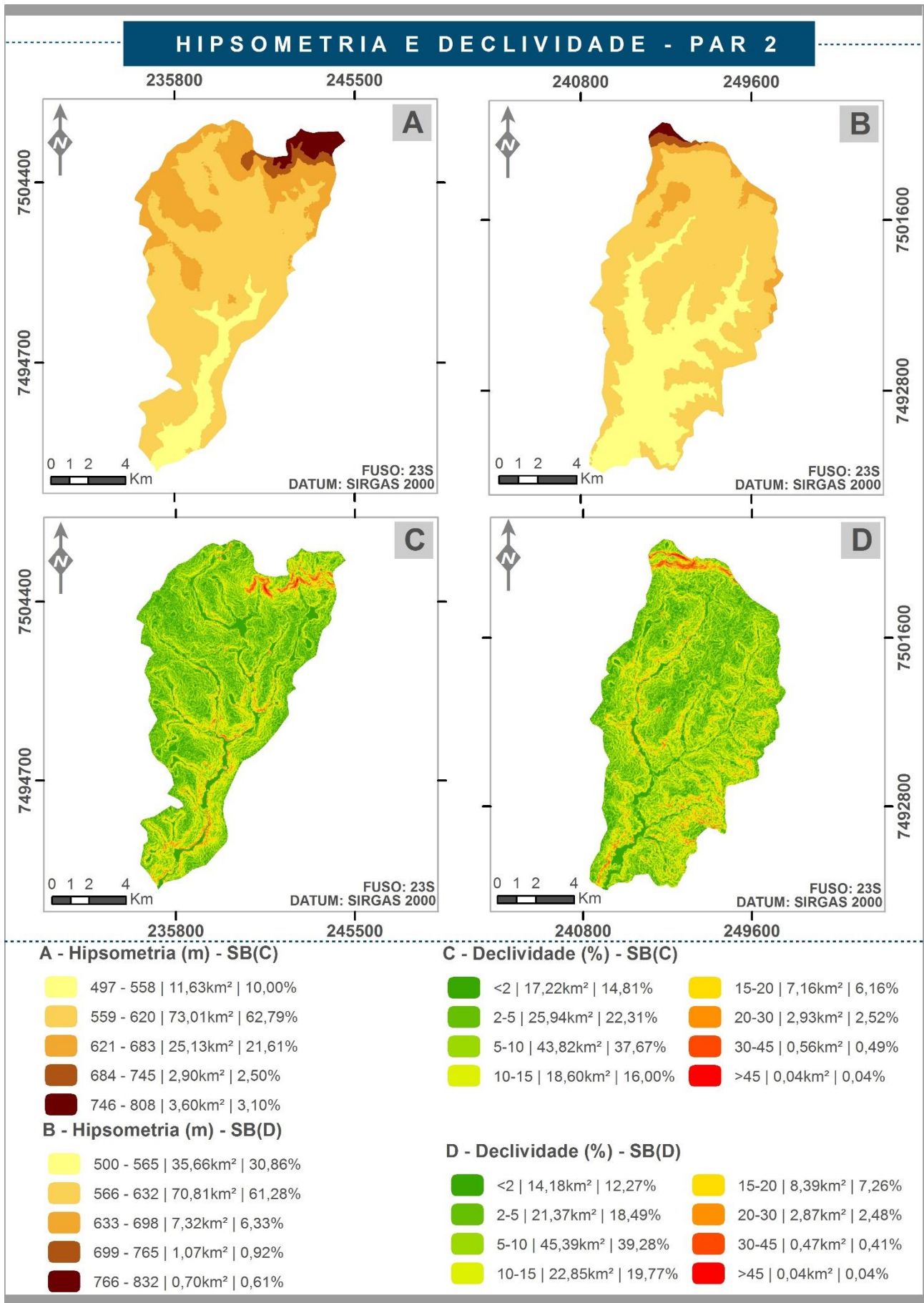


Figura 28 - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1.





**Figura 29** - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2.

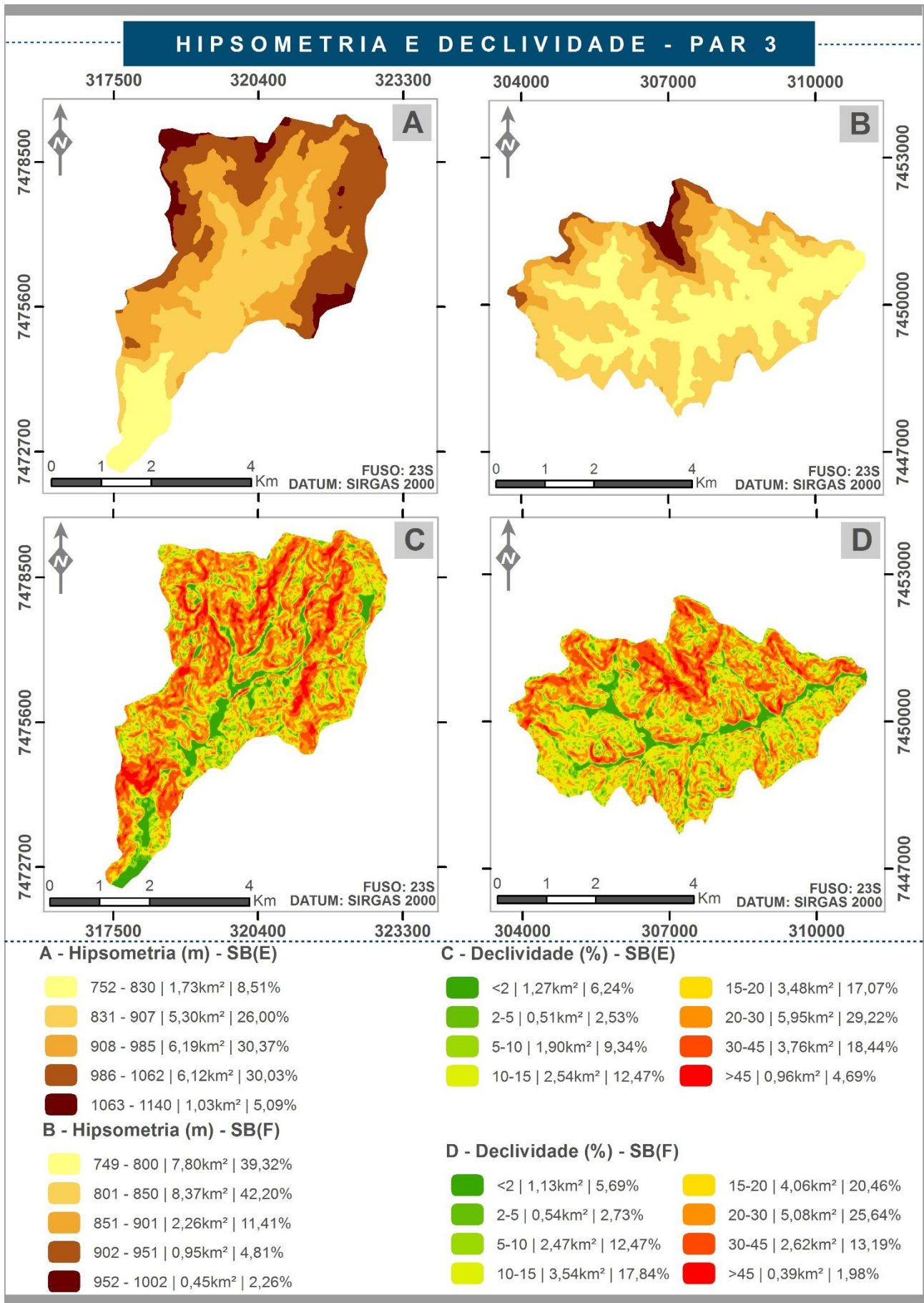
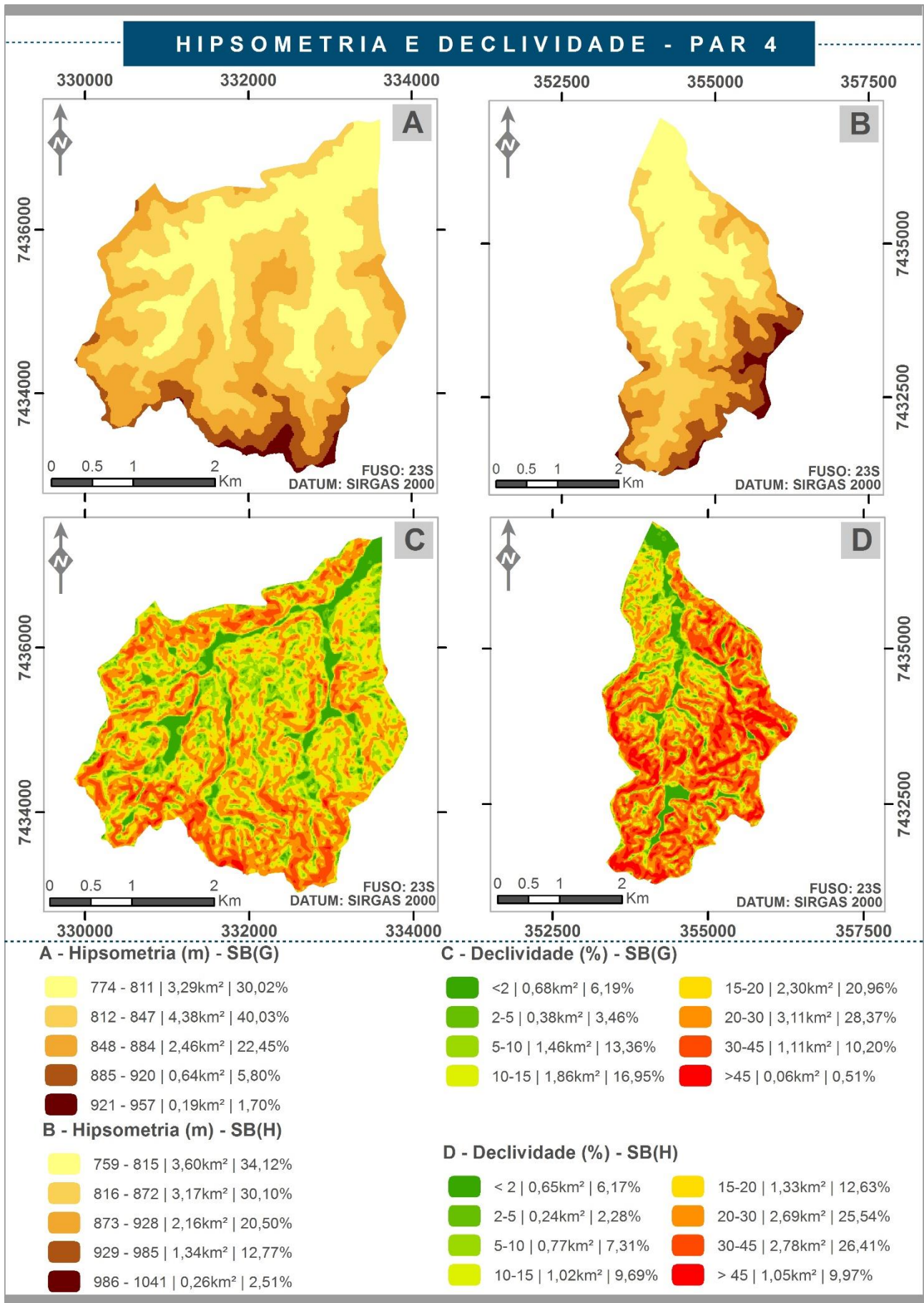


Figura 30 - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3.



**Figura 31** - Mapa de Hipsometria e Declividades das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4.

### 3.2.2 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem nas sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C) e SB(D) localizadas na porção centro-oeste da BHRP, são diferentes quando comparadas com as sub-bacias hidrográficas SB(E), SB(F), SB(G) e SB(H) situadas ao extremo leste da BHRP, esse fato é recorrente principalmente da alternância dos terrenos (Figura 32).

No extremo centro-oeste encontram-se rochas sedimentares que propiciam maior infiltração da água no solo, conseqüentemente menor escoamento superficial. Nessas áreas há predomínio de drenagem mais esparsa, ao contrário, da porção leste, onde há ocorrência de rochas cristalinas. Nessas regiões comumente temos maior escoamento superficial, maior número de canais de 1ª ordem de ramificação, menor taxa de infiltração de água no solo.

Especificamente para as sub-bacias hidrográficas que compõem os Pares 3 e 4, a rede de drenagem é caracterizada como dendrítica. Essas sub-bacias hidrográficas apresentam mais de 50% de suas áreas com densidade de drenagem variando de 2 a 3 km/km<sup>2</sup>.

A densidade de drenagem calculada com base na rede hidrográfica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) do ano de 2013, bem como, a densidade hidrográfica e o índice de circularidade destas oito sub-bacias hidrográficas estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11** - Densidade de drenagem, densidade hidrográfica e índice de circularidade das respectivas sub-bacias hidrográficas estudadas.

Abreviação das sub-bacias hidrográficas	Nomeclatura das sub-bacias hidrográficas	Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	Densidade hidrográfica (canais/km <sup>2</sup> )	Índice de circularidade
SB(A)	Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata	1,60	1,34	0,46
SB(B)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas	1,38	1,06	0,39
SB(C)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira	0,79	0,22	0,43
SB(D)	Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros	0,91	0,44	0,55
SB(E)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças	2,35	2,21	0,45
SB(F)	Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão do Jacaré	2,42	2,37	0,47
SB(G)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga	2,86	3,29	0,57
SB(H)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Morte	3,08	3,33	0,51

Fonte: Adaptado de Carvalho et al., (2020).

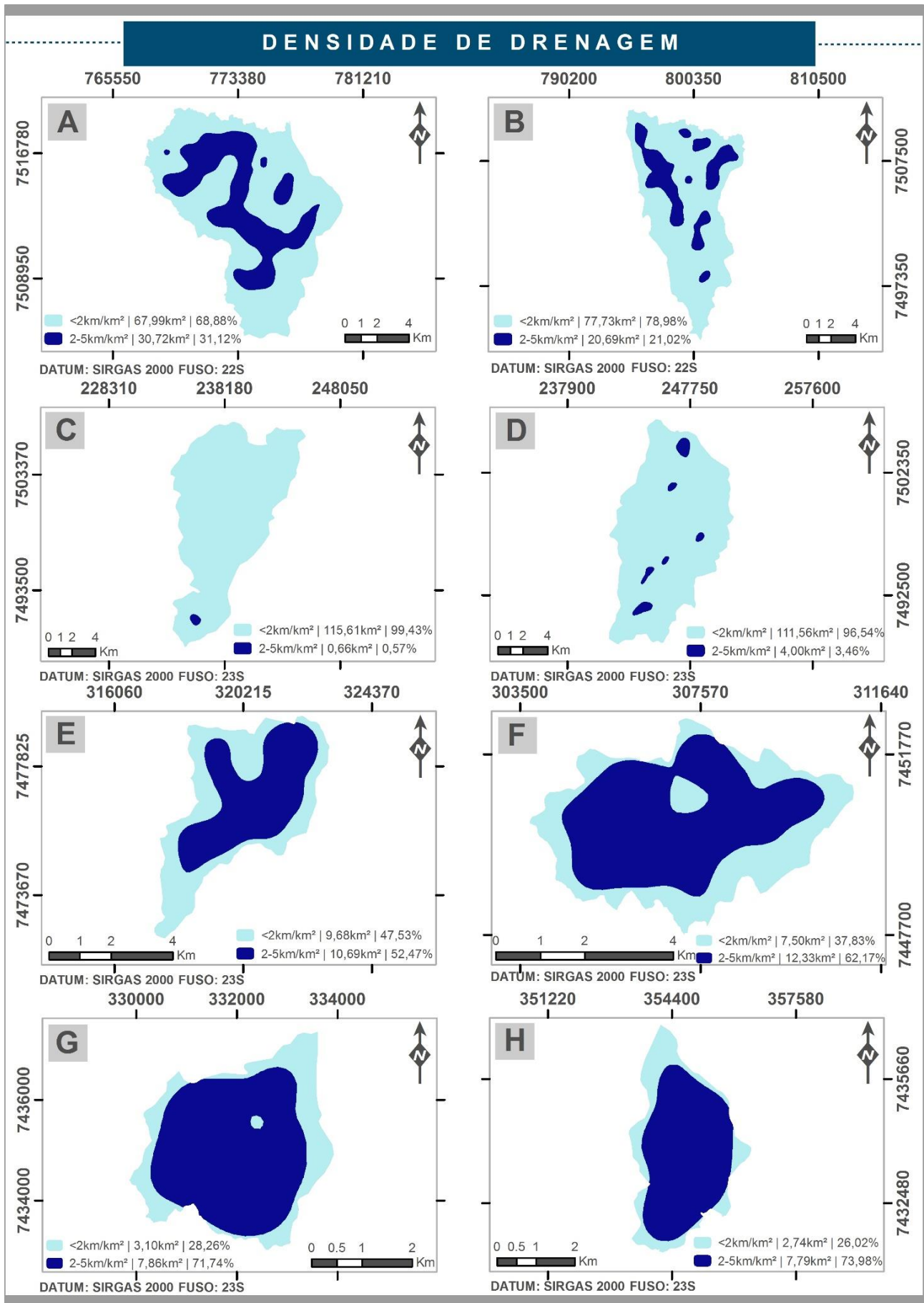
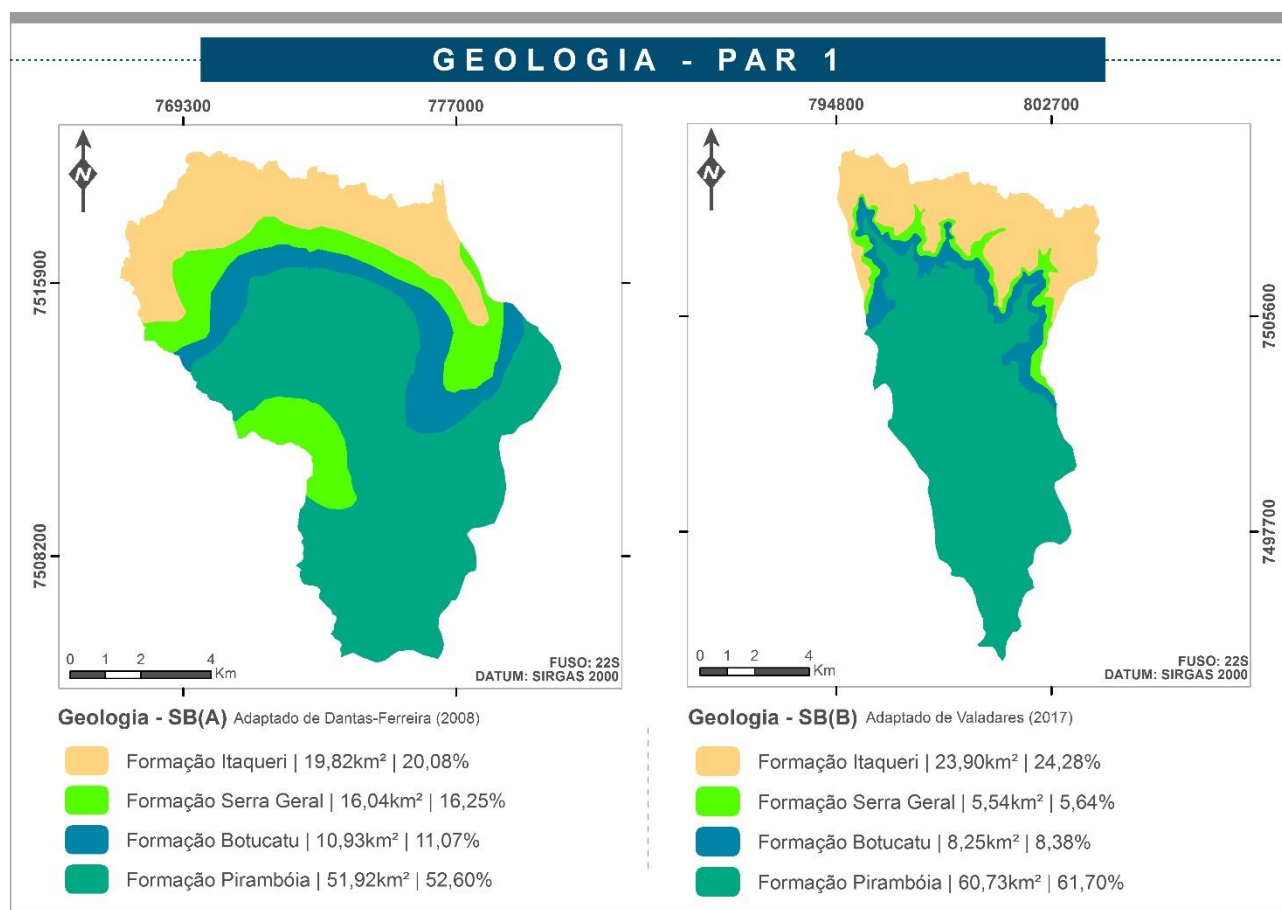


Figura 32 - Mapa de Densidade de drenagem das sub-bacias hidrográficas que compõem os Pares 1, 2, 3 e 4.

### 3.2.3 Geologia

As unidades litológicas presentes nas sub-bacias hidrográficas estudadas como objetos de estudo estão descritas a seguir. Notoriamente, a geologia se distingue entre as porções centro-oeste e leste da BHRP, que respectivamente, caracteriza-se na ocorrência de rochas sedimentares e rochas cristalinas. Vale destacar que os dados geológicos na escala de mapeamento 1:50.000 foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica em dissertações, teses e artigos científicos publicados.

- **Par 1:** A geologia das SB(A) e SB(B) compreende as Formações Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Itaqueri. Em maior evidência, nessas duas sub-bacias hidrográficas, destaca-se a Formação Pirambóia, ocupando respectivamente 52,60% e 61,70% de suas áreas (Figura 33).



**Figura 33** - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1. Fonte: Adaptado de Dantas-Ferreira (2008) e Valadares (2017).

A Formação Pirambóia é composta por arenitos médios e finos, cuja coloração é esbranquiçada, avermelhada e alaranjada, apresentam forma lenticular bem desenvolvida. As estruturas primárias de maior frequência são as estratificações cruzadas acanaladas que apresentam porte grande a muito grande, além das laminações cruzadas transladantes subcríticas. Considerada da

idade Neotriássica, cujas camadas de arenitos fazem parte do Aquífero Guarani (PERROTA et al., 2006).

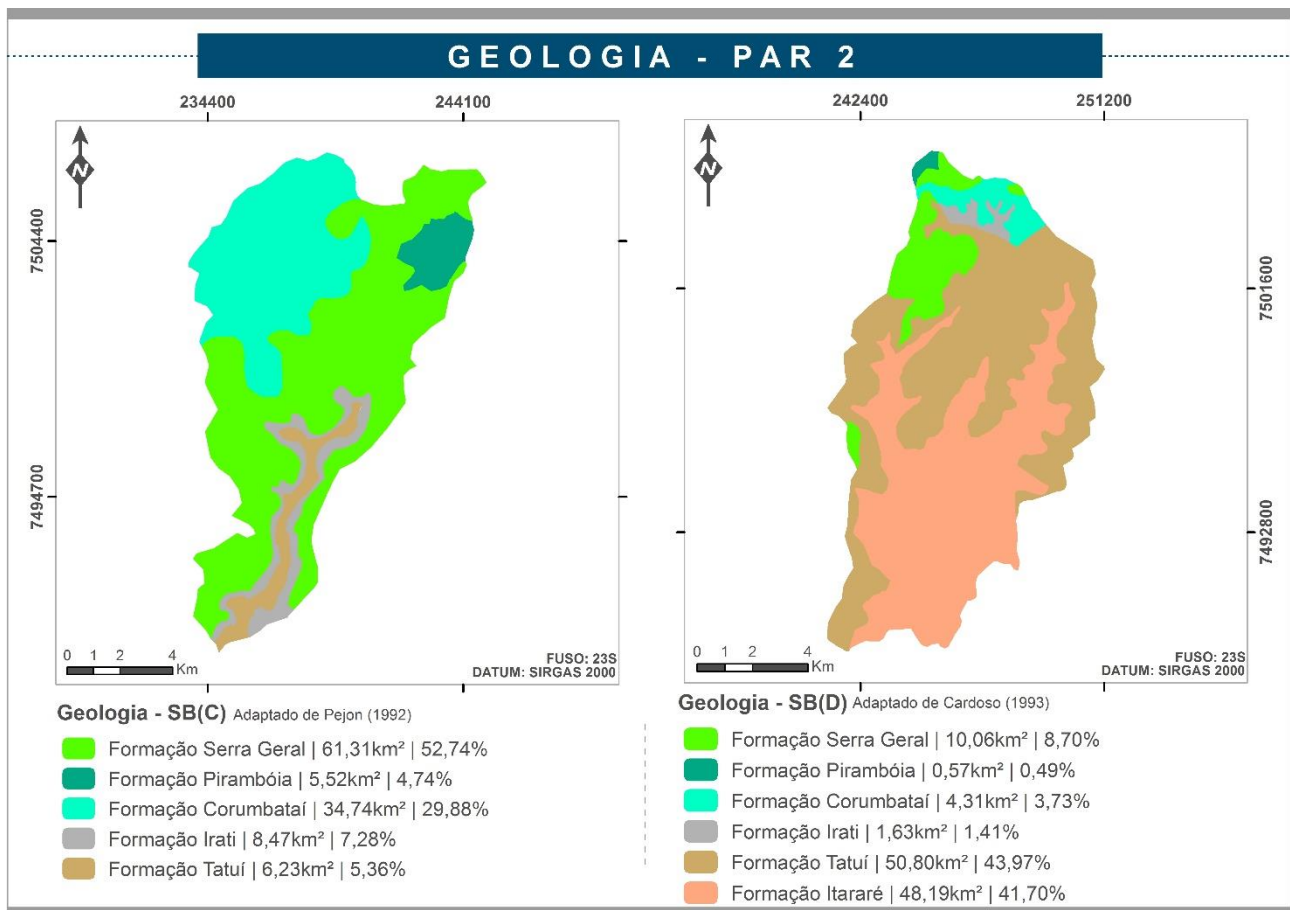
A Formação Botucatu do grupo São Bento, está presente ao longo da escarpa das Cuestas, intercalada entre as Formações Pirambóia e Serra Geral. Sua composição baseia-se em arenitos finos a grossos, cujas características aparentes são cor avermelhada, foscas, bem arredondados e com alta esfericidade, dispostos em sets e/ou closets de estratificações cruzadas, planar ou acanaladas, apresentando médio a grande porte (PERROTA et al., 2006).

Enquanto, a Formação Serra Geral do grupo São Bento, constitui-se de rochas vulcânicas toleíticas dispostas em derrames basálticos, apresentando cor cinza a negra, com textura afanítica, sendo intercalados com arenitos intertrapeanos, cuja granulometria varia de finos a médios exibindo estratificação cruzada tangencial (IPT, 1981).

Com relação à Formação Itaqueri, esta é pertencente a era Cenozóica, basicamente composta pela intercalação de arenitos com cimento argiloso, folhelhos e conglomerados. De granulometria que varia de muito fina e siltítica até grossa, temos os arenitos que possivelmente são silicificados. A porção argilosa é representada em pequena quantidade, cujo cimento é a calcedônia, contendo também óxido de ferro. Quanto aos conglomerados, são constituídos de clastos bem classificados, de até 30 centímetros de diâmetro, apresentam espessuras com até 5 metros, formados por basalto, quartzo, calcedônia, granito, quartzito, argilito, filito, pegmatito, sílex e folhelhos (PERROTA et al., 2006).

- **Par 2:** Nas SB(C) e SB(D) há predomínio das seguintes formações: Corumbataí, Irati, Pirambóia, Serra Geral e Tatuí. Nota-se que a Formação Itararé, se apresenta apenas na SB(D), ocupando mais de 40% de sua área total (Figura 34). A Tabela 12 apresenta a caracterização das formações geológicas que têm ocorrência nas sub-bacias hidrográficas do Par 2.

Pode-se observar que na SB(C), a Formação Serra Geral é presente em mais de 50% da área total da sub-bacia hidrográfica, o que dista bastante da porcentagem que essa formação ocupa na SB(D), sendo na ordem de 8,70%. Em destaque na SB(D), as Formações Itararé e Tatuí juntas ocupam mais de 80% da área da sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros.



**Figura 34** - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2. Fonte: Adaptado de Pejon (1992) e Cardoso (1993).

**Tabela 12** - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D).

Formação	Descrição
Itararé	Corresponde aos depósitos glaciais continentais, glacio-marinhos, fluviais deltaicos lacustres e marinhos consistindo essencialmente em arenitos de granulação variada, arcossianos, conglomerados, diamictitos, tilitos, silitos, folhelhos, ritmitos e raras camadas de carvão.
Tatuí	Formado por depósitos marinhos com estratificação plano-paralela, com predomínio de silitos, arenitos finos em parte concrecionados por calcário e sílex, de cor vermelho arroxeadado na porção inferior e esverdeada na base.
Irati	Consiste em silitos, argilitos e folhelhos siltícos de coloração variando de cinza claro a escuro, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica integrados com calcários creme silicificados e restritos níveis conglomeráticos.
Corumbataí	Trata de depósitos provavelmente marinhos de planícies de maré, abrangendo argilitos, folhelhos e silitos de cor cinza, roxos ou avermelhados com intercalações de bancos carbonáticos, silexitos e camadas de arenitos finos.
Pirambóia	Abrange depósitos fluviais incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, siltico-argilosos com estratificação cruzada ou plano-paralela, com níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variegadas e raras intercalações de natureza areno-argilosa.
Serra Geral	Consiste em rochas vulcânicas toleíticas dispostas em derrames basálticos, com cor cinza a negra, possuindo textura afanítica, intercaladas em arenitos intertrapeanos, cuja granulometria é fina a média apresentando estratificação cruzada tangencial.

Fonte: Adaptado de IPT (1981).



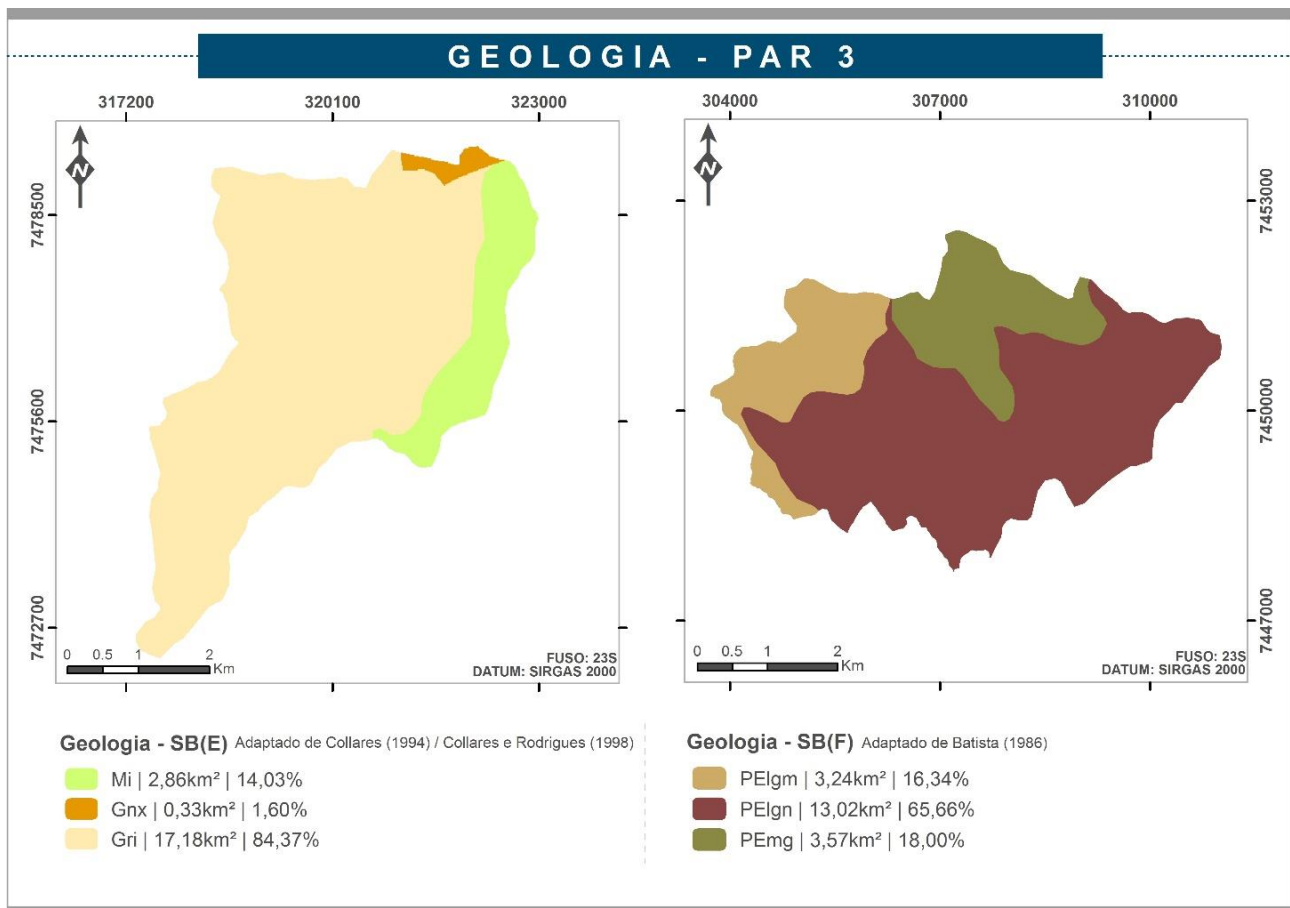
- **Par 3:** A Tabela 13 apresenta a descrição das unidades litológicas existentes nas SB(E) e SB(F). Na SB(E) mais de 80% de sua área é ocupada por granitóides indiferenciados. Na sua porção leste, há predomínio de milonitos na ordem de 14,03% de sua área total.

Bem discretamente ao norte dessa sub-bacia hidrográfica há evidência de intercalações de biotita-gnaiss e biotita-xisto. Enquanto, na SB(F), a classe PEI<sub>gn</sub> distribuída ao longo dos extremos oeste a leste ocupa 65,66% da área, seguida da PE<sub>mg</sub> que se encontra ocupando 18,00% de área na porção norte, e a oeste, a classe PEI<sub>gm</sub>, que ocorre em 16,34% da área total dessa sub-bacia hidrográfica (Figura 35).

**Tabela 13** - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F).

SB	Classes	Descrição das Classes
SB(E)	Milonitos (Mi)	Correspondem ao material milonitizado da Zona de Falha Socorro e Faixa Dúctil Mostardas de Campos Neto et al. (1984). São rochas intensamente milonitizadas, derivadas de granitóides, xistos e principalmente de gnaisses. Localmente ocorrem lentes de anfibolitos, dioritos e carbonatos.
	Granitóides Indiferenciados (Gri)	Correspondem aos granitos do Complexo Morungaba e a uma fração da Suite Migmatítica Catapora de Campos Neto et al. (1984). São granitos diversos com baixo a médio teor em minerais ferro-magnesianos e lentes anfibolíticas associadas. Este domínio compreende um alto topográfico com declividades elevadas. O material intemperizado é friável e com pouca mica. A ocorrência de matacões é intensa.
	Intercalações de Biotita-gnaisses e Biotita-xisto (Gnx)	São gnaisses e xistos com alto teor em máficos e com pouco quartzo. Ao contrário dos Gnaisses Indiferenciados, neste domínio ocorrem solos rasos e uma espessa camada de saprolito. O solo saprolítico e o saprolito são bastante micáceos.
SB(F)	PEI <sub>gm</sub>	Formado por migmatitos estromáticos com leucossoma granítico branco, geralmente granatífero, por vezes apresentando megacristais de feldspato, melanossoma é de biotita gnaiss apresenta maior grau de anatexia sofrida por PEI <sub>gn</sub> .
	PE <sub>mg</sub>	Compreende a migmatitos graníticos com granada, nebulíticos a estromáticos.
	PEI <sub>gn</sub>	São biotita gnaisses com alternância de biotita xistos; intercalações de quartzitos, gonditos, anfibolito, migmatito de injeção.

Fonte: Adaptado de Collares (1994), Collares e Rodrigues (1998), Batista (1986).



**Figura 35** - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3. Fonte: Adaptado de Collares (1994), Collares e Rodrigues (1998), Batista (1986).

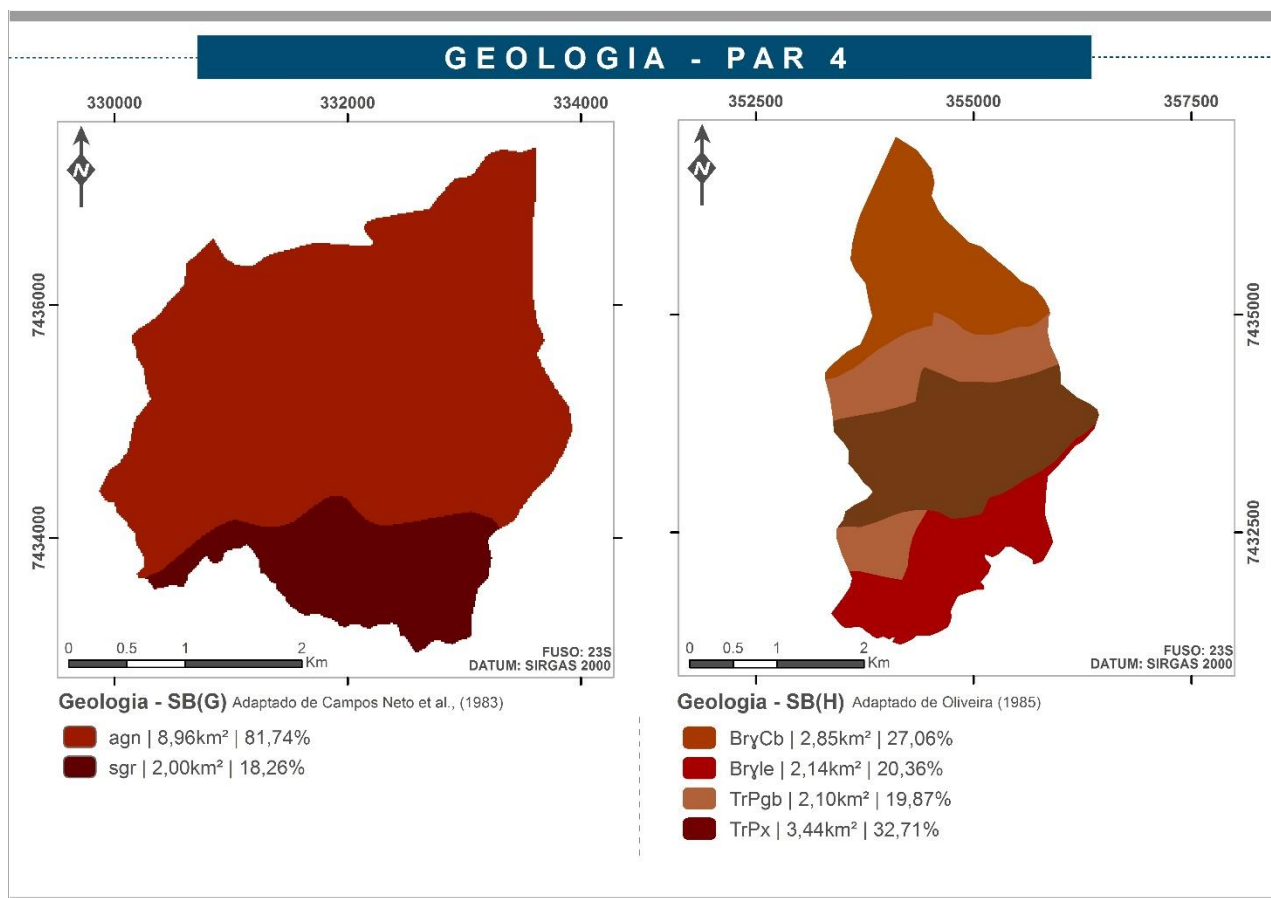
- **Par 4:** A descrição das classes de geologia presentes nas sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) estão apresentadas na Tabela 14. Observa-se que a SB(G) apresenta nas suas cabeceiras a classe sgr, a qual ocupa em área 18,26%. Em maior evidência, nota-se a classe agn, ocupando acima de 80% da área, distribuída por toda sub-bacia hidrográfica.

Com relação a SB(H), há ocorrência de mais unidades litológicas. No centro desta sub-bacia hidrográfica encontra-se a classe TrPx, de maior predomínio na área, ocupando acima de 30% da área dessa região hidrográfica. No sentido da foz, há predominância da classe BryCb, que apresenta 27,06% da área da SB(H). Na cabeceira ocorre a classe Bryle que ocupa 2,14km<sup>2</sup> sendo 20,36% da área total. A TrPgb consiste na classe de menor ocorrência nesta sub-bacia hidrográfica, abrangendo 19,87% de sua área total (Figura 36).

**Tabela 14** - Descrição das classes de unidades litológicas das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H).

SB	Classes	Descrição das Classes
SB(G)	agn	Grupo Complexo Amparo: granada-biotita-gnaisses com ou sem sillimanita, hornblenda-biotita-gnaisses, bandados, oclares, com intercalações de micaxistos, xistos básicos, quartzitos, quartzitos feldspáticos e micáceos, metarcóseos localmente conglomeráticos, anfíbolitos.
	sgr	Grupo Maciço de Socorro: granitos róseos de granulação fina, inequigranulares e equigranulares.
SB(H)	Bryl	Suíte Granitóide Imbirçu: granodioritos e granitos predominantemente porfíricos, com associações frequentes de tonalitos, quartzo monzonitos e quartzo monzodioritos. Localmente granitos e quartzo sienitos equigranulares. Granitos e granodioritos, equi e inequigranulares, com associações de quartz dioritos e dioritos homogêneos. Granitóides protomiloníticos.
	BryC	Suíte Granítica Catapora: granitos granatíferos, rosados a cinza, médio a fino, localmente grosseiro. Sillimanita-biotita-granada granito branco a cinza claro, com mobilizados granítico-granatíferos esbranquiçado e com estruturas magmáticas.
	TrPx	Unidade de Xistos Superiores: granada-biotita-quartzo muscovita xistos, granada-mica-quartzo xistos, e subordinadamente quartzitos miloníticos. Intercala localmente quartzo anfíbolitos, meta-hornblenda gabros, piroxênio anfíbolio gnaisses e biotita gnaisses. Migmatizados.
	TrPgb	Unidade dos Gnaisses Bandados: granada-labradorita-hornblenda gnaisses bandados, com bandas quartzosas e quartzo anfíbolíticas. Hornblenda gnaisses com bandas de gnaisses tonalíticos (porfiroclásticos). Secundariamente: granada-sillimanita-biotitagnaisses bandados, gnaisses granodioríticos, quartzo anfíbolitos, gonditos, quartzitos. Migmatizados.

Fonte: Adaptado de Campos Neto et al., (1983) e Oliveira (1985).



**Figura 36** - Mapa de Geologia das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4. Fonte: Adaptado de Campos Neto et al., (1983) e Oliveira (1985).

### 3.2.4 Materiais Inconsolidados

Os materiais inconsolidados são diferenciados nas SBH-OE em decorrência do conjunto de características físicas dessas áreas. A seguir, está apresentada a descrição detalhada dos materiais inconsolidados por pares de sub-bacias hidrográficas, cuja escala de mapeamento é 1:50.000.

- **Par 1:** As SB(A) e SB(B) apresentam as mesmas classes de materiais inconsolidados, sendo: A11; RsB; RsI; RsP; RsSG; Rt1; Rt2; Rt3 (DANTAS-FERREIRA, 2008). Observa-se que a classe RsP, constituída basicamente de solo residual provindo da Formação Pirambóia, sobressai em maior evidência em ambas sub-bacias hidrográficas, ocupando respectivamente, 39,28% e 29,47% de área total (Tabela 15 e Figura 37).

**Tabela 15** - Características das unidades de materiais inconsolidados presentes nas sub-bacias hidrográficas do Par 1.

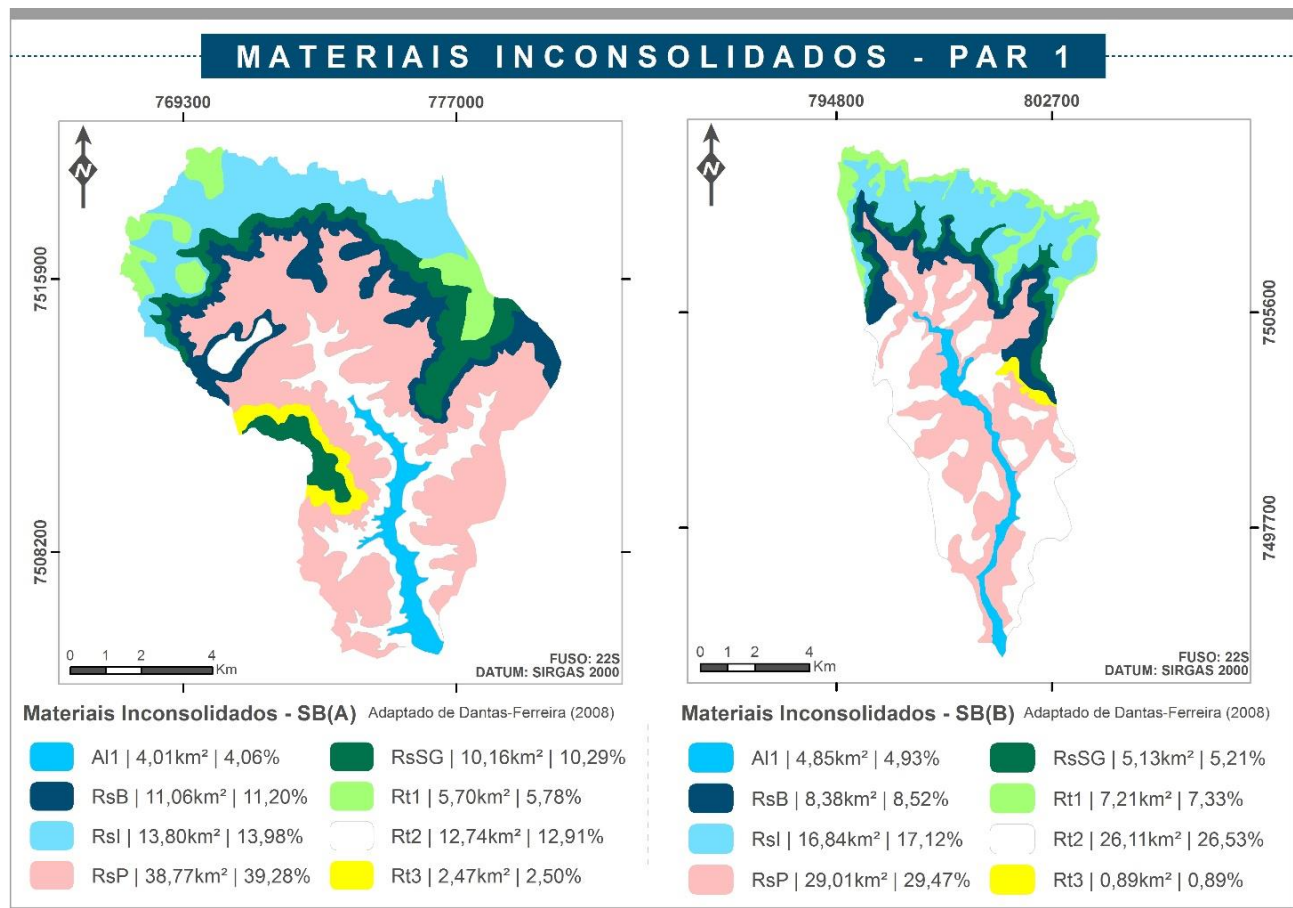
Unidade	Tipo	Característica	Espessura
A11	Retrabalhados	Aluviões arenosos e com Pedregulhos	< 1 m
RsB	Residuais - Formação Botucatu	Arenosos	< 2 m
RsI	Residuais - Formação Itaqueri	Arenosos Silto - argilosos	<2 a 5 m
RsP	Residuais - Formação Pirambóia	Arenosos	>2 m
RsSG	Residuais- Formação Serra Geral	Argilo-siltosos	> 2 m
Rt1	Retrabalhados	Arenosos da Serra, associado a fáceis Concrecionárias	20 a 40 cm
Rt2	Retrabalhados	Arenosos em Topo	Pouco centímetros a > 20 m
Rt3	Retrabalhados	Areno-Argilosos	< 5 m

Fonte: Adaptado de Dantas-Ferreira (2008).

Próximo as cabeceiras das sub-bacias hidrográficas ocorre a classe RsI, composta por solos residuais da Formação Itaqueri, que abrange em área 13,80km<sup>2</sup> na SB(A) e 16,84km<sup>2</sup> na SB(B). A classe RsSG trata-se de uma pequena faixa que ocorre entre os solos residuais da Formação Itaqueri e as escarpas suportadas pelos basaltos, apresentando maior predominância na SB(A) ocupando 10,16km<sup>2</sup>, enquanto, na SB(B) abrange 5,13km<sup>2</sup>. Na porção inferior da escarpa, apresenta-se a classe RsB, composta por solos residuais arenosos da Formação Botucatu, cujo predomínio nas SB(A) e SB(B) são respectivamente, 11,20% e 8,52% da área total das sub-bacias hidrográficas.

A classe Rt1 corresponde a solos retrabalhados arenosos da Serra, com associação a fácies concrecionárias, localizados nas cabeceiras em ambas sub-bacias hidrográficas e apresentam uma pequena predominância de área ocupada, sendo na SB(A) 5,70km<sup>2</sup> que corresponde a 5,78% da área

total, e na SB(B) 7,21km<sup>2</sup> que ocupa 7,33% da área da sub-bacia hidrográfica. Os solos retrabalhados arenosos em topo (Rt2) encontram-se especializados em sua maioria na porção central dessas duas sub-bacias hidrográficas, sendo possível constatar que na SB(B) a presença dessa classe ultrapassa o dobro do que se apresenta na SB(A).

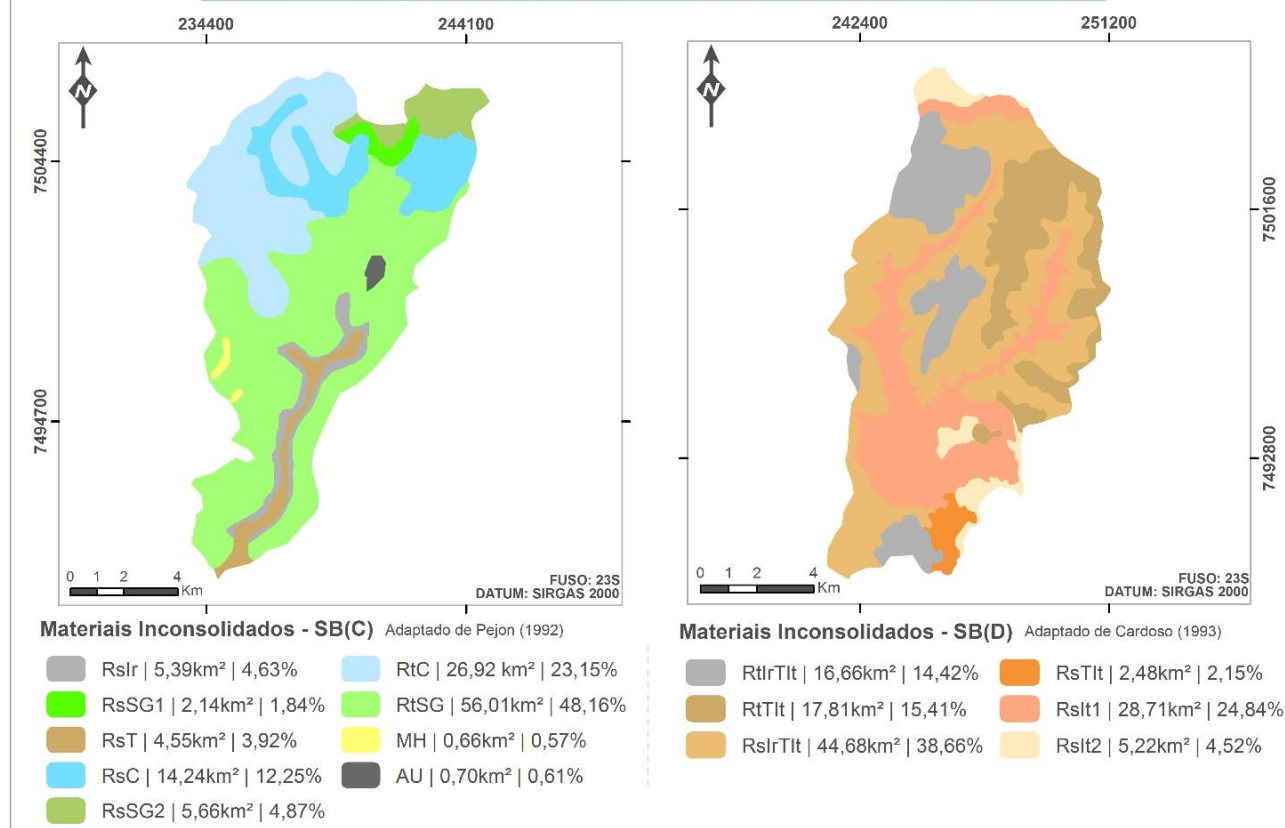


**Figura 37** - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1. Fonte: Adaptado de Dantas-Ferreira (2008).

Os aluviões ocorrem bem discretamente nas SB(A) e SB(B), especificamente são caracterizados como solos retrabalhados arenosos e com pedregulhos, ocorrem na porção central sentido foz dessas regiões hidrográficas, abrangendo respectivamente, 4,01km<sup>2</sup> e 4,85km<sup>2</sup>. Em menor destaque, nota-se a classe Rt3 composta por solos retrabalhados areno-argilosos, que se apresentam na porção oeste da SB(A) e no extremo leste da SB(B), ocupando respectivamente, 2,50% e 0,89% de área.

- **Par 2:** Na SB(C), a classe mais predominante é a RtSG ocupando 48,16% da área total (Figura 38 e Tabela 16). Ela é constituída por solos retrabalhados argilosos, recorrentes da Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas, normalmente apresentam grandes espessuras, com percentual de argila superior a 52%, nunca inferior a 35%, enquanto, a porcentagem de areia ocorre por volta de 34% (PEJON, 1992).

## MATERIAIS INCONSOLIDADOS - PAR 2



**Figura 38** - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2. Fonte: Adaptado de Pejon (1992) e Cardoso (1993).

**Tabela 16** - Descrição das classes de materiais inconsolidados presentes nas sub-bacias hidrográficas do Par 2.

Materiais Inconsolidados na SB(C)		
Descrição das classes		
AU - Área Urbana	RsIr - Residual / Formação Irati / silto-argiloso	RsT - Residual / Formação Tatuí / argiloso
MH - Material Hidromórfico	RsSG1 - Residual / Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas / silto-argiloso	RtC - Retrabalhado / Formação Corumbataí / argiloso
RsC - Residual / Formação Corumbataí / argiloso	RsSG2 - Residual / Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas / argiloso	RtSG - Retrabalhado / Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas / argiloso
Materiais Inconsolidados na SB(D)		
Descrição das classes		
RsIrTIt - Residual / Formação Tatuí e Irati, Associação III do subgrupo Itararé / argiloso	RsIt2 - Residual / Associação III do subgrupo Itararé / arenosos	RtIrTIt - Retrabalhado / Formações Irati, Tatuí, Associação III do subgrupo Itararé / argiloso
Rslt1 - Residual / Associação III do subgrupo Itararé / siltoso, silto-argiloso ou areno-siltoso	RsTIt - Residual / Formação Tatuí e dos arenitos e diamictitos com matriz arenosa das Associações II e III do subgrupo Itararé / areno-argiloso e arenos-siltoso	RtTIt - Retrabalhado / Formação Tatuí, Associação III subgrupo Itararé / arenoso e areno-argiloso

Fonte: Adaptado de Pejon (1992) e Cardoso (1993).

Secundariamente, correspondendo a 23,15% de área ocupada na SB(C), destaca-se a classe RtC que trata-se de solos retrabalhados com textura argilosa, provindos da Formação Corumbataí. São espessos, pois, apresentam uma camada superior a 5 metros, sua cor é caracterizada como vermelho-escuro, que está diretamente relacionada com as litologias da Formação Corumbataí, porém vale destacar que também envolve a contribuição de materiais originados por demais formações não identificadas. Ressalta-se que o percentual de argila se enquadra acima de 50% e de areia cerca de 15% (PEJON,1992).

A classe RsC que ocupa 14,24km<sup>2</sup> correspondendo a 12,25% de área ocupada da SB(C), consiste em solos residuais argilosos oriundos da Formação Corumbataí, apresenta espessuras entre 1 metro a mais de 5 metros. As cores dos materiais inconsolidados modificam conforme a espessura, quanto mais profundos destaca-se a cor vermelho-amarelada, enquanto, em menores espessuras fica evidente a coloração amarelada (PEJON, 1992).

Os solos residuais provindos da Formação Serra Geral são representados pelas classes RsSG1 e RsSG2 localizados na porção norte da SB(C), ocupando, respectivamente, 1,84% e 4,87% da área dessa sub-bacia hidrográfica. A classe RsSG1 representa solos silto-argilosos, com espessura que varia em menor que 1 metro a superior a 5 metros. Maior espessura apresenta maior quantidade da fração argila, enquanto as menores espessuras associam-se a maiores percentuais de silte. Enquanto, a classe RsSG2 caracteriza-se por predomínio de solos argilosos com espessura acima de 5 metros (PEJON, 1992).

Com pequena evidência, a classe RsIr abrange 4,63% da área total da SB(C), o que equivale a 5,39km<sup>2</sup>. Suas características estão associadas ao predomínio de solos residuais da Formação Irati, cuja textura é silto-argilosa, de cor vermelho-escuro, geralmente com fragmentos de sílex intercalados. A espessura varia em menor que 1 metro a maior de 3 metros, com acentuada porcentagem de finos, normalmente superior a 70%, com predominância de silte sobre a argila (PEJON, 1992).

Como a classe RsIr, a RsT também não apresenta expressivo destaque, localizada na porção central sentido foz da sub-bacia hidrográfica, ocupa uma área de 4,55km<sup>2</sup>, que abrange solos residuais argilosos da Formação Tatuí, cuja cor é marrom-amarelada, pouco espessos (<0,5metros). Sua textura, geralmente, apresenta mais que 50% de finos, predominando a fração argila (PEJON, 1992).

Os materiais hidromórficos estão situados ao extremo oeste da SB(C), ocupam uma extensão territorial de 0,66km<sup>2</sup> e apresentam um nível de água muito próximo da superfície e grande quantidade de matéria orgânica (PEJON, 1992).

Quanto aos materiais inconsolidados presentes na SB(D), pode-se observar que a classe de destaque é a RsIrTIt, correspondendo 38,66% da área total dessa sub-bacia hidrográfica. Essa classe consiste em solos retrabalhados de textura argilosa, das Formações Irati, Tatuí, Associação III do Subgrupo Itararé. Secundariamente, a classe RsIt1 apresenta maior evidência, ocupando em área total a porcentagem de 24,84%, sendo solos siltosos, silto-argilosos ou areno-siltosos situados nas porções norte e centro da sub-bacia hidrográfica, apresenta relação com a Associação II do Subgrupo Itararé (CARDOSO, 1993).

Na porção leste da SB(D) encontram-se os solos arenosos e areno-argilosos que constituem a classe RtTIt, provindos da Formação Tatuí, Associação III do Subgrupo Itararé, que ocupam 17,81km<sup>2</sup> correspondendo 15,41% de sua área total. A classe RtIrTIt representa 14,42% da SB(D), localizada pontualmente nas porções norte, centro-oeste e sul, representa solos argilosos originários das Formações Irati, Tatuí, Associação III do Subgrupo Itararé (CARDOSO, 1993).

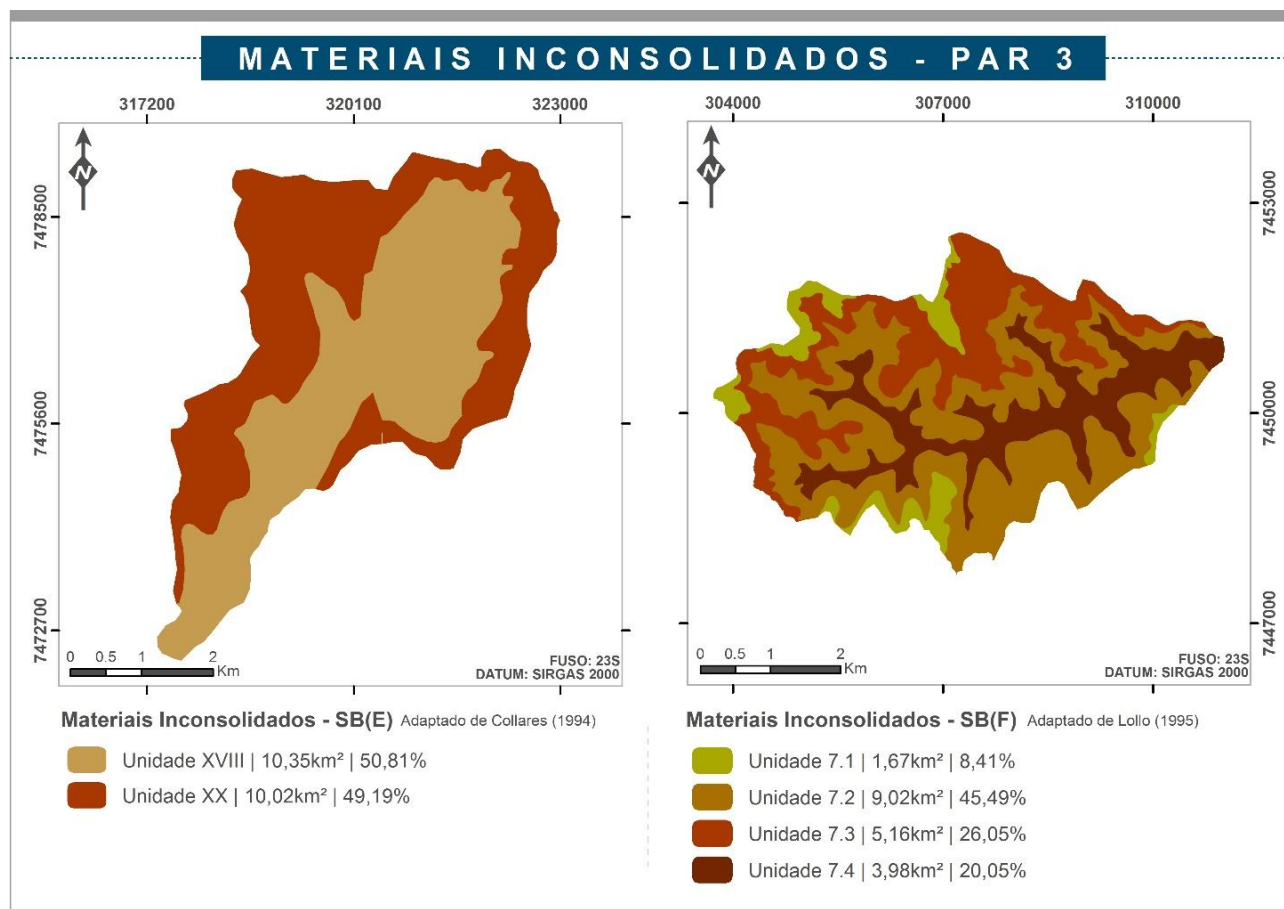
As classes RsIt2 e RsTIt representam menor ocupação na SB(D) sendo respectivamente, 4,52% e 2,15% da sua área. A primeira localiza-se nos extremos norte e sul, enquanto a segunda situa-se no sul da SB(D). A RsIt2 é composta por solos arenosos da Associação I do Subgrupo Itararé. A RsTIt é formada por solos areno-argilosos e areno-siltosos da Formação Tatuí e dos arenitos e diamictitos com matriz arenosa das Associações II e III do Subgrupo Itararé (CARDOSO, 1993).

**- Par 3:** A SB(E) apresenta duas classes de materiais inconsolidados definidas como Unidades XVIII e XX (Figura 39). A Unidade XVIII ocupa mais de 50% de área dessa sub-bacia hidrográfica, caracteriza-se os locais com declividades inferiores a 15% onde há predominância dos solos retrabalhado laterítico, argiloso, e residual laterítico, com granulometria bem distribuída, apresentando espessura variando em torno de 2 metros. Abaixo ocorre o solo saprolítico arenoso, com presença de pouca mica. Na maior parte da unidade, nas regiões de declividades acentuadas, praticamente não há ocorrência de solo laterítico. Nestas áreas ocorrem o solo saprolítico, arenoso, com pouca mica, e, principalmente, o saprolito arenoso. Em regiões mais milonitizadas apresentam o solo saprolítico areno-siltoso, mediamente micáceo. Na área há muitos matacões (COLLARES, 1994).

A Unidade XX consiste em 49,19% da área da SB(E), corresponde ao solo laterítico argiloso, nos topos de morros, apresentando espessura superior a 3 metros. Na meia encosta ocorre o saprolito de areia siltosa, com espessura acima de 5 metros. Em declividades (>20%) o solo laterítico e o saprolítico praticamente não apresentam ocorrência. Nas declividades (15-20%) predominam o solo



saprolítico arenoso, pouco ou mediamente micáceo, com profundidade de aproximadamente 1 metro. Há também ocorrência de uma fina camada de solo laterítico argiloso (COLLARES, 1994).



**Figura 39** - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3. Fonte: Adaptado de Collares (1994) e Lorandi et al. (2019).

Os materiais inconsolidados da SB(F) foram mapeados de acordo com a interpretação de landforms e perfis de alteração conforme critérios estabelecidos por Lollo (1995) (LORANDI et al., 2019). A SB(F) apresentam quatro unidades de materiais inconsolidados (Tabela 17).

**Tabela 17** - Critérios estabelecidos para elaboração do mapa de materiais inconsolidados.

Unidade	Declividades	Perfil dos Materiais Inconsolidados
7.1	5 - 10%	Laterítico arenoso (> 5m) / Saprolítico arenoso (> 5m) / Rocha alterada (< 5m) / Rocha sã
7.2	> 20%	Laterítico arenoso (< 2m) / Saprolítico siltoso (< 3m) / Rocha alterada (< 2m) / Rocha sã
7.3	> 20%	Saprolítico argiloso (raramente > 2m) / Rocha alterada (até > 10m) / Rocha sã
7.4	até > 35%	Aluviões (< 2m) / Saprolítico arenoso (< 2m) / Rocha alterada (< 2m) / Rocha sã

Fonte: Adaptado de Lollo (1995).

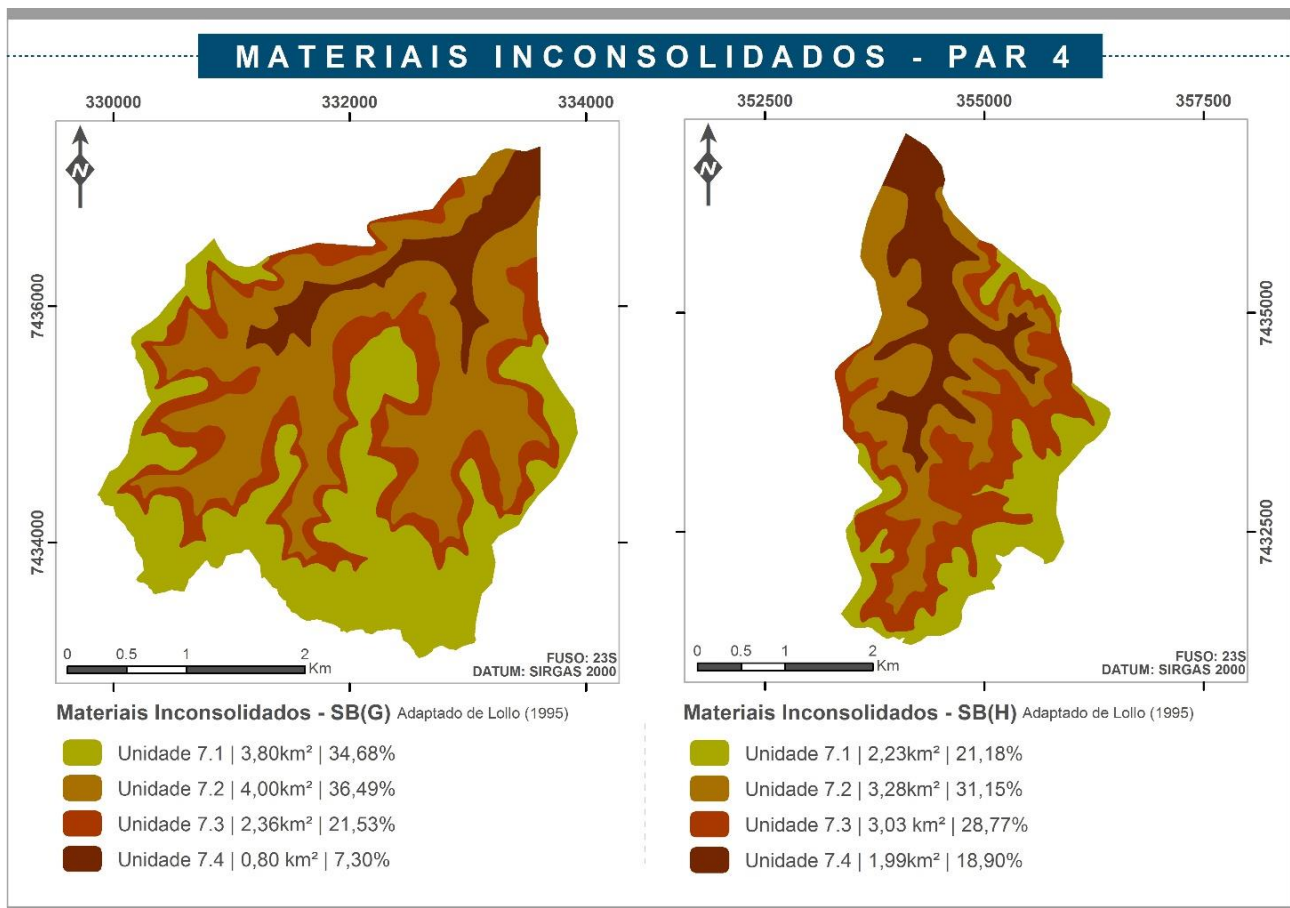
A Unidade 7.1 localiza-se pontualmente nas extremidades da sub-bacia hidrográfica, ocupando 8,41% de sua área. A Unidade 7.2 se encontra bem distribuída por toda a área de abrangência e consiste 45,49% de área ocupada. As Unidades 7.3 e 7.4 apresentam ocorrência sentido cabeceira a foz da SB(F) correspondendo respectivamente 5,16km<sup>2</sup> e 3,98km<sup>2</sup> referente a ordem de 26,05% e 20,05% da área desta sub-bacia hidrográfica.

A caracterização das unidades listadas na Tabela 18, são descritas por Lollo (1995), que define como Unidade 7.1, as áreas com presença de morrotes alongados cujo topo é ondulado com frequência mediana de canais destacando evidências de processos de pedogênese, ressalta-se ainda que possivelmente os materiais inconsolidados são relativamente evoluídos e profundos. A Unidade 7.2 apresenta regiões com vales íngremes e profundos de porte médio, há uma frequência muito alta de canais, inclusive nessas áreas, os materiais inconsolidados são pouco evoluídos, além de pouco profundos (LOLLO, 1995).

Com relação à Unidade 7.3, os locais são caracterizados como morros amplamente alongados, com presença de topo que varia de ondulado a pontiagudo, evidencia alta frequência de canais, e aparentemente apresenta equilíbrio entre pedogênese e morfogênese. Diante disso, os materiais inconsolidados da área são relativamente evoluídos e medianamente profundos. A Unidade 7.4 é caracterizada por apresentar vales amplamente profundos e íngremes, exibindo fundo alargado. Vale mencionar a baixa frequência de canais, que possibilita interpretar o predomínio de processos deposicionais. Em decorrência dessas características, os materiais inconsolidados podem ser considerados como relativamente evoluídos e pouco profundos (LOLLO, 1995).

- **Par 4:** Considerando os mesmos critérios estabelecidos por Lollo (1995), como na SB(F), foram mapeados os materiais inconsolidados das SB(G) e SB(H) (LORANDI et al., 2019). Consiste também em quatro unidades de materiais inconsolidados. A Unidade 7.1 situa-se nas cabeceiras e na porção central da SB(G) e nas cabeceiras da SB(H), ocupando respectivamente 34,68% e 21,18% da área total dessas sub-bacias hidrográficas (Figura 40).

No sentido das cabeceiras ao exutório dessas áreas de drenagem tem-se a ocorrência das Unidades 7.2 e 7.3 que consistem em mais de 50% de suas áreas. Da porção central a foz, há ocorrência da Unidade 7.4, sendo a classe menos expressiva nas áreas, correspondendo 0,80km<sup>2</sup> na SB(G) e 1,99km<sup>2</sup> na SB(H).

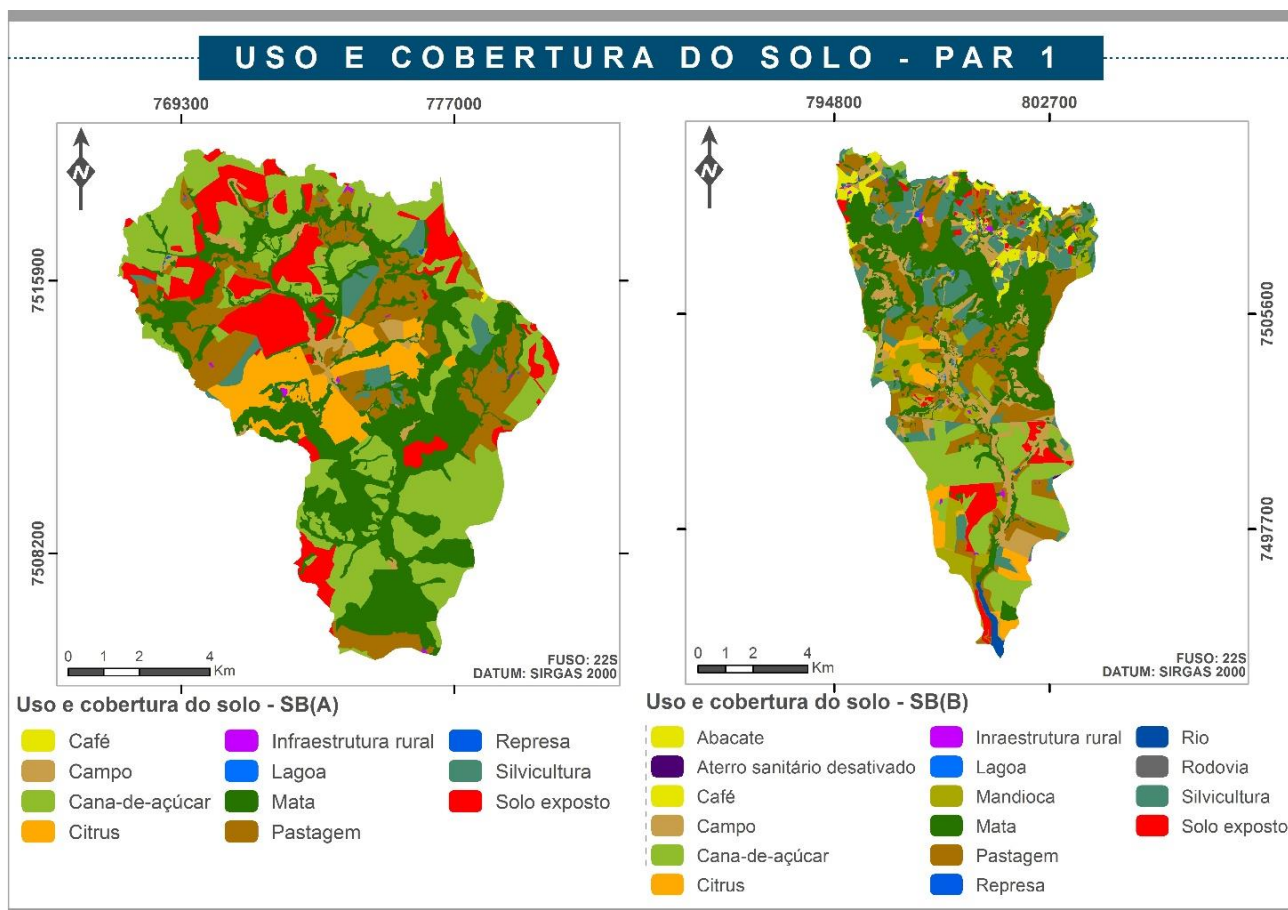


**Figura 40** - Mapa de Materiais Inconsolidados das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4. Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

### 3.2.5 Uso e Cobertura do Solo

- **Par 1:** Nas SB(A) e SB(B), a vegetação nativa basicamente se assemelha, ocupando respectivamente as áreas de 29,74km<sup>2</sup> e 25,48km<sup>2</sup> (Figura 41). A silvicultura também é presente nas duas sub-bacias hidrográficas, porém, a área ocupada se difere consideravelmente, pois na SB(B) apresenta uma extensão quatro vezes maior quando comparada com a SB(A). Assim como na silvicultura, as áreas de campo se distam, especificamente a SB(A) apresenta uma área aproximadamente cinco vezes menor com relação a SB(B) que ocupa 11,79% da sua área total (Tabela 18).

Com relação ao cultivo de cana-de-açúcar que é muito evidente na região, destaca-se maior extensão na SB(A) abrangendo 28,66km<sup>2</sup>, enquanto, na SB(B) esse monocultivo é representado na ordem de 12,76km<sup>2</sup>. Devido ao período de entressafra da cana-de-açúcar, fica notória a maior porcentagem de solo exposto na SB(A) abrangendo 13,16% de sua área, entretanto, na SB(B) a porcentagem dessa classe consiste em 3,70%.



**Figura 41** - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que compõem o Par 1. Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 18** - Área em km<sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B).

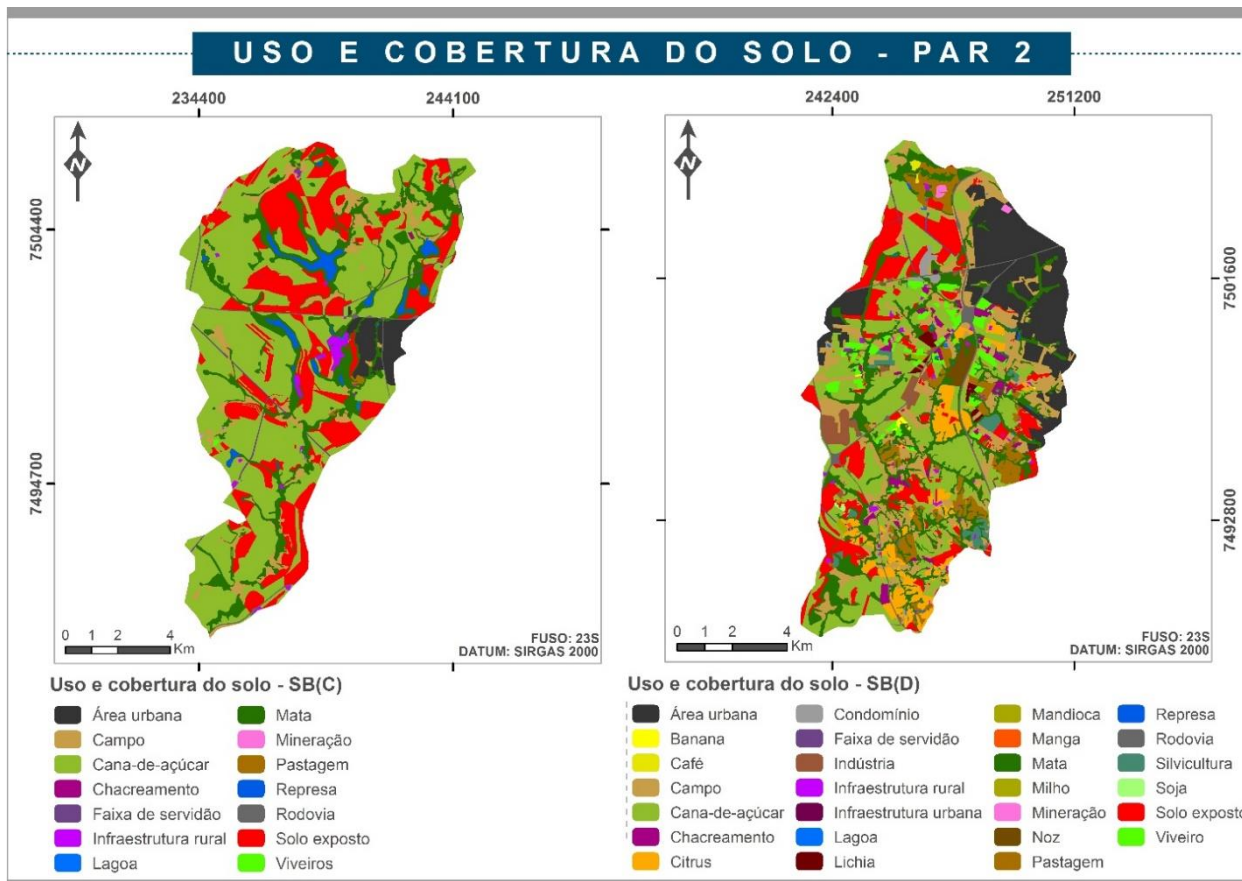
Classes	SB(A)		SB(B)	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Aterro desativado	-	-	0,02	0,02
Campo	2,31	2,34	11,61	11,79
Cana-de-açúcar	28,66	29,03	12,76	12,96
Citrus	7,26	7,36	3,40	3,46
Cultura permanente	0,04	0,04	3,52	3,58
Cultura temporária	-	-	7,05	7,17
Infraestrutura rural	0,13	0,13	0,41	0,42
Lagoa	0,04	0,04	0,12	0,13
Mata	29,74	30,14	25,48	25,87
Pastagem	14,72	14,91	17,28	17,56
Represa	0,04	0,04	0,18	0,18
Rio	-	-	0,65	0,66
Rodovia	-	-	0,12	0,12
Silvicultura	2,78	2,81	12,18	12,38
Solo exposto	12,99	13,16	3,64	3,70

Em ambas regiões hidrográficas, há ocorrência de plantação de citrus (laranja, tangerina e limão), sendo constatado que a SB(B) apresenta menos da metade de área ocupada quando comparada com o predomínio de citrus na SB(A) que corresponde a 7,26km<sup>2</sup>. O café como uma cultura permanente não é uma plantação consolidada na SB(A) ocupa apenas uma área plantada de 0,04km<sup>2</sup>, enquanto as culturas permanentes (café e abacate) presentes na SB(B) corresponde 3,52km<sup>2</sup>.

A mandioca apresenta predomínio na SB(B), essa cultura temporária consiste em 7,05 km<sup>2</sup> de área plantada. As áreas manejadas como pasto apresentam grande semelhança nas duas sub-bacias hidrográficas, pois na SB(A) a área de pastagem equivale a 14,72km<sup>2</sup>, em SB(B) 17,28km<sup>2</sup>.

Ressalta-se que as sub-bacias hidrográficas que compõem o Par 1 não apresentam características industriais. As infraestruturas rurais tem pequena concentração nas sub-bacias hidrográficas A e B, sendo respectivamente, 0,13% e 0,42% de suas áreas. Os barramentos e represas existentes nas áreas estudadas ocupam pequenas extensões para armazenamento de água, essas classes representam 0,08km<sup>2</sup> na SB(A) e 0,30km<sup>2</sup> na SB(B).

- **Par 2:** As sub-bacias hidrográficas apresentam regiões urbanizadas, sendo respectivamente, a área urbana de Iracemápolis situada na SB(C) e na SB(D) a cidade de Limeira (Figura 42).



**Figura 42** - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) que compõem o Par 2. Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

De modo geral, observa-se que as características quanto ao uso e cobertura do solo nestas duas áreas hidrográficas se diferenciam, no entanto, a única semelhança entre as áreas pode ser verificada com relação a vegetação natural, que em SB(C) apresenta ocupação de 16,89km<sup>2</sup> e em SB(D) 17,95km<sup>2</sup> (Tabela 19).

**Tabela 19** - Área em km<sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D).

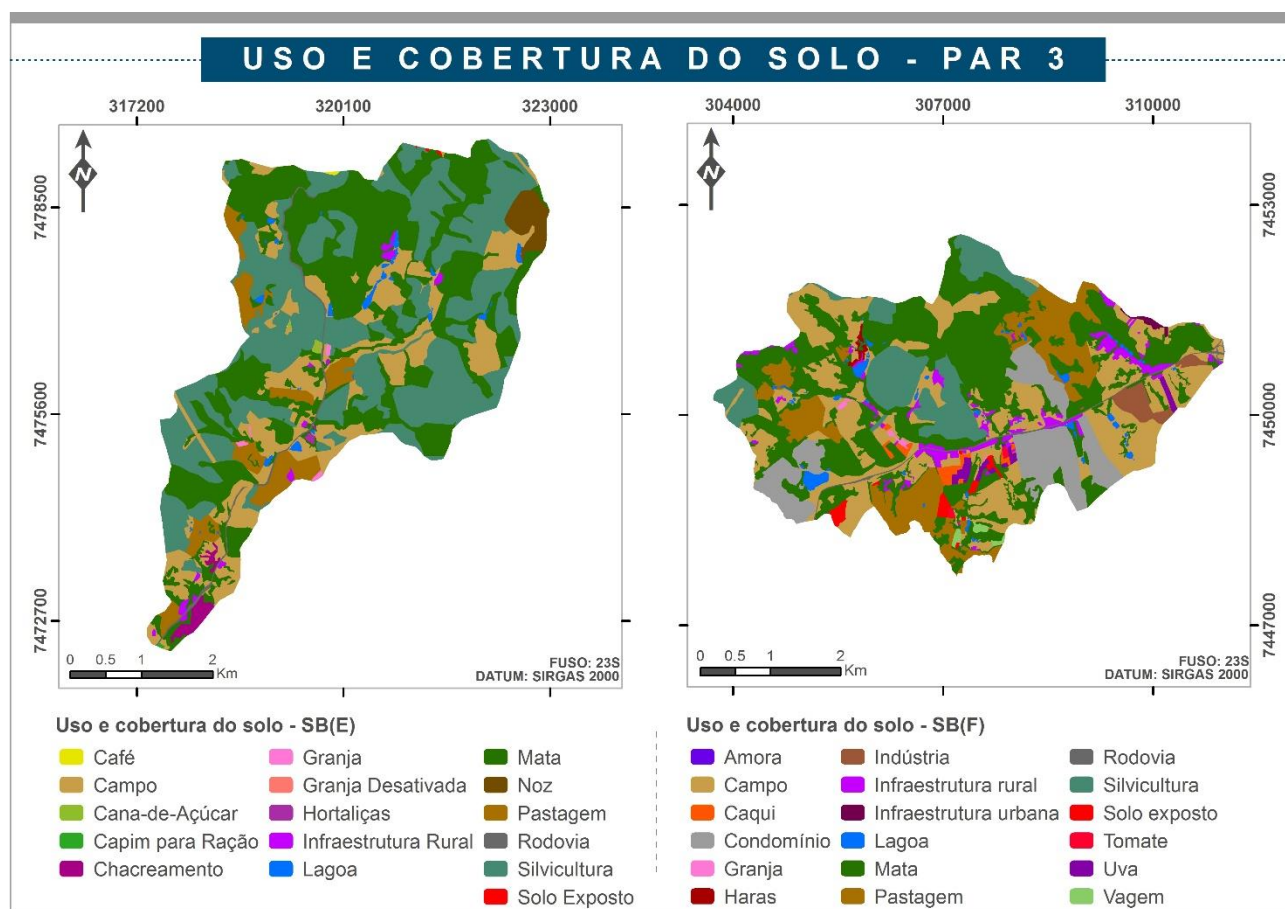
Classes	SB(C)		SB(D)	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Área urbana	3,48	2,99	16,18	14,00
Campo	6,34	5,45	18,11	15,67
Cana-de-açúcar	58,00	49,88	24,16	20,90
Chacreamento	0,04	0,03	1,80	1,56
Citrus	-	-	5,55	4,80
Condomínio	-	-	0,53	0,46
Cultura permanente	-	-	1,67	1,45
Cultura temporária	-	-	0,31	0,27
Indústria	-	-	2,01	1,74
Infraestrutura rural	1,05	0,90	0,67	0,58
Infraestrutura urbana	-	-	0,03	0,02
Lagoa	0,11	0,09	0,29	0,26
Linha de servidão	0,71	0,61	0,33	0,28
Mata	16,89	14,57	17,95	15,54
Mineração	0,05	0,04	0,23	0,20
Pastagem	0,20	0,17	5,97	5,16
Represa	2,39	2,05	0,06	0,05
Rodovia	0,78	0,67	2,12	1,84
Silvicultura	-	-	1,43	1,24
Solo exposto	26,19	22,52	13,00	11,25
Viveiro de mudas	0,04	0,03	3,16	2,73

A SB(C) se destaca basicamente pelo cultivo de cana-de-açúcar, aproximadamente 50% de sua área apresenta a cultura plantada, seguida do solo exposto que compreende 22,52% da área, consistindo no período de entressafra dessa monocultura. Por sua vez, a SB(D) apresenta ocupações variadas, como o cultivo da cana-de-açúcar em menor extensão quando comparada com a SB(C), há plantação de citrus, também apresenta um grande número de viveiros de mudas nativas, exóticas, frutíferas e ornamentais, possui presença de condomínios e distritos industriais, além de mineração situada na sua porção norte. Vale mencionar que a silvicultura é presente na região da SB(D), no entanto, em pequena proporção, abrangendo apenas 1,43km<sup>2</sup>.

As represas na SB(C) envolvem 2,39km<sup>2</sup>, correspondendo as áreas de armazenamento de água para abastecimento público, além das barragens, cuja água é utilizada também na usina açucareira. Na SB(D) as represas e lagoas abrangem apenas 0,35km<sup>2</sup>.

As culturas permanentes como café, citrus, banana e manga estão presentes apenas na SB(D), assim como, as culturas temporárias (mandioca, milho e soja). A criação de animais em SB(C) não é consolidada, constatada pela pequena área de pastagem que abrange 0,20km<sup>2</sup>, porém, na SB(D) há um maior comércio de rebanhos verificado pela maior área de pasto, sendo 5,97km<sup>2</sup> (CARVALHO et al., 2021).

- **Par 3:** As SB(E) e SB(F) apresentam respectivamente, 14,75km<sup>2</sup> e 8,95km<sup>2</sup> de suas áreas ocupadas por silvicultura e mata nativa (Figura 43 e Tabela 20). Com relação a pecuária, a SB(E) apresenta grande predomínio de granjas de aves, além disso, abrange 5,65% de área de pastagem, usada para a criação de gado de corte, enquanto, a SB(F) abrangem 11,30% de área para a criação de bovinos e 0,20% consiste em galpões de granjas aviárias.



**Figura 43** - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F) que compõem o Par 3. Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

Diferente da SB(E), a SB(F) trata-se de uma região urbanizada com a presença de condomínios, e indústrias de vários seguimentos como produtos para animais domésticos, impermeabilizantes, empresa de embalagens, de tintas e vernizes, fabricante de abrasivos.

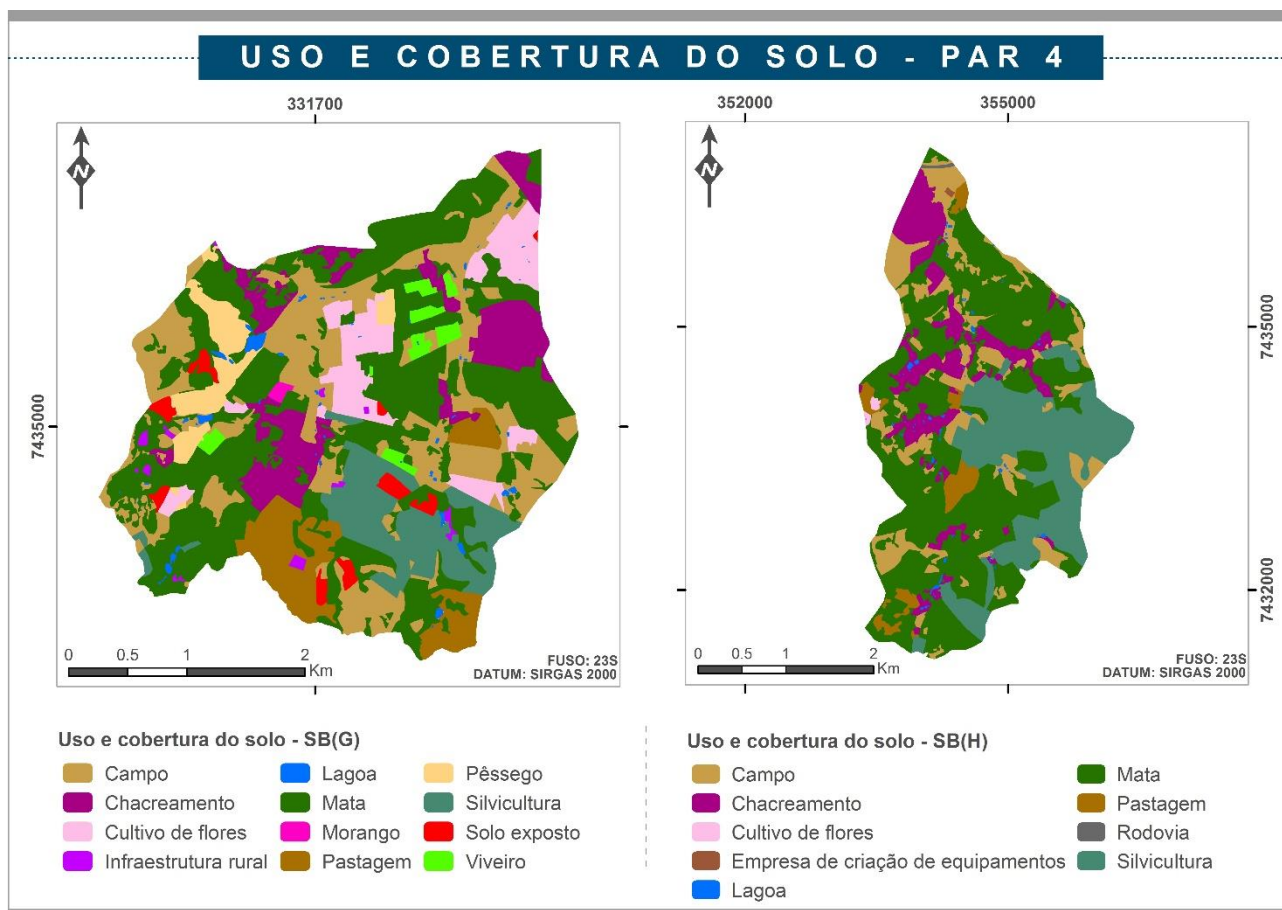
**Tabela 20** - Área em km<sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(E) e SB(F).

Classes	SB(E)		SB(F)	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
Campo	3,35	16,45	4,77	24,05
Cana-de-açúcar	0,02	0,10	-	-
Capim para ração de gado	0,01	0,05	-	-
Chacreamento	0,16	0,79	-	-
Condomínio	-	-	1,91	9,63
Cultura permanente	0,007	0,03	0,30	1,51
Cultura temporária	-	-	0,08	0,40
Granja	0,04	0,20	0,04	0,20
Granja desativada	0,001	0,01	-	-
Hortaliças	0,02	0,10	-	-
Indústria	-	-	0,29	1,46
Infraestrutura rural	0,13	0,64	0,66	3,33
Infraestrutura urbana	-	-	0,04	0,20
Lagoa	0,18	0,88	0,27	1,36
Mata	7,13	35,00	6,95	35,05
Noz macadâmia	0,355	1,74	-	-
Pastagem	1,15	5,65	2,24	11,30
Rodovia	0,19	0,93	0,13	0,66
Silvicultura	7,62	37,40	2,00	10,09
Solo exposto	0,007	0,03	0,15	0,76

Na SB(F) há diversidade de plantações frutíferas (amora, caqui, uva) que ocupa uma área de 0,30km<sup>2</sup>, além das culturas de vagem e tomate que abrangem 0,08km<sup>2</sup>. Enquanto, a SB(E) apresenta café (0,01km<sup>2</sup>) e noz-macadâmia (0,355km<sup>2</sup>).

**- Par 4:** As sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) apresentam destaque em área com vegetação nativa, ocupando respectivamente, 37,49% e 47,02%. Em evidência também nas duas áreas, observam-se áreas de campo que correspondem 21,47% na SB(G) e 14,43% na SB(H). A silvicultura está distribuída na porção leste das sub-bacias hidrográficas, apresentando maior área (2,36km<sup>2</sup>) na SB(H) quando comparada com a SB(G). Essas duas áreas de drenagem abrangem vários conjuntos de chácaras, que ocupam 9,50% e 11,93% das SB(G) e SB(H), respectivamente (Figura 44 e Tabela 21).





**Figura 44** - Mapa de Uso e Cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H) que compõem o Par 4. Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 21** - Área em km<sup>2</sup> e percentual de área das respectivas classes de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas SB(G) e SB(H).

Classes	SB(G)		SB(H)	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
Campo	2,35	21,47	1,52	14,43
Chacreamento	1,04	9,50	1,26	11,93
Cultura permanente	0,42	3,83	-	-
Cultura temporária	0,02	0,19	-	-
Cultivo de flores	0,77	6,99	0,02	0,22
Infraestrutura rural	0,06	0,55	0,01	0,07
Lagoa	0,09	0,79	0,06	0,53
Mata	4,11	37,49	4,94	47,02
Pastagem	0,76	6,93	0,35	3,29
Rodovia	-	-	0,01	0,13
Silvicultura	0,96	8,76	2,36	22,38
Solo exposto	0,19	1,75	-	-
Viveiro	0,19	1,75	-	-

Os cultivos de flores e morangos são consolidados na SB(G) correspondendo a 7,18% de áreas plantadas, também nessa área, nota-se a presença de viveiros (0,19km<sup>2</sup>) para a preparação de mudas

do fruto e das flores. De forma bem discreta, a SB(H) apresenta na porção oeste uma área de 0,02km<sup>2</sup> que também cultiva flores para corte.

## 4 MATERIAIS

Para a execução do trabalho foram utilizados *softwares*, equipamentos e mapas temáticos, que estão elencados a seguir, na Tabela 22.

**Tabela 22** - Materiais utilizados para o desenvolvimento deste estudo.

	<b>Descrição dos equipamentos</b>	<b>Finalidade do Uso</b>
<b>Equipamentos</b>	1 Molinete Hidrométrico, modelo FP111 do fabricante <i>Global Water</i> <sup>®</sup>	Utilizado para medir a velocidade de fluxo dos cursos d'água principais das SBH-OE.
	8 Pluviômetros Digitais sem fio, modelo 4760 da fabricante TFA <sup>®</sup>	Utilizados para medir em milímetros a quantidade de chuva precipitada acumulada no mês, das últimas 24 horas e última hora antes de sua reprogramação, nas SBH-OE.
	1 GPS Garmin	Para armazenamento de coordenadas de localização dos pluviômetros e coordenadas de classes de uso e cobertura do solo para validação dos mapas.
	1 régua com comprimento de 2 metros	Utilizadas para aferir o nível de profundidade em cada ponto para realização da batimetria nos cursos d'água principais das SBH-OE.
	2 estacas na dimensão 50 x 5 x 2 centímetros	Utilizadas para fixar a trena métrica no momento da realização da batimetria.
	1 trena com extensão de 30 metros	Para aferição da largura dos cursos d'água principais das SBH-OE, para realização da batimetria.
	<b>Versão dos Softwares</b>	<b>Finalidade do Uso</b>
<b>Softwares</b>	ArcGIS10.5.1 <sup>®</sup>	Para o armazenamento de dados e geração dos resultados.
	AutoCADMap3D 2020 <sup>®</sup>	Para elaboração dos perfis transversais dos cursos d'água principais das SBH-OE.
	Statistica13 <sup>®</sup>	Para elaboração da análise de agrupamentos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.
	<b>Descrição das Imagens</b>	<b>Finalidade do Uso</b>
<b>Imagens de Satélite</b>	Imagens <i>Alos Palsar</i> , com resolução espacial de 12,5 metros, disponibilizadas pela Plataforma <i>ASF Data Search Vertex</i> <sup>®</sup>	Utilizadas para a elaboração dos Mapas Hipsométricos e de Declividades.
	Imagens <i>RapidEye</i> , com resolução espacial de 5 metros, disponibilizadas pela Plataforma Planet <sup>®</sup> , datadas de junho de 2019	Utilizadas para a elaboração dos Mapas de Uso e Cobertura do Solo das SBH-OE.

**Tabela 22 - Materiais utilizados para o desenvolvimento deste estudo (Continuação).**

	Descrição dos Dados	Finalidade do Uso
Dados de chuva e evapotranspiração real	Chuva: CHIRPS - Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations (1981 a 2020)	Utilizados para elaboração de Mapas de Pluviosidade da BHRP para o Semestre Chuvoso, Semestre Seco e Média Acumulada no período de 2011 a 2020.
	Evapotranspiração Real (ETa): Fews Net (2011 a 2020) e Climate Engine (SEEBop - 2011 a 2020)	Utilizados para elaboração de Mapas de Evapotranspiração Real da BHRP para o Semestre Chuvoso, Semestre Seco e Média Acumulada no período de 2011 a 2020.
Mapas Temáticos - Agência das Bacias PCJ	Descrição dos Dados	Finalidade do Uso
	Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba; Mapa Geológico; Mapa Pedológico; Mapa de Biomas; Mapa de Clima (Köppen); Mapa de Unidades de Conservação	Disponibilizados pela Agência das Bacias PCJ, mapeados em diferentes escalas (1:250.000, 1:500.000, 1:750.000), foram utilizados na elaboração do banco de dados georreferenciados e na caracterização da área de estudo.
Mapa Temático - ANA	Descrição dos Dados	Finalidade do Uso
	Mapa da Rede de Drenagem do ano de 2013, escala de mapeamento 1:50.000	Utilizado para delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, para a elaboração do Mapa de Densidade de Drenagem, para o cálculo da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica das sub-bacias hidrográficas.
Mapa Temático - MapBiomas	Mapa de Uso e Cobertura do Solo, ano de 2019	Utilizado para extrair os barramentos, as lagoas e as represas, considerados como feições favoráveis ao armazenamento superficial. As feições consistem em um dos planos de informação utilizados para a elaboração da Carta de Potencial ao Escoamento Superficial.
Dados e informações - IBGE	Descrição dos Dados	Finalidade do Uso
	Curvas de nível e pontos cotados extraídos das cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000; Mapas de Solos (versão 2019), escala de mapeamento 1:250.000; Mapas de Unidades Litoestratigráficas (versão 2019), escala de mapeamento 1:250.000	Curvas de Nível e Pontos Cotados: Utilizados para delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.  Mapas de Solos e Unidades Litoestratigráficas: Utilizados para a elaboração da Carta de Potencial ao Escoamento Superficial da BHRP.

# 5 MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos estão descritos detalhadamente entre os itens 5.1 a 5.6. A Figura 45 apresenta a interação das etapas metodológicas listadas abaixo.

- Escolha das sub-bacias hidrográficas como objetos de estudo;
- Levantamento de dados e elaboração de um banco de dados georreferenciados;
- Cálculo das vazões reais e de referência das SBH-OE;
- Monitoramento Pluviométrico nas SBH-OE;
- Elaboração de Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial para a BHRP e as SBH-OE;
- Elaboração das Cartas de Oferta Hídrica Superficial, para o semestre chuvoso, semestre seco e média acumulada, considerando o período de 2011 a 2020.

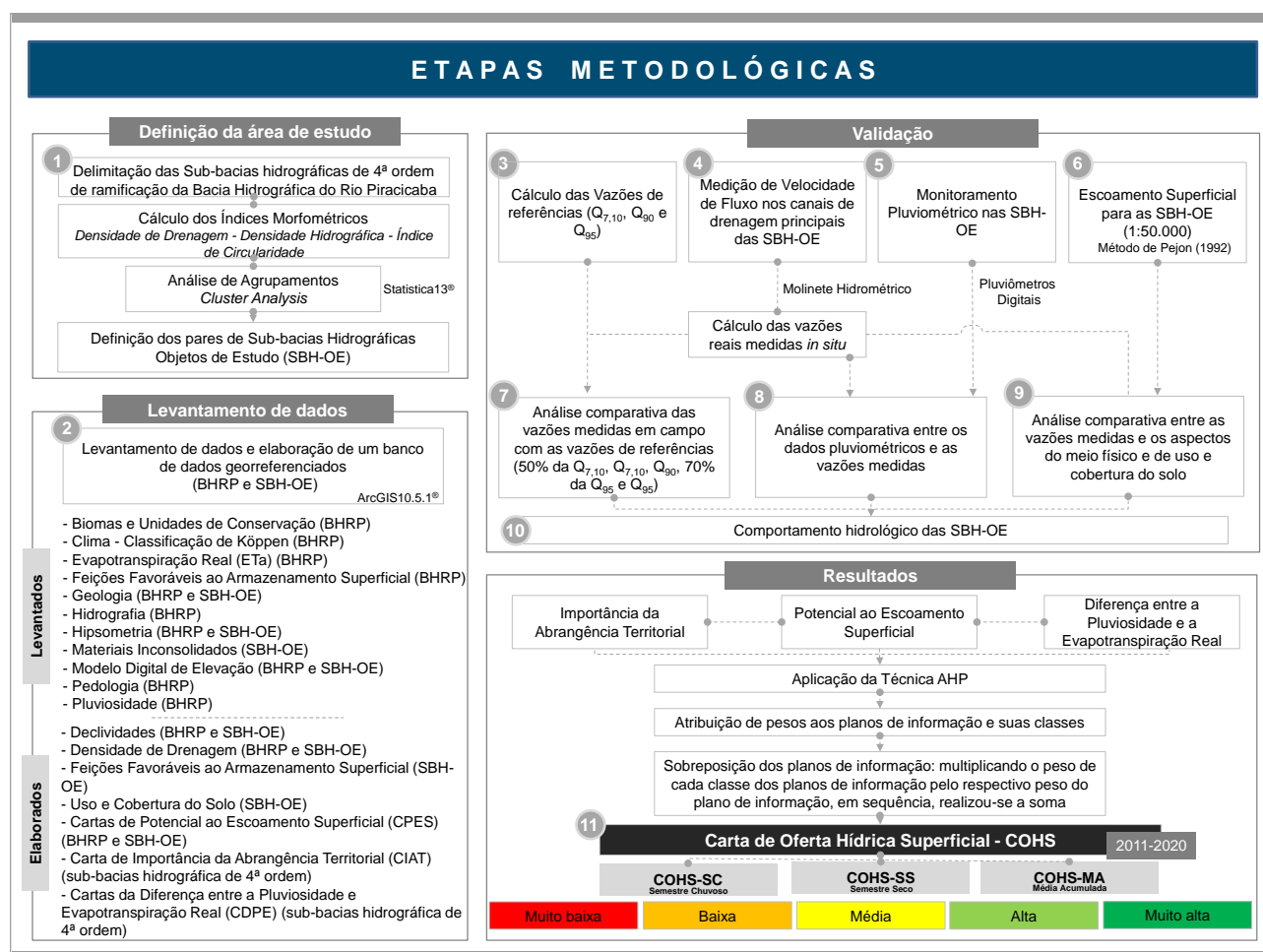


Figura 45 - Interação das etapas metodológicas executadas neste estudo.

## 5.1 Escolha das sub-bacias hidrográficas como objetos de estudo

Nesta etapa foi realizada a escolha de áreas de drenagem como objetos de estudo, com base na análise de agrupamentos (*Cluster Analysis*) realizada no *software* Statística13<sup>®</sup>, na qual envolveu 180 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, que foram delimitadas sem uso de algoritmo automático, no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, segundo os critérios estabelecidos por Strahler (1957). Para o estabelecimento dos limites fisiográficos das sub-bacias hidrográficas, foram utilizados a rede de drenagem disponibilizada pela ANA (2013), os pontos cotados e as curvas de nível extraídos das cartas topográficas do IBGE (CARVALHO et al., 2020) (Figura 46). A relação das cartas topográficas utilizadas está apresentada no Apêndice A.

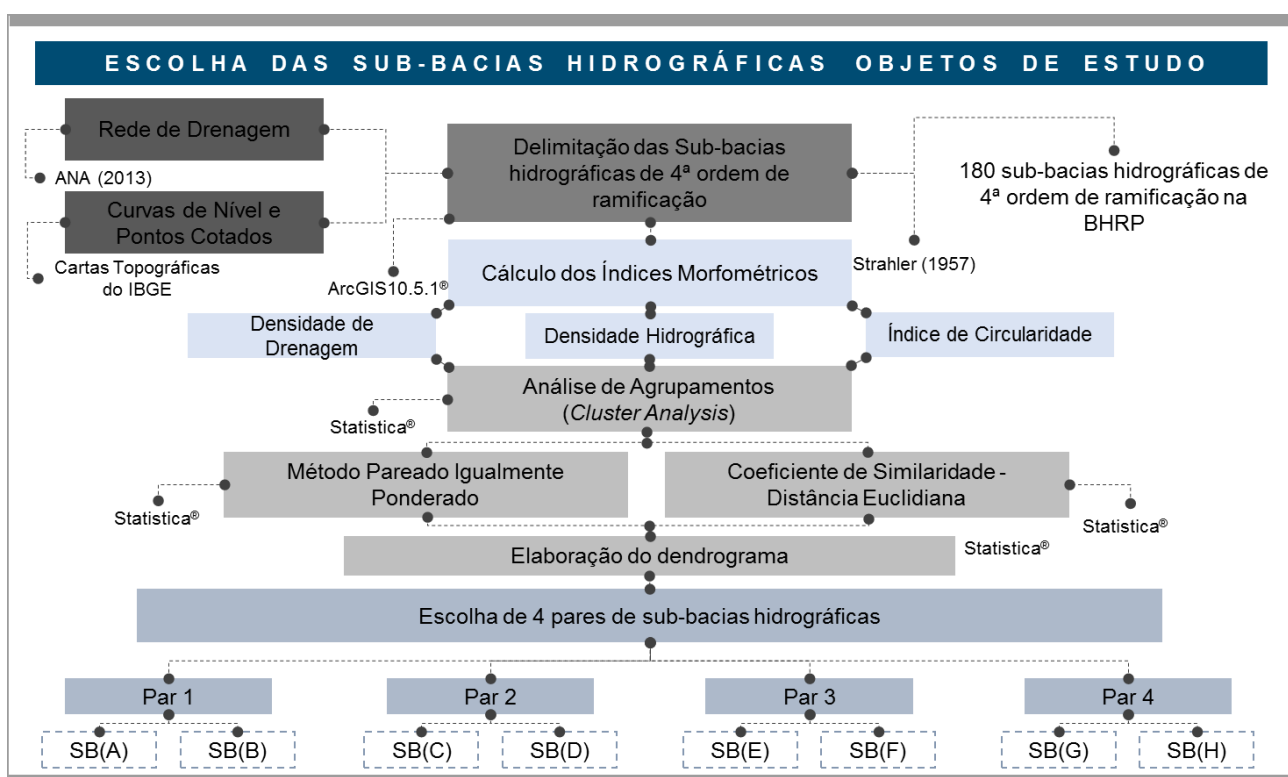


Figura 46 - Processos metodológicos para a escolha das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

O método estatístico utilizado para a escolha das SBH-OE foi o pareado igualmente ponderado, o qual se mostrou mais adequado quando comparado como outros métodos como, pareado proporcionalmente ponderado, ligação simples e composta, variância mínima, pois, a princípio se busca pelos mais altos coeficientes de associação mútua.

Posteriormente, esses pares de casos concedem valores médios que formam um novo elemento singular. Para o cálculo de valores médios, emprega-se o mesmo peso aos elementos que são integrados. Com relação ao coeficiente de similaridade, adotou-se o coeficiente de distância

euclidiana, por agrupar melhor as amostras (sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação) do que a utilização do coeficiente de correlação indicado para agrupar variáveis (LANDIM, 2011).

Essa análise estatística possibilitou obter pares de sub-bacias hidrográficas com características similares, com base na área, na densidade de drenagem, na densidade hidrográfica, e no índice de circularidade (Tabela 23), que foram calculados para cada uma das 180 sub-bacias hidrográficas (CARVALHO et al., 2020). Analisar morfometricamente bacias hidrográficas se faz essencial para realizar sua caracterização. Esta análise pode envolver cálculo de atributos quantitativos da paisagem que relaciona-se com aspectos lineares, de relevo e redes de drenagem dentro de uma região hidrográfica (FENTA et al., 2017).

**Tabela 23** - Fórmula dos índices morfométricos utilizados para a análise de agrupamentos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.

Índice Morfométrico		Autor		Fórmula	
Densidade de drenagem (Dd)		Horton (1945)		$Dd = \frac{\sum L}{A}$	
Densidade hidrográfica (Dh)				$Dh = \frac{n}{A}$	
Índice de circularidade (Ic)		Miller (1953)		$Ic = \frac{A}{Ac}$	
$\sum L$	Comprimento total dos canais de drenagem	A	Área da bacia	Ac	Área do círculo cujo perímetro é igual ao da bacia
Dd	Relação direta entre o comprimento total dos canais de drenagem com a área total da bacia hidrográfica				
Dh	Correlaciona o número de canais de drenagem e a área da bacia hidrográfica				
Ic	Consiste na razão entre a área total da bacia hidrográfica e a área de um círculo de mesmo perímetro				

Diante disto, foram escolhidos 4 pares de sub-bacias hidrográficas, bem distribuídos na BHRP. Estes pares de SBH-OE foram definidos com o intuito de atuarem como áreas amostrais que foram estudadas detalhadamente para auxiliar na classificação qualitativa da oferta hídrica superficial, nas outras 172 sub-bacias hidrográficas que não possuem dados de vazão e chuva medidos *in situ*. A distribuição por pares de sub-bacias hidrográficas semelhantes tem por objetivo favorecer a análise comparativa entre atributos dos meios físico e antrópico com as vazões reais medidas, permitindo, assim, avaliar a influência de cada atributo ambiental na oferta hídrica superficial.

## 5.2 Levantamento de dados e elaboração de um banco de dados georreferenciados

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado o levantamento de dados dos meios físico e antrópico da BHRP em escalas de menos detalhe (1:250.000; 1:500.000; 1:750.000) e das oito SBH-

OE na escala de 1:50.000, em diversas fontes, como artigos científicos, teses e dissertações, informações da Agência das Bacias PCJ, como apresentado na Tabela 24. Posteriormente, foi estruturado no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup> um banco de dados georreferenciados contendo arquivos em formato vetorial e matricial.

**Tabela 24** - Dados levantados com suas respectivas fontes.

<b>Dados</b>	<b>BHRP</b>	<b>SBH-OE</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala ou Resolução Espacial</b>
Biomás	x	-	IBGE (2004)	1:5.000.000
Clima (Köppen)	x	-	Alvares et al. (2013)	-
Chuva	x	x	CHIRPS - Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations (1981 a 2020)	5 km x 5 km
Evapotranspiração Real	x	x	Climate Engine e Fews Net (2003 a 2020)	1 km x 1km
Geologia	x	x	Batista (1986); Cardoso (1993); Collares (1994); Collares e Rodrigues (1998); Dantas-Ferreira (2008); Campos Neto et al. (1983); Pejon (1992); Oliveira (1985); Valadares (2017); IBGE (2019)	1:50.000 1:250.000
Imagens de Satélite - RapidEye	-	x	Plataforma <i>Planet</i> (Junho de 2019)	5 m x 5 m
Limite da Bacia do Rio Piracicaba	x	-	Agência das Bacias PCJ (2018)	
Materiais Inconsolidados	-	x	Para as sub-bacias hidrográficas do Rio da Prata, Ribeirão das Tabaranas, Ribeirão da Cacheira, Córrego dos Coqueiros e Córrego da Onça: Cardoso (1993); Collares (1994); Collares e Rodrigues (1998); Dantas-Ferreira (2008); Pejon (1992), e, Para as sub-bacias hidrográficas do Afluente do Ribeirão do Jacaré, Ribeirão da Folha Seca e Ribeirão da Boa Morte: Definidos conforme critérios estabelecidos por Lollo (1995)	1:50.000
Modelo Digital de Elevação (Alos Palsar)	x	x	Plataforma Vertex Alaska (2019)	12,5 metros x 12,5 metros
Pedologia	x	-	Rossi (2017); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019)	1:250.000
Rede de Drenagem	x	x	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2013)	1:50.000
Unidades de Conservação	x	-	Adaptado do Ministério do Meio Ambiente (2021); Fundação Florestal (2021); Instituto Florestal (2021); e, SHS Consultoria e Projetos de Engenharia (2006).	-
Uso e Cobertura do Solo	x	-	MapBiomás (2019) e Lorandi et al. (2019)	1:100.000/ 1:50.000



O Datum SIRGAS2000 foi utilizado para todos os planos de informação, com projeção *Universal Transversa de Mercator (UTM)*, fusos 22S e 23S para as SBH-OE, enquanto para a BHRP, definiu-se o mesmo Datum, porém utilizou-se coordenadas geográficas para representação.

### 5.2.1 Mapas de Uso e Cobertura do Solo das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

Os mapas de Uso e Cobertura do Solo para as oito SBH-OE foram gerados no *software ArcGIS10.5.1*<sup>®</sup>, na escala de 1:50.000, com base nas imagens *RapidEye* com resolução espacial de 5 metros, datadas de junho de 2019, obtidas gratuitamente pela *Plataforma Planet*<sup>®</sup>.

Primeiramente, foram reprojctadas as imagens no *software* alterando o Datum WGS84 para SIRGAS2000. Em seguida, foi criado um *shapefile* na forma de polígono, logo, utilizando a ferramenta *Editor*, foram confeccionados os polígonos representando as classes de uso que ocupam as áreas estudadas (LORANDI et al., 2019). Para validação das classes dos mapas foram utilizados os recursos do Google Earth Pro<sup>®</sup> e visitas de campo. A Figura 47 apresenta a espacialização de pontos, que denotam os locais onde foram averiguadas as classes de uso e cobertura do solo em campo nas SBH-OE.

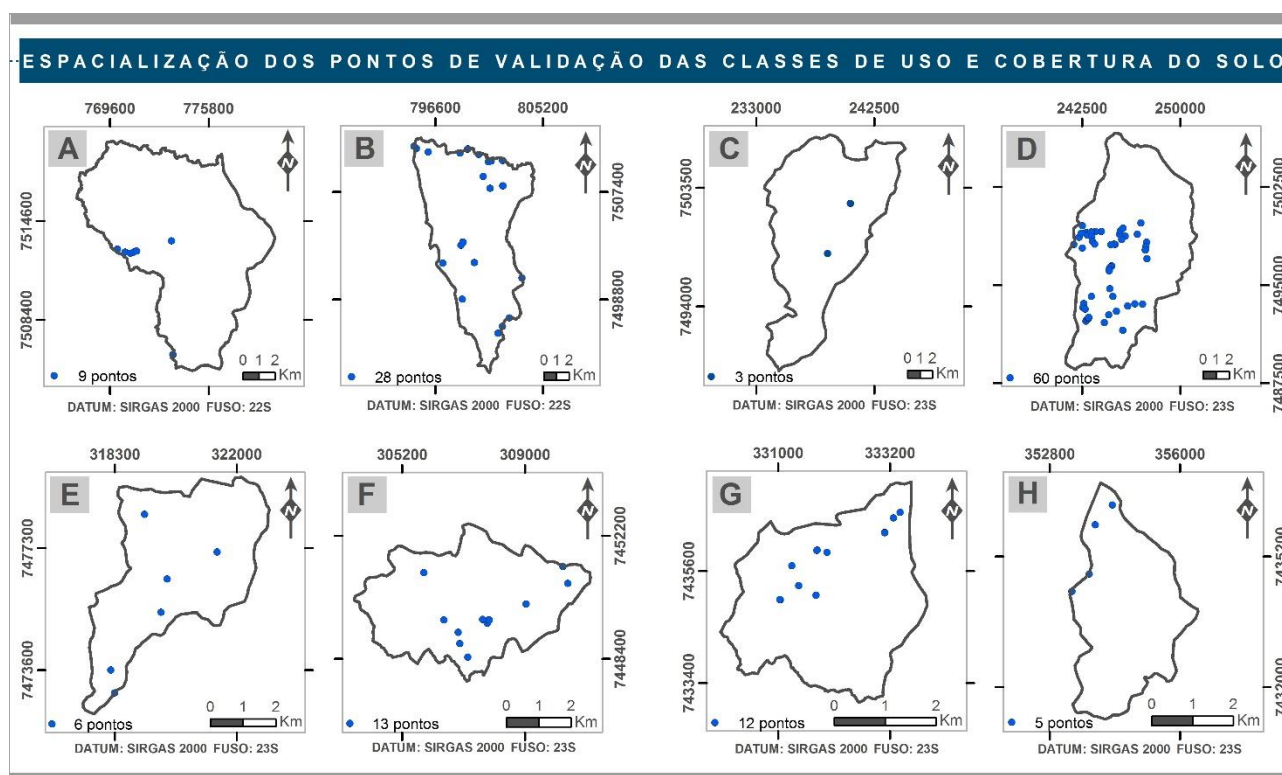


Figura 47 - Espacialização dos pontos de validação das classes de uso e cobertura do solo nas SBH-OE.

### 5.3 Cálculo das vazões reais e de referência das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

Nesta etapa foram necessários a realização de dois procedimentos sendo o primeiro, a aferição da velocidade de fluxo nos cursos d'água principais das SBH-OE, para posteriormente, efetuar o cálculo das vazões reais. O segundo concentrou-se em calcular as vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ ) para as sub-bacias hidrográficas, por meio do método de Wolff (2013).

#### 5.3.1 Medição de velocidade de fluxo nos cursos d'água principais das sub-bacias objetos de estudo

Para realização desta etapa foram medidas as velocidades de fluxo próximo ao exutório de cada uma das sub-bacias hidrográficas escolhidas como citado no item 5.1. Vale ressaltar que a definição dos locais de aferição da velocidade de fluxo foi estabelecida com base na acessibilidade às áreas de drenagem. Esta medição ocorreu no período de 12 meses, com início em maio de 2019 e término em abril de 2020, sendo realizada uma medição em cada mês.

Para a aferição das velocidades de fluxo foi utilizado o molinete hidrométrico modelo FP111 fabricado pela *Global Water*<sup>®</sup> (Figura 48), seguindo os critérios das Normas e Recomendações Hidrológicas, do ano de 1967 e o Manual para Serviços de Hidrometria, do ano de 1977, elaborados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (SANTOS et al., 2001).



Figura 48 - Molinete Hidrométrico (modelo F111). Fonte: Autora.

O método detalhado foi aplicado por considerar as distâncias entre verticais para a aferição da velocidade de fluxo na seção transversal do rio principal em cada sub-bacia hidrográfica e também por levar em consideração a posição na vertical com relação à profundidade da mesma (Tabela 25).

**Tabela 25** - Largura do canal (m) e distância entre as seções verticais (m) e distribuição dos pontos para medição da velocidade de fluxo considerando as respectivas profundidades e número de pontos.

Largura do canal (m)	Distância entre as seções verticais (m)	Largura do canal (m)	Distância entre as seções verticais (m)	Largura do canal (m)	Distância entre as seções verticais (m)
< 3	0,30	15 a 30	2,00	80 a 150	6,00
3 a 6	0,50	30 a 50	3,00	150 a 250	8,00
6 a 15	1,00	50 a 80	4,00	> 250	12,00

Profundidade (m)	Número de Pontos	Profundidade do Ponto (m)
0,15 a 0,60	1	0,6
0,60 a 1,20	2	0,2 e 0,8
1,20 a 2,00	3	0,2; 0,6; e 0,8
2,00 a 4,00	4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8
> 4,00	6	S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 P e fundo

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2001).

### 5.3.2 Cálculo das vazões reais medidas *in situ* para as SBH-OE

Nesta etapa foram elaborados no *software* AutoCADMap3D 2020<sup>®</sup> os perfis da seção transversal dos cursos d'água principais das SBH-OE, nos quais foram aferidas as velocidades de fluxo, uma vez em cada mês, de acordo com a metodologia descrita no item 5.3.1.

Logo, obtida a área da seção transversal no mesmo *software*, foi efetuado o cálculo das vazões reais medidas *in situ*. Para seção vertical na qual obtiveram-se duas medições de velocidade de fluxo (0,20 e 0,80 m de profundidade), foi realizada uma média aritmética. Posteriormente, uma nova média aritmética foi efetuada considerando todas as seções verticais para cada seção transversal.

Uma vez obtidas a velocidade de fluxo e a área da seção transversal para cada uma das sub-bacias hidrográficas escolhidas foi calculada a vazão, conforme Equação 1.

$$Q = A \times V \quad \text{Eq.1}$$

Sendo:

Q - vazão (m<sup>3</sup>/s);

A - área da seção transversal (m<sup>2</sup>);

V - velocidade de fluxo (m/s).

### 5.3.3 Cálculo das vazões de referências $Q_{7,10}$ , $Q_{90}$ , $Q_{95}$ das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação

A disponibilidade hídrica que pode ser outorgada é adotada pelos órgãos ambientais com base no critério de Vazão de Referência (VR), considerando uma parcela referente a demanda ecológica pela água (PIAU, 2006). A autorização para os diversos usos dos recursos hídricos no Brasil é provinda de outorgas, que apresentam a finalidade de determinar a quantidade de água e o prazo para seu uso, permitindo o uso do recurso acessível a todos (DUARTE; MIOLA, 2016).

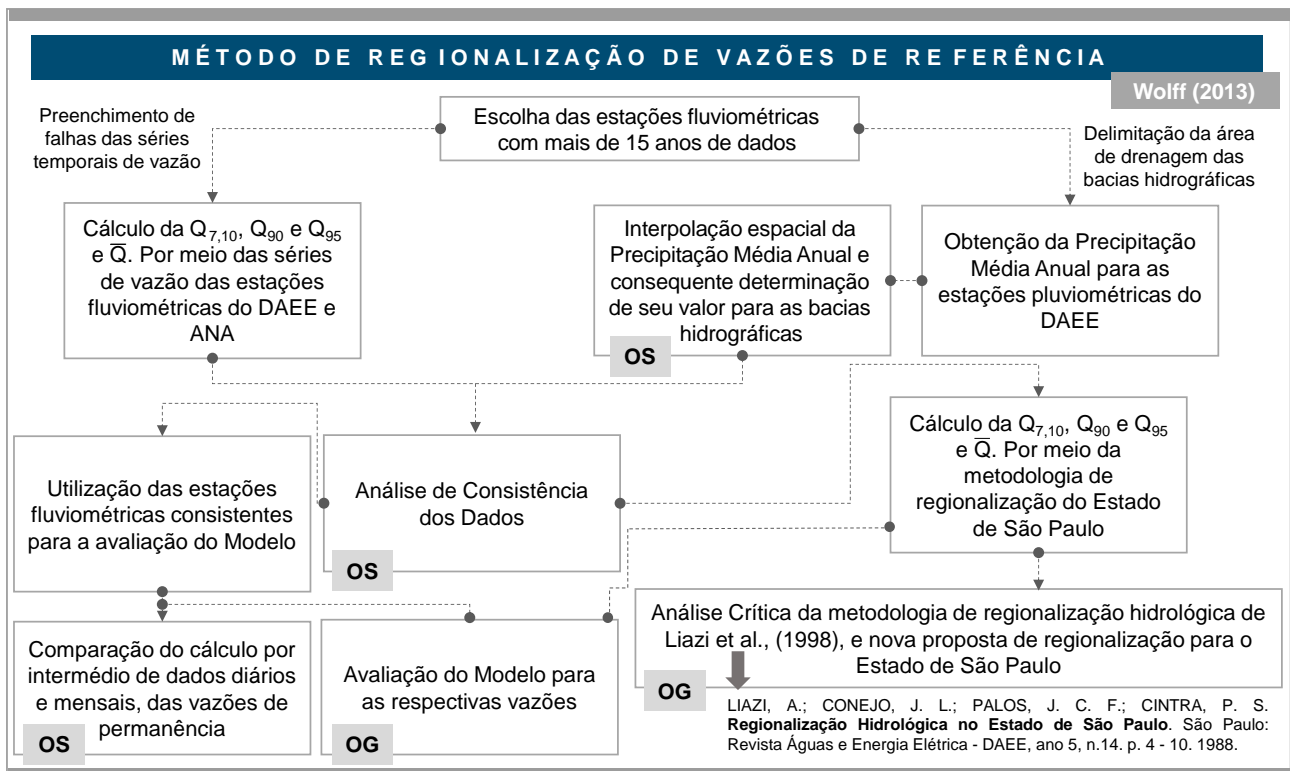
Considerando o recurso hídrico superficial, o valor da VR pode variar nos trechos do rio, assim, a vazão trata-se de um dado importante que permite avaliar o comportamento hídrico. Com base em estudos específicos elaborados para cada bacia hidrográfica considerando as condições hidrológicas e a existência de infraestrutura é possível definir a VR (PIAU, 2016).

Os estados brasileiros adotam as VRs para outorga considerando critérios específicos sem exibir justificativas sobre a aceitação dos valores de vazão. As VRs mais comumente utilizadas são a  $Q_{7,10}$  (Vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de retorno de 10 anos);  $Q_{90}$  (Vazão com garantia de 90% de permanência dentro da série histórica de dados observada) e  $Q_{95}$  (Vazão com garantia de 95% de permanência dentro da série histórica de dados observada) (SILVA et al., 2006).

Neste contexto, esta etapa do trabalho consistiu obter as vazões de referência baseadas na metodologia de Wolff (2013) que trata-se de um novo modelo de regionalização de vazões desenvolvido para aplicação no Estado de São Paulo, que utiliza 172 estações fluviométricas administradas pelo DAEE e ANA.

A Figura 49 apresenta sucintamente os procedimentos metodológicos executados por Wolff (2013) para a obtenção desse novo modelo de regionalização de vazão para o Estado de São Paulo. Este método atua com base na interpolação espacial da vazão média específica pelo inverso do quadrado da distância. Dessa forma, a vazão independe que seja inserida a precipitação média anual na bacia hidrográfica para efetuação dos cálculos, no entanto, depende somente da área da bacia e localização geográfica (WOLFF; DUARTE; MINGOTI, 2014).

O índice de confiança (c) calculado por Wolff (2013) para as vazões avaliadas em seu estudo enquadra-se acima de 0,85, sendo classificadas como ótimas. A plataforma utilizada para a obtenção das vazões de referência está disponível no link (<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/wolff/rv/>).



**Figura 49** - Método de Regionalização de Vazões de Referência para o Estado de São Paulo. Fonte: Adaptado de Wolff (2013). OG - Objetivo Geral; OS - Objetivo Secundário.

Desse modo, foi realizado o cálculo da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para as 8 SBH-OE e também para as outras 172 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, sendo necessário utilizar a localização (latitude e longitude em grau decimal), bem como a área de abrangência em quilômetros quadrados do local onde se quer aferir a vazão de referência.

Posteriormente ao cálculo das vazões de referência, realizou-se uma análise comparativa entre as vazões reais medidas *in situ* (itens 5.3.1 e 5.3.2) das SBH-OE e as vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ ). Dessa forma, possibilitou-se verificar a realidade hídrica das SBH-OE confrontando como os métodos de regionalização tradicionalmente utilizados para a liberação de outorgas.

#### 5.4 Monitoramento pluviométrico nas sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

O monitoramento pluviométrico foi realizado em um período de doze meses, com início em maio de 2019 e término em abril de 2020, sendo o mesmo intervalo utilizado para a medição de velocidade de fluxo no curso d'água principal de cada SBH-OE.

Em cada uma das SBH-OE foi instalado um pluviômetro do modelo 4760 da fabricante TFA® (Figura 50), os dados foram colhidos no final de cada mês ou raramente nos primeiros dias do mês seguinte. O equipamento permitiu aferir a quantidade acumulada de chuva mensal, além das últimas

24 horas e última hora antes de reprogramá-lo para o próximo registro. A Figura 51 apresenta a localização dos pluviômetros em cada sub-bacia hidrográfica.



Figura 50 - Pluviômetros Digitais (modelo 4760). Fonte: Autora.

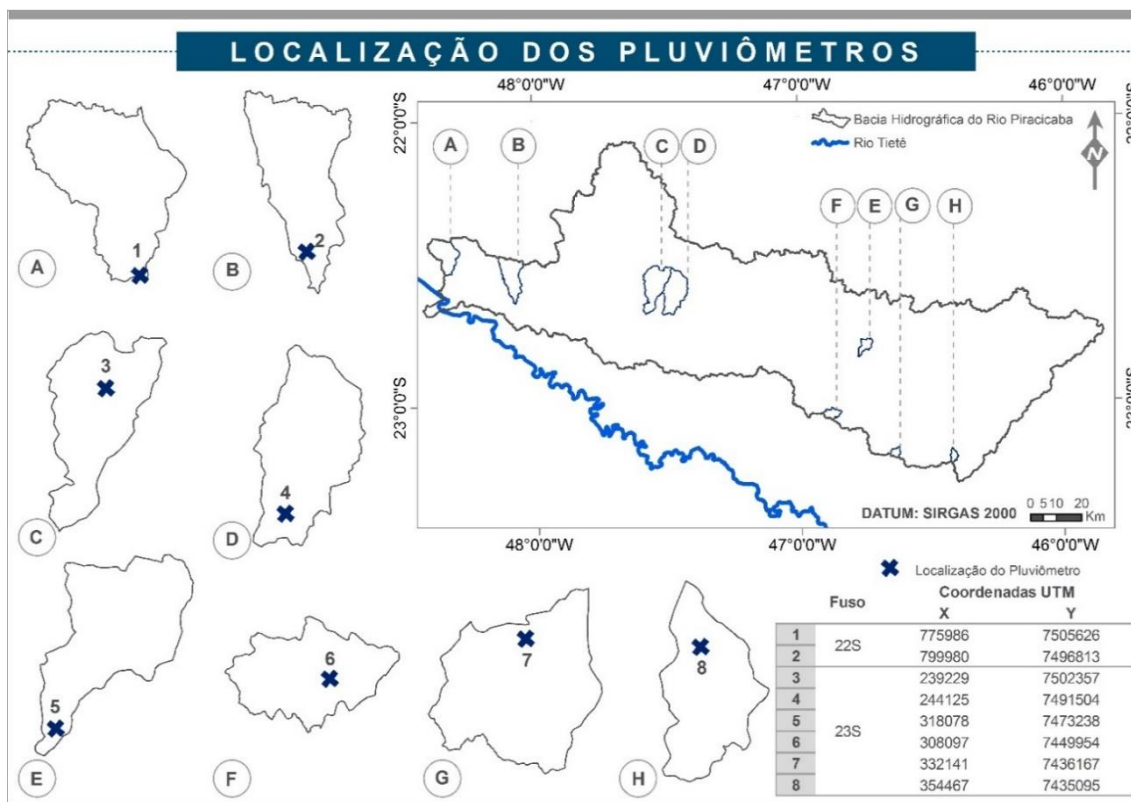


Figura 51 - Localização dos pluviômetros nas sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

Vale ressaltar que o posicionamento dos equipamentos nas oito sub-bacias hidrográficas foram diferentes, ou seja, alguns foram instalados próximos a foz, enquanto, os outros foram alocados na porção central das sub-bacias hidrográficas. Este fato decorreu da existência de edificação rural na área com permissão de instalação do pluviômetro pelo proprietário do local.

Após a aferição da pluviosidade no período de doze meses foi realizada uma análise de interdependência entre os índices pluviométricos e as vazões medidas, considerando os períodos chuvosos e de estiagem, com a finalidade de auxiliar na interpretação do comportamento hidrológico nas SBH-OE. Para melhor representação e interpretação dos dados foram elaboradas possíveis relações entre chuva-vazão em formato de hidrogramas.

### **5.5 Elaboração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial**

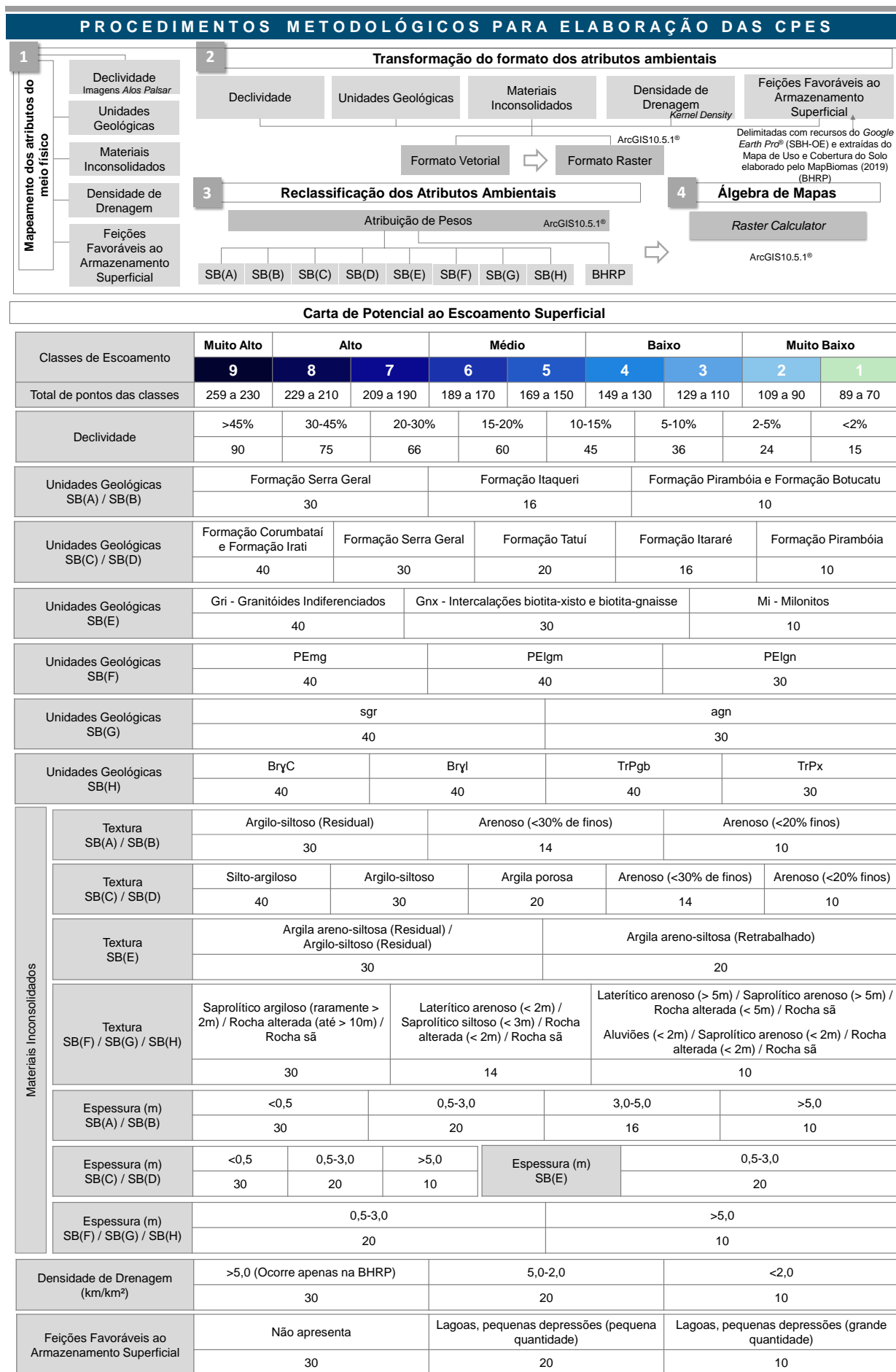
As Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial (CPES) foram confeccionadas para as SBH-OE (1:50.000) e BHRP (1:250.000), com base na metodologia estabelecida por Pejon (1992). Os planos de informação utilizados foram: declividade, densidade de drenagem, geologia, feições favoráveis ao armazenamento superficial e materiais inconsolidados (espessura e textura) para as SBH-OE, enquanto, para as demais sub-bacias hidrográficas, adotou-se a pedologia, uma vez que não há mapeamentos de materiais inconsolidados realizados para toda extensão da BHRP.

Para a BHRP, utilizou-se o mapa pedológico de Rossi (2017), na porção que situa-se no estado de São Paulo e o mapeamento de solos disponível na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), versão 2019, para a porção da BHRP que situa-se no estado de Minas Gerais, ambos em escala 1:250.000. Com relação às unidades litoestratigráficas da BHRP, foram adquiridas também na plataforma do IBGE, versão 2019, em escala 1:250.000.

Os pesos atribuídos aos planos de informação utilizados para a elaboração das CPESs se mantiveram iguais aos apresentados na Figura 52, exceto para a pedologia e a geologia da BHRP, sendo estes apresentados nas Tabelas 26 e 27, respectivamente. O Mapa Pedológico, a descrição de cada uma das classes de pedologia existente na BHRP e o Mapa Geológico estão apresentados no Apêndice G.

Dessa forma, os pesos dos dois planos de informação (pedologia e geologia) foram atribuídos de acordo com o conhecimento técnico que se tem da área de abrangência, sempre levando em consideração a influência que cada classe dos atributos ambientais exerce na ocorrência de escoamento superficial em uma área. Importante mencionar que foram realizadas adaptações de pesos para as classes de solos e geologia da BHRP, pois essa extrapola a área estudada por Pejon (1992).

Para a declividade, tanto para as SBH-OE, quanto para a BHRP, foram considerados os mesmos pesos definidos por Pejon (1992), porém, considerando uma nova divisão de classes de declive, variando de <2% a >45%.



**Figura 52 - Procedimentos metodológicos aplicados para a elaboração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial.**



**Tabela 26 - Pesos atribuídos as classes de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.**

Classes de Solos																	
Classes	E	T	Classes	E	T	Classes	E	T	Classes	E	T	Classes	E	T	Classes	E	T
AF	30	20	GX8	16	20	LVA3	10	14	NV5	10	30	PVA16	10	30	RL2	30	10
CX1	20	14	LV1	10	30	LVA4	10	30	NV8	20	30	PVA19	16	10	RL3	30	14
CX2	20	20	LV3	10	30	LVA5	10	14	NV11	16	30	PVA21	16	30	RL4	30	14
CX4	20	14	LV9	10	30	LVA6	10	14	OX3	16	20	PVA22	16	14	RL5	30	14
CX5	16	14	LV10	10	30	LVA7	10	14	PV1	16	30	PVA23	16	14	RL6	30	30
CX7	20	20	LV11	10	30	LVA8	10	14	PV2	16	14	PVA24	16	14	RL8	20	30
CX9	16	30	LV12	10	30	LVA10	16	30	PV7	16	30	PVA25	16	14	RL9	30	10
CX10	20	30	LV16	10	30	LVA12	10	14	PV8	16	30	PVA26	16	14	RL12	20	30
CX13	10	30	LV17	10	30	LVA16	16	30	PV10	16	30	PVA27	10	30	RL13	20	14
CX16	16	30	LV20	10	30	LVA19	10	30	PVA3	16	30	PVA28	16	14	RL14	20	14
CX21	20	14	LV21	10	14	LVA20	10	30	PVA5	10	14	PVA29	20	20	RL15	20	14
CX24	20	14	LV23	10	14	MT2	16	30	PVA7	10	14	PVA31	10	30	RL18	20	14
GM1	20	20	LV25	10	30	MT3	20	30	PVA11	20	14	PVA32	10	30	RL23	30	30
GM3	16	30	LV27	10	30	NV1	16	30	PVA12	20	14	PVA38	16	30	RQ2	10	10
GX2	20	20	LV28	10	30	NV2	16	30	PVA14	16	14	PVA39	16	30	RQ3	10	10
GX3	16	20	LVA1	10	14	NV3	16	30	PVA15	16	30	RL1	30	30	SX1	16	20

Legenda (Espessura - E)			
Raso ( $\leq 50$ cm)	Pouco Profundo (50 a 100cm)	Profundo (100 a 200cm)	Muito Profundo ( $\geq 200$ cm)
30	20	16	10

Legenda (Textura - T)				
Muito Argilosa	Argilosa	Indiscriminada	Média	Arenosa
40	30	20	14	10

**Tabela 27 - Pesos atribuídos as unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.**

Unidades	Peso	Unidades	Peso	Unidades	Peso	Unidades	Peso
Complexo Amparo	30	Formação Estrada dos Romeiros	30	Ortognaisse Serra Negra	30	Socorro-Guaxupé	40
Grupo Andrelândia	30	Granito Atibaia	40	Paranapiacaba	40	Formação Tatuí	20
Formação Botucatu	10	Granito São Miguel Arcanjo	40	Formação Pirambóia	10	Formação Teresina	40
Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica	30	Granodiorito Serra do Lopo	40	Suíte Salmão	40	Terraços Holocênicos	10
Cobertura Detrito-Laterítica Neo-Pleistocênica	30	Formação Irati	40	Formação Serra Geral	30	Complexo Três Córregos	40
Formação Corumbataí	40	Formação Itaqueri	16	Suíte Serra de São Gonçalo	30	Complexo Varginha-Guaxupé	30
Depósitos Aluvionares Holocênicos	10	Grupo Itararé	16	Grupo Serra do Itaberaba	30		

A transformação dos planos de informação do formato vetorial para matricial com os pesos atribuídos nas classes, bem como a álgebra de mapas foram realizados no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, utilizando a ferramenta *Raster Calculator*. A álgebra de mapas constituiu na soma dos planos de informação cujas classes apresentavam pesos atribuídos.

Cada plano de informação foi ajustado para o sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS2000 e fusos 22S (Par 1 de SBH-OE) e 23S (Pares 2, 3 e 4 de SBH-OE). Para os planos de informações que abrangem a área da BHRP foram projetados em UTM, Datum SIRGAS2000, fuso 23S.

A CPES da BHRP e das SBH-OE foram classificadas em nove classes, as quais correspondem: 1 e 2 (Muito baixo potencial ao escoamento superficial); 3 e 4 (Baixo potencial ao escoamento superficial); 5 e 6 (Médio potencial ao escoamento superficial); 7 e 8 (Alto potencial ao escoamento superficial), e, 9 (Muito alto potencial ao escoamento superficial).

Estes produtos auxiliaram na compreensão do comportamento hidrológico destas áreas, pois permitiu identificar por meio dos atributos do meio físico, quais as possíveis regiões que apresentam maior escoamento favorecendo a oferta hídrica superficial, bem como as áreas que contribuem com a recarga de aquífero. Vale mencionar que a CPES da BHRP trata-se de uma carta interpretativa intermediária para a elaboração das Cartas de Oferta Hídrica Superficial, descritas no item 5.6. Além disso, com a obtenção dessas cartas para as SBH-OE foi possível realizar uma análise de interdependência entre os aspectos do meio físico, em conjunto com uso e cobertura do solo e dados de chuva e vazão medidos *in situ*, com a finalidade de verificar quais fatores ambientais interferem diretamente nas vazões.

### 5.5.1 Mapa Hipsométrico e Carta de Declividades

O Mapa Hipsométrico foi elaborado para cada SBH-OE, bem como para a BHRP, com base nas imagens de satélite *Alos Palsar* com resolução espacial de 12,5 por 12,5 metros, disponibilizadas gratuitamente pela plataforma *ASF Data Search Vertex*<sup>®</sup>. As imagens que abrangem a área estudada foram inseridas no *software ArcGIS10.5.1*<sup>®</sup>, reprojetaadas para o Datum SIRGAS2000, fusos 22S e 23S, posteriormente, aplicou-se a ferramenta *Fill* para correção de pequenas imperfeições nos *rasters*, logo, foram classificadas em intervalos de altitude.

Com as mesmas imagens foi possível obter a declividade utilizando o comando *Slope* do *ArcGIS10.5.1*<sup>®</sup>, em sequência, definiu-se as classes de declive em percentual pela ferramenta *Symbology-Classified-Classify*. A hipsometria e a declividade de cada SBH-OE estão apresentadas na caracterização das áreas descritas no item 3.2.1. A representação das classes de declividade para a BHRP está apresentada no item 6.4.5 e no Apêndice H.

A associação da declividade ao processo de escoamento superficial está diretamente relacionada com a velocidade do fluxo da área, ou seja, em áreas íngremes (>30%), o escoamento tende a ser muito mais rápido do que em áreas consideradas planas (<2%), que são consideradas como regiões de maior potencialidade para a infiltração de água no solo, favorecendo a recarga de aquíferos (FANG; SUN; TANG, 2015; NEARING et al., 2017).

### 5.5.2 Mapas de Densidade de Drenagem

Para a elaboração das CPESs para a BHRP e as SBH-OE, foi necessária a confecção dos mapas de densidade de drenagem, utilizando a ferramenta *Kernel Density*, que realiza o cálculo de uma área de magnitude por unidade de recursos de polilinha usando uma função de *kernel* para ajustar uma superfície suavemente cônica a cada polilinha (ESRI, 2021). O raio estabelecido foi 1128 no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, sendo o valor que melhor representou densidade dos canais (DIAS, 2013). Um raio com valor mais elevado, possibilita a elaboração de um *raster* mais suave e generalizado. Em contraponto, um raio com valor baixo gera um *raster* que apresenta maior detalhamento (ESRI, 2021).

O dado de entrada para a obtenção do mapa foi a rede de drenagem, datado de 2013, disponibilizado pela ANA. A relação da densidade de drenagem com o escoamento superficial reflete que quanto maior o comprimento da drenagem por quilômetro quadrado, maior será o fluxo superficial na área.

### 5.5.3 Mapas de Feições Favoráveis ao Armazenamento Superficial

As feições favoráveis ao armazenamento superficial de água compreendidas como barramentos, lagoas e represas consistem em um plano de informação utilizado nas CPESs das SBH-OE e da BHRP. Entende-se que o fato de uma área apresentar maior número de feições de armazenamento condiz com uma menor contribuição ao escoamento superficial e vice-versa (PEJON, 1992).

Para as SBH-OE, as feições foram delimitadas na plataforma do Google Earth Pro<sup>®</sup>, e transferidas para o *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup> por meio do comando *Conversion Tools-From KML-KML to Layer*, reprojctadas em coordenadas UTM, Datum SIRGAS2000, fuso 22S adotado no Par 1 de sub-bacias hidrográficas e fuso 23S para os Pares 2, 3 e 4.

Para a BHRP, as feições foram extraídas do Mapa de Uso e Cobertura do Solo referente ao ano de 2019, disponibilizado pela plataforma MapBiomass<sup>®</sup>. Essa extração foi realizada também no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup> que corresponde a exportação das classes que representam as feições do *shapefile* de uso e cobertura do solo, utilizando coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000, fuso 23S.

#### 5.5.4 Mapas de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados para as SBH-OE (SB(A)-Rio da Prata, SB(B)-Ribeirão das Tabaranas, SB(C)-Ribeirão da Cachoeira, SB(D)-Córrego dos Coqueiros e SB(E)-Córrego das Onças) foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico como citado no item 5.2. Com relação aos materiais inconsolidados das outras sub-bacias hidrográficas objetos de estudo (SB(F)-Afluente do Ribeirão do Jacaré, SB(G)-Ribeirão da Folha Larga e SB(H)-Ribeirão da Boa Morte) foram mapeados por Lorandi et al. (2019) com base na interpretação de landforms e perfis de alteração, de acordo com critérios estabelecidos por Lollo (1995), como apresenta a Tabela 28. A distribuição das classes em cada SBH-OE, está apresentada no item 3.2.4.

**Tabela 28** - Critérios estabelecidos para elaboração do mapa de materiais inconsolidados.

Unidade	Declividades	Perfil dos Materiais Inconsolidados
7.1	5 - 10%	Laterítico arenoso (> 5m) / Saprolítico arenoso (> 5m) / Rocha alterada (< 5m) / Rocha sã
7.2	> 20%	Laterítico arenoso (< 2m) / Saprolítico siltoso (< 3m) / Rocha alterada (< 2m) / Rocha sã
7.3	> 20%	Saprolítico argiloso (raramente > 2m) / Rocha alterada (até > 10m) / Rocha sã
7.4	até > 35%	Aluviões (< 2m) / Saprolítico arenoso (< 2m) / Rocha alterada (< 2m) / Rocha sã

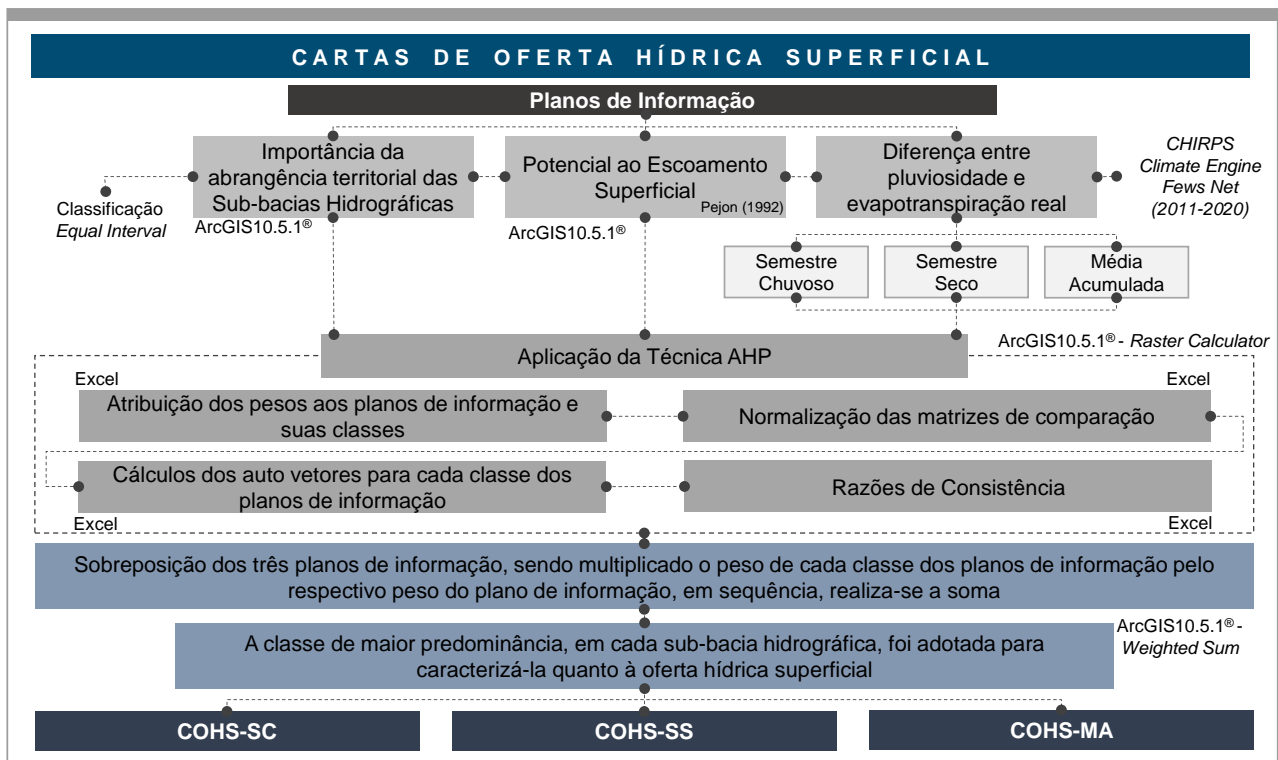
Fonte: Adaptado de Lollo (1995).

#### 5.6 Elaboração das Cartas de Oferta Hídrica Superficial

Esta etapa consistiu na elaboração de Cartas de Oferta Hídrica Superficial (COHS), que classificam qualitativamente em níveis de oferta hídrica superficial as 180 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem situadas na BHRP (Figura 53).

As COHSs foram elaboradas em três períodos distintos, sendo o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada, considerando o período de 2011 a 2020. O semestre chuvoso foi definido pelos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, enquanto, o semestre seco constituiu os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Para a média acumulada considerou-se os doze meses do ano.

Para a geração das cartas foram utilizados três planos de informação: a importância de abrangência territorial das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação; o potencial ao escoamento superficial; e a diferença entre a pluviosidade e evapotranspiração real.



**Figura 53** - Procedimentos metodológicos para a elaboração das COHSs. \*COHS-SC - Carta de Oferta Hídrica Superficial no Semestre Chuvoso (2011-2020) / COHS-SS - Carta de Oferta Hídrica Superficial no Semestre Seco (2011-2020) / COHS-MA - Carta de Oferta Hídrica Superficial para a Média Acumulada (2011-2020).

A Carta de Importância da Abrangência Territorial (CIAT) consiste na classificação da área das sub-bacias hidrográficas, realizada no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, por meio do método *Equal Interval*, sendo esta classificação a que melhor representou a variância de extensões das sub-bacias hidrográficas. Como mencionado no 5.5, as CPESs foram elaboradas com base nos critérios definidos por Pejon (1992).

A Carta da Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real (CDPE) foi obtida no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup> por meio da ferramenta *Raster Calculator*, que possibilitou calcular a subtração dos *rasters* da primeira variável com os *rasters* da segunda. A obtenção da evapotranspiração real e da pluviosidade estão descritas nos itens 5.6.1 e 5.6.2.

A elaboração das COHSs foi realizada com base na atribuição de pesos para os planos de informação, bem como para cada classe que os compõem. Essa ponderação para os três atributos e suas respectivas classes foi realizada por meio da técnica de Análise Hierárquica de Processos (AHP) elaborada por Saaty (1980), considerando uma escala de valores hierárquicos, que denotam a importância que um elemento apresenta sobre outro (Tabela 29). Desta forma, realizou-se comparações par a par entre as classes de cada plano de informação e também entre os próprios planos de informação, atribuindo os pesos com base nesta escala de valores.

**Tabela 29** - Escala de valores.

Escalas de Valores			
Valores	Importância	Valores	Importância
1	Igualmente importante	2, 4, 6 e 8	Valores intermediários
3	Moderadamente mais importante	1/3	Moderadamente menos importante
5	Fortemente mais importante	1/5	Fortemente menos importante
7	Muito mais fortemente importante	1/7	Muito menos fortemente importante
9	Extremamente mais importante	1/9	Extremamente menos importante

Fonte: Saaty (1980).

Posteriormente à atribuição dos pesos, foram realizados os cálculos dos auto vetores para cada plano de informação e suas classes. Realizou-se a normalização das matrizes de comparação, ou seja, foi efetuada a divisão de cada elemento pela soma dos elementos da coluna a que se referem; em sequência, foi calculada a média aritmética de cada linha das matrizes normalizadas, tendo como resultado os auto vetores.

Para verificação da consistência das matrizes elaboradas, foram calculadas as Razões de Consistência (RC) e os Índices de Consistências (IC) (Equações 2, 3 e 4). As matrizes de pesos são consideradas coerentes quando remetem ao  $RC \leq 0,10$ .

$$RC = IC \div IR \quad \text{Eq.2}$$

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) \div (n - 1) \quad \text{Eq.3}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = T \times W \quad \text{Eq.4}$$

Sendo:

IR - Índice de Consistência Randômico (Tabela 30);

**Tabela 30** - Valores de IR referente ao número que representa a ordem da raiz.

Valor do IR referente ao número que representa a ordem da raiz														
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57

n - número que representa a ordem da raiz;

$\lambda_{\text{máx}}$  - auto valor máximo;

T - auto vetor normalizado;

W - soma das colunas da matriz de comparações para cada atributo.

Os auto vetores correspondentes aos planos de informação e suas classes estão apresentados na Tabela 31. Em sequência, foram realizadas no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, por meio da ferramenta *Weighted Sum*, a sobreposição dos três planos de informação (a importância da abrangência territorial das sub-bacias hidrográficas, o potencial ao escoamento superficial, e a diferença entre a pluviosidade

e a evapotranspiração real), multiplicando o peso de cada classe dos planos de informação pelo respectivo peso do plano de informação; em sequência, realizou-se a soma.

Em seguida, as 180 sub-bacias hidrográficas foram classificadas em cinco níveis quanto à oferta hídrica superficial. A classificação das 180 sub-bacias hidrográficas quanto à oferta hídrica superficial (dos semestres chuvoso e seco e a média acumulada considerando o período de 2011 a 2020), foi realizada considerando a classe de maior predominância em cada sub-bacia hidrográfica.

**Tabela 31 - Auto vetores atribuídos aos planos de informação e suas classes.**

<b>AUTO VETORES ATRIBUÍDOS AOS PLANOS DE INFORMAÇÃO E SUAS RESPECTIVAS CLASSES</b>										
<b>Pesos dos respectivos planos de informação</b>	<b>0,11</b>	<b>Potencial ao Escoamento Superficial</b>								
		<89	90-109	110-129	130-149	150-169	170-189	190-209	210-229	230-240
		0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,15	0,22	0,30
	<b>0,26</b>	<b>Importância da abrangência territorial das sub-bacias hidrográficas</b>								
		2,89 - 45,92 km <sup>2</sup>	45,93 - 88,94 km <sup>2</sup>	88,95 - 131,97 km <sup>2</sup>	131,98 - 174,99 km <sup>2</sup>	175,00 - 218,02 km <sup>2</sup>	218,03 - 261,04 km <sup>2</sup>	261,05 - 304,07 km <sup>2</sup>		
		0,03	0,05	0,07	0,10	0,16	0,24	0,35		
	<b>0,63</b>	<b>Diferença entre a Pluviosidade e a Evapotranspiração Real (2011-2020)</b>								
		<b>Média Acumulada</b>								
		< 300mm		300 - 600mm		600 - 900mm		900 - 1200mm		> 1200mm
		0,04		0,08		0,14		0,27		0,47
		<b>Semestre Chuvoso</b>								
		300 - 600mm			600 - 900mm			900 - 1200mm		
		0,08			0,14			0,27		
		<b>Semestre Seco</b>								
	< 300mm				300 - 600mm					
0,04				0,08						
<b>Classificação da Carta de Oferta Hídrica Superficial</b>										
<b>Muito Baixa</b>		<b>Baixa</b>		<b>Média</b>		<b>Alta</b>		<b>Muito Alta</b>		
0,04 a 0,08		0,08 a 0,17		0,17 a 0,25		0,25 a 0,34		0,34 a 0,42		

### 5.6.1 Mapas de Evapotranspiração Real (ETa)

A Evapotranspiração Real (ETa) foi obtida por meio de duas plataformas, *Climate Engine* e *Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET)*. Utilizou-se a primeira fonte para a aquisição dos dados mensais para a área da BHRP, e a segunda para a obtenção dos dados anuais, que são disponibilizados em escala global.

As duas bases fornecem dados de evapotranspiração com base em imagens do sensor MODIS utilizando o modelo SSEBop. Evidenciam-se que os dados de ambas plataformas são concedidos no formato matricial com resolução espacial de 1km x 1km. Para esse estudo foi considerado o intervalo de dados entre 2011 a 2020.

A Figura 54 apresenta a modelagem do SSEBop, cujos dados de entrada do modelo são a Temperatura da Superfície da terra ( $T_s$ ) definida como a variável mais importante e a Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). Os parâmetros do SSEBop são compreendidos como a temperatura do ar, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), a constante psicrométrica de superfície, o albedo e a emissividade (SENAY; KAGONE; VELPURI, 2020).

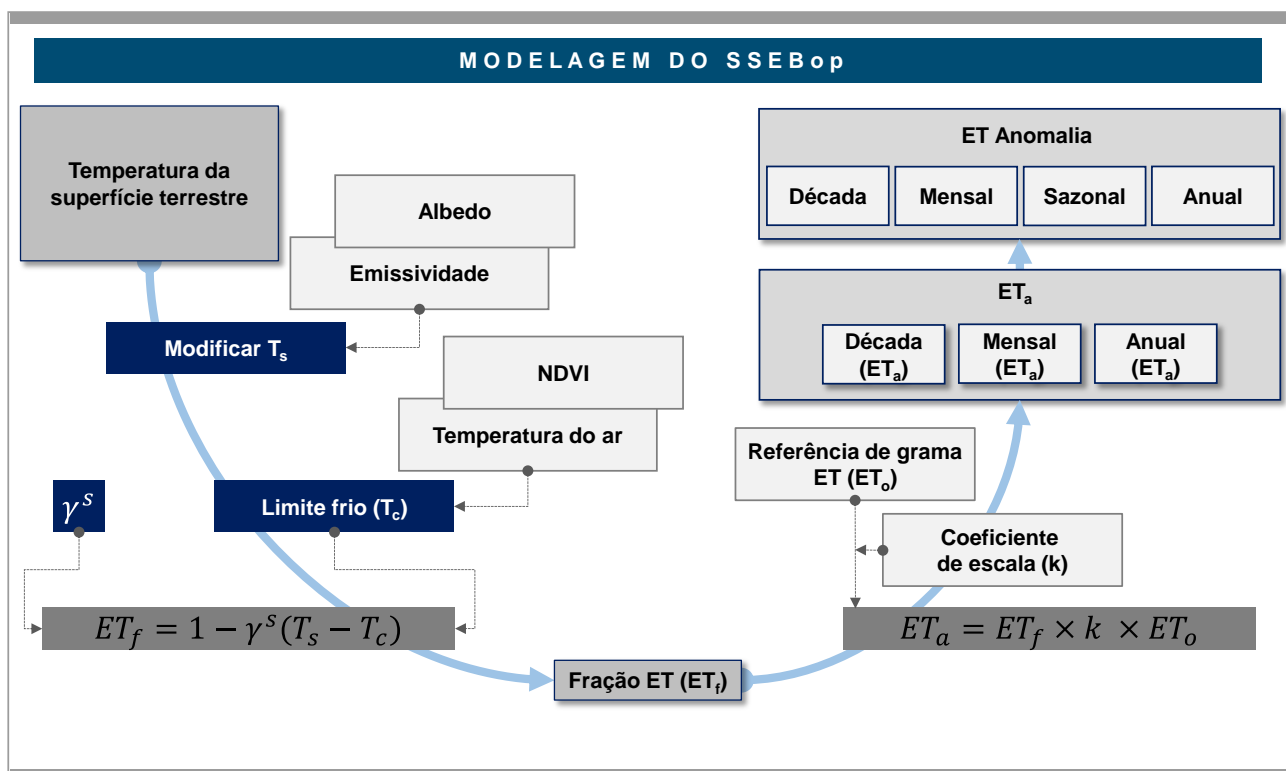


Figura 54 - Modelagem do SSEBop. Fonte: Adaptado de Senay; Kagone; Velpuri (2020).

Vale mencionar que o uso do NDVI no modelo SSEBop serve para a localização de pixels frios/úmidos utilizados na calibração do coeficiente de correção (c), que transforma a temperatura máxima do ar para o período ( $T_a$ ) no limite de referência frio/úmido ( $T_c$ ). Com relação aos dados de emissividade e albedo são empregados para ajustar as temperaturas da superfície terrestre consideradas baixas, quando notados pixels de emissividade alta (acima de 0,965) e albedo (acima de 0,25) em locais com presença de vegetação pouco densa (NDVI menor que 0,25) (SENAY; KAGONE; VELPURI, 2020).

Dessa forma, o SSEBop estima a  $ET_a$  com base em duas etapas:



1-) a fração de evapotranspiração é calculada utilizando  $T_s$  (Equação 5) (SENAY; KAGONE; VELPURI, 2020).

$$ET_f = 1 - \gamma^s (T_s - T_c) \quad \text{Eq.5}$$

Sendo:

$ET_f$  - Fração de evapotranspiração decadal para cada pixel nominalmente variando entre 0 e 1;

$T_s$  - Deriva-se da temperatura da superfície terrestre do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS);

$\gamma^s$  - Constante psicrométrica de superfície sobre uma superfície seca e descoberta (Equação 6);

$$\gamma^s = \frac{C_p \rho}{R_n \times r_{ah}} \quad \text{Eq.6}$$

Onde:

$C_p$  - Calor específico do ar a pressão constante  $1,013 \times 10^{-3}$  (MJ/(kg.°C));

$\rho$  - Densidade do ar (kg/m<sup>3</sup>);

$R_n$  - Radiação líquida média diária (MJ/(m<sup>2</sup>.dia)) (SENAY et al., 2013);

$r_{ah}$  - Resistência aerodinâmica sobre solo descoberto, definida como 110 s/m (SENAY et al., 2013).

$T_c$  - Limite de temperatura de superfície mais frio/úmido, sendo proveniente da temperatura do ar (SENAY et al., 2013), que é obtido por meio da Equação 7.

$$T_c = c \times T_a \quad \text{Eq.7}$$

Sendo:

$c$  - Coeficiente de correção, que é obtido pela razão de  $T_s$  e  $T_a$  em pixels que denotam regiões bem vegetadas;

$T_a$  - Temperatura máxima do ar para o período.

2-) Determina-se a  $ET_a$  por pixel utilizando a Equação 8, que refere-se o produto de  $ET_f$  e o  $ET$  máximo derivado de  $ET_o$  (SENAY; KAGONE; VELPURI, 2020).

$$ET_a = ET_f \times k \times ET_o \quad \text{Eq.8}$$

Sendo:

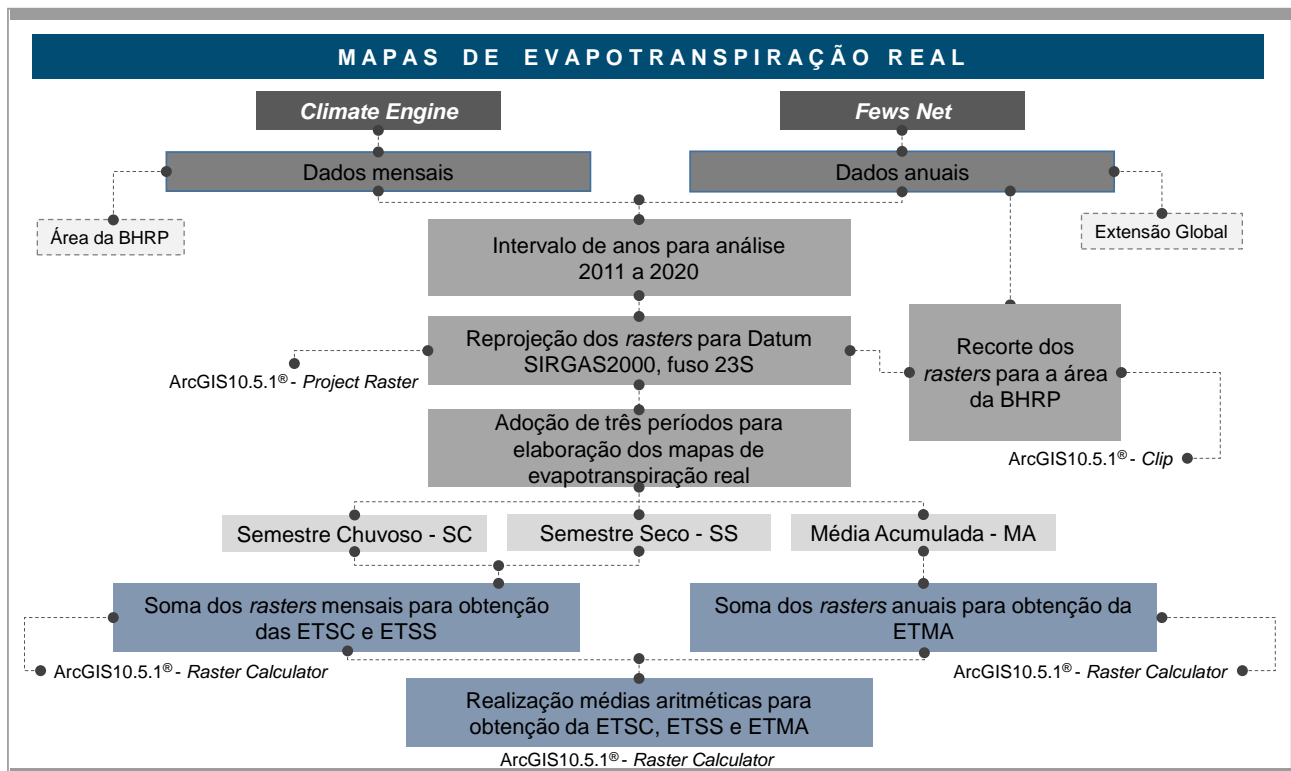
$ET_a$  - Evapotranspiração real em milímetros;

$k$  - Coeficiente de escala de 1,25, que acresce a  $ET_o$  de referência de grama para o tipo de referência de alfafa para  $ET_a$  máxima;

$ET_o$  - Evapotranspiração potencial em milímetros tendo a grama como referência. Dessa forma, consiste na água transpirada pela grama, cujas características baseam-se em ser completamente

sombreada, apresentar uniformidade em altura, além de considerar a condição de nunca haver ausência de água.

Nesse sentido, primeiramente foram realizados os *downloads* dos dados mensais e anuais, posteriormente, realizou-se o recorte dos dados mensais e anuais de extensão global para a área da BHRP, em seguida, todos os *rasters* foram reprojitados para o Datum SIRGAS 2000, fuso 23S, no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup> (Figura 55).



**Figura 55** - Procedimentos metodológicos para a obtenção dos mapas de evapotranspiração real.

Para a elaboração das COHSs, foi considerada a evapotranspiração real em três períodos diferentes (Evapotranspiração para o Semestre Chuvoso - ETSC, Evapotranspiração para o Semestre Seco - ETSS e Evapotranspiração Média Acumulada - EMA) referente ao intervalo de anos (2011 a 2020).

Desse modo, para o semestre chuvoso (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro, dezembro) e o semestre seco (abril, maio, junho, julho, agosto, setembro), realizou-se a soma dos *rasters* dos meses referentes a esses períodos de cada ano, por meio da ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>. O mesmo procedimento se repetiu para obter a média acumulada, a qual considerou os doze meses dos anos. Logo, foram realizadas as médias aritméticas para os três períodos.

## 5.6.2 Mapas de Pluviosidade

A pluviosidade foi obtida por meio da plataforma *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), que associa dados de pluviômetros e observações de satélite (Figura 56). Esses dados de chuva são elaborados por pesquisadores do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e do Centro de Riscos Climáticos da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara (CHC) com recursos da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) e da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) (FUNK et al., 2015; UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2021).

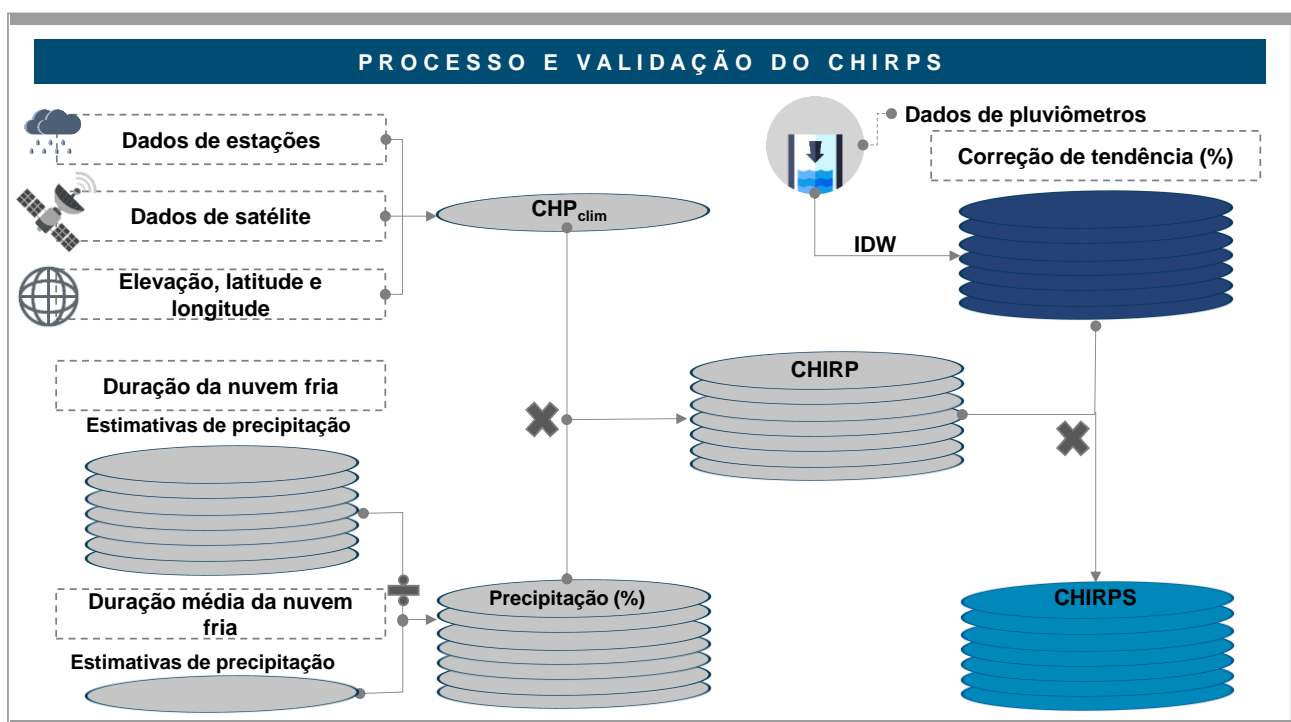


Figura 56 - Processo e validação dos dados CHIRPS. Fonte: Adaptado de Funk et al., (2015).

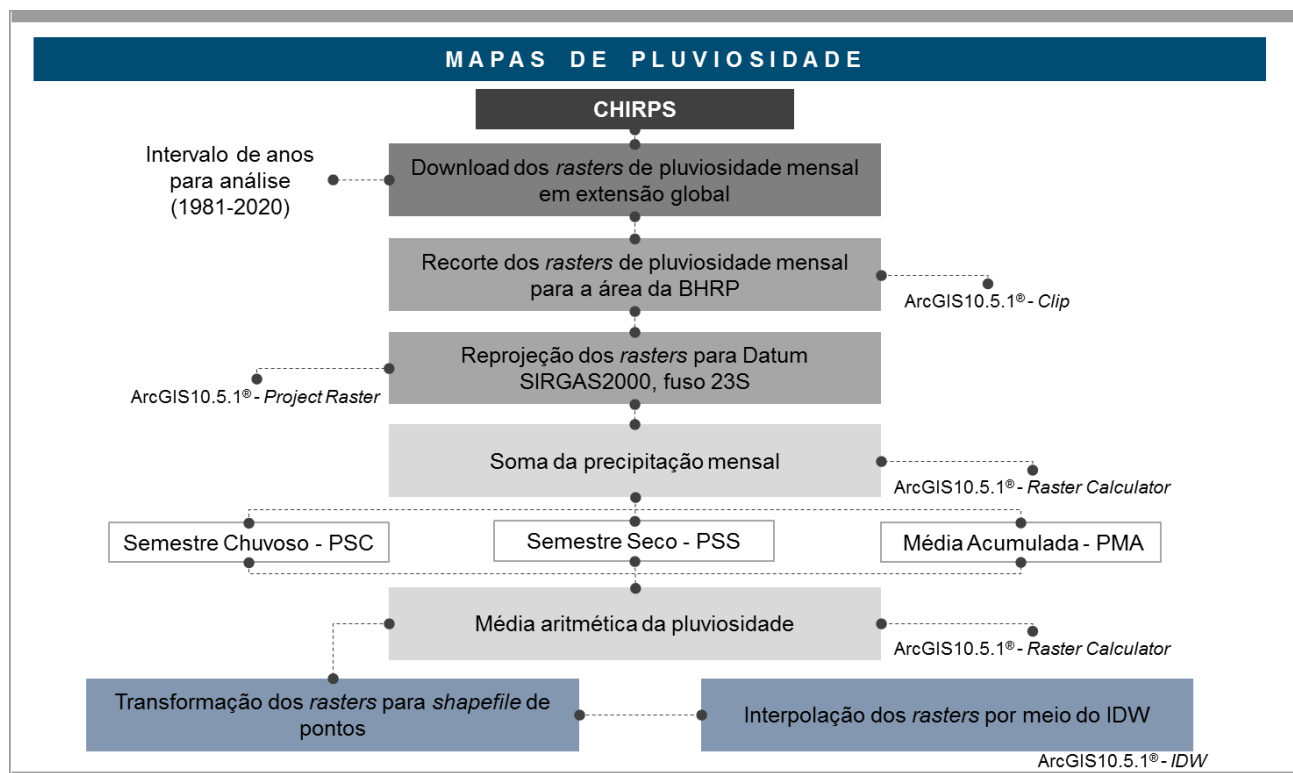
O CHIRPS envolve a análise de estações pluviométricas, a observação de *Cold Cloud Duration* (CCD) no infravermelho e a correção de tendência (FUNK et al., 2015). Dessa forma, os dados do CHIRPS são processados considerando três etapas, sendo:

- 1ª Etapa - Elaboração de um modelo climatológico de precipitação mensal denominado CHP<sub>clim</sub>, que integra as médias mensais das estações da *Food and Agriculture Organization* (FAO) e *Global Historical Climatology Network* (GHCN), bem como os dados de elevação, a latitude, a longitude e a precipitação média de curto prazo de quatro satélites (*Multissatellite Precipitation Analysis-TMPA2B31*, *Climate Prediction Center morphing method-CMORPH*, dados infravermelhos globais, MODIS) (JANOWIAK; JOYCE; YAROSH, 2001; JOYCE et al., 2004;

HUFFMAN et al., 2006; WAN, 2008). O CHPclim cria médias climáticas de período mensal, de 10 dias e diário (FUNK et al., 2015).

- 2ª Etapa - Corresponde em utilizar regressão CCD a fim de realizar estimativas de precipitação com base em imagens de satélite, e posteriormente, realizar a comparação com CHPclim (FUNK et al., 2015).
- 3ª Etapa - Consiste em associar enormes conjuntos de dados de pluviômetros e a precipitação CHIRP, com o intuito de gerar estimativas de monitoramento de precipitação mensal (CHIRPS) (FUNK et al., 2015).

Mediante a isto, esta etapa do trabalho baseou-se em realizar os *downloads* dos *rasters* com dados mensais do período de 1981 a 2020, logo, foram recortados considerando a extensão da BHRP e reprojitados para o Datum SIRGAS2000, fuso 23S. Posteriormente, foram realizadas no *software* ArcGIS10.5.1<sup>®</sup>, a soma da precipitação mensal, para cada ano do período considerado, por meio da ferramenta *Raster Calculator*. Por fim, calculou-se a média aritmética da pluviosidade acumulada, do semestre chuvoso e do semestre seco considerando quatro períodos sendo: 1981-2020; 1991-2020; 2001-2020; 2010-2020 (Figura 57).



**Figura 57** - Procedimentos metodológicos para a obtenção dos mapas de pluviosidade.

Entende-se que pluviosidade consiste em um atributo que sofre variação em decorrência de uma série histórica, mesmo que esta não seja tão significativa. Dessa forma, para realizar uma análise

do regime de chuvas na BHRP foram considerados os períodos de 40 anos (1981-2020), 30 anos (1991-2020), 20 anos (2001-2020) e 10 anos (2011-2020). Porém, para a elaboração das COHSs, considerou-se a pluviosidade (Pluviosidade no Semestre Chuvoso-PTC; Pluviosidade no Semestre Seco-PSS; Pluviosidade Média Acumulada-PMA) no período de 2011 a 2020, sendo este período compatível com os dados de evapotranspiração real que também sofrem alternância quanto ao tempo.

Os *rasters* resultantes das operações foram transformados em um *shapefile* de pontos. Em sequência, foi utilizada a ferramenta IDW para interpolação dos pontos, resultando na Pluviosidade Média Acumulada (PMA) referente aos quatro períodos citados anteriormente. Os mesmos procedimentos anteriormente citados foram realizados para o período de 2011 a 2020, considerando os semestres chuvoso (PSC) e seco (PSS).

# 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 6.1 Delimitação das sub-bacias hidrográficas e definição das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

Na área da BHRP foram delimitadas 180 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação; destas foram definidas 8 áreas amostrais denominadas de SBH-OE, por meio de uma análise de agrupamentos (*Cluster Analysis*), que permitiu estabelecer pares de sub-bacias hidrográficas que apresentam características morfometricamente semelhantes (Figura 58), em termos de densidade de drenagem, densidade hidrográfica, índice de circularidade, bem como a área de drenagem.

Os valores de área e dos índices morfométricos, bem como, o dendrograma elaborado no agrupamento das amostras estão apresentados no Apêndice B. O dendrograma cuja linha de fusão definida em 1, mostra a formação de 45 grupos de sub-bacias hidrográficas, além de 50 sub-bacias hidrográficas que apresentaram alta heterogeneidade com base nos índices morfométricos analisados e área.



**Figura 58** - Espacialização dos pares de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo. Fonte: Adaptado de Carvalho et al (2020).

Este conjunto de índices morfométricos escolhidos associam a forma da área das bacias hidrográficas, com a quantidade e comprimento de canais de drenagem das mesmas, que apresentam uma relação direta com a oferta hídrica superficial das bacias hidrográficas. Pois, a **densidade de drenagem** possibilita interpretar a permeabilidade das formações de solo e rochas subjacentes. Desse modo, a alta densidade ocorre na superfície quando há baixa permeabilidade, sendo o escoamento superficial superior à taxa de infiltração, no entanto, a baixa densidade se origina em superfície permeável, onde a taxa de infiltração é superior ao processo de escoamento, dessa forma, atua cooperando na recarga de aquíferos (PAL; KUNDU; MAHATO, 2020). Vale ressaltar que a evolução da rede de drenagem, bem como, o relevo no decorrer do tempo geológico sofre influência direta da litologia e características estruturais do terreno, processos e fatores atmosféricos (ANISH et al., 2021).

A **densidade hidrográfica** consiste no número de canais de fluxo por unidade de superfície, por exemplo, canais por quilômetros quadrados. Normalmente, a alta densidade hidrográfica (acima de 5 canais/km<sup>2</sup>) se caracteriza em locais onde há o predomínio de rocha impermeável, com pouca cobertura vegetal e um relevo acidentado; temos então um alto escoamento superficial e uma inclinação pronunciada. A baixa densidade hidrográfica (inferior a 5 canais/km<sup>2</sup>) ocorre em locais onde as rochas são permeáveis, apresentando densa cobertura vegetal e relevo pouco a levemente inclinado (PAKHMUDE; KULKARNI; DEOLANKAR, 2003; TRAORE et al., 2018).

Importante salientar que as propriedades de forma das bacias hidrográficas influenciam diretamente o processo de escoamento superficial, por exemplo, como este é formado e como flui no interior das áreas de drenagem (CARABALLO-ARIAS; FERRO, 2017). A relação da forma de bacias hidrográficas com o princípio da similaridade geométrica resultou em vários estudos de diferentes índices adimensionais como o **índice de circularidade** elaborado por Miller (1953), que consiste na proporção da área de uma bacia hidrográfica com a área de um círculo que apresente a mesma circunferência do perímetro da bacia hidrográfica (RESMI; BABEESH; ACHYUTHANB, 2019). O índice de circularidade permite interpretar o estágio de desenvolvimento da bacia hidrográfica, o que quer dizer que o valor baixo indica o estágio mais jovem, os valores medianos retratam o estágio maduro, enquanto os valores altos caracteriza o estágio mais antigo de uma bacia hidrográfica (BHARATH et al., 2021).

De modo geral, as áreas de drenagem das sub-bacias hidrográficas da porção oeste da BHRP, apresentam maiores extensões devido as características físicas, como a ocorrência de solos predominantemente de textura arenosa, além da ocorrência de declividades planas. Constitui-se basicamente uma área de recarga do Aquífero Guarani. Este se caracteriza como uma das unidades

hidroestratigráficas de maior relevância na porção sul da América do Sul (SINDICO; HIRATA; MANGANELLI, 2018).

Quanto à região centro-leste da BHRP, apresenta áreas relativamente pequenas com aproximadamente 3km<sup>2</sup> a 56km<sup>2</sup>; apenas 6 sub-bacias hidrográficas ultrapassam essa extensão, apresentando abrangência territorial que varia aproximadamente de 62km<sup>2</sup> a 213km<sup>3</sup>, em decorrência das suas especificidades, pois há predominância de relevo mais acidentado, e terrenos cristalinos.

Com base na análise estatística é possível constatar que as sub-bacias hidrográficas que compõem os quatro pares são similares quando considerados a área e os índices morfométricos analisados. A forma alongada das sub-bacias hidrográficas, cujo índice de circularidade varia entre 0,39 a 0,57 reflete uma das características que apontam semelhança. Esse fato permite afirmar que há maior tempo de concentração de água nos seus limites fisiográficos, pois os afluentes atingem o canal principal em vários pontos ao longo de sua extensão. Tendencialmente, estas sub-bacias hidrográficas podem apresentar cheias distribuídas, com menor vazão de pico (VILLELA; MATTOS, 1975).

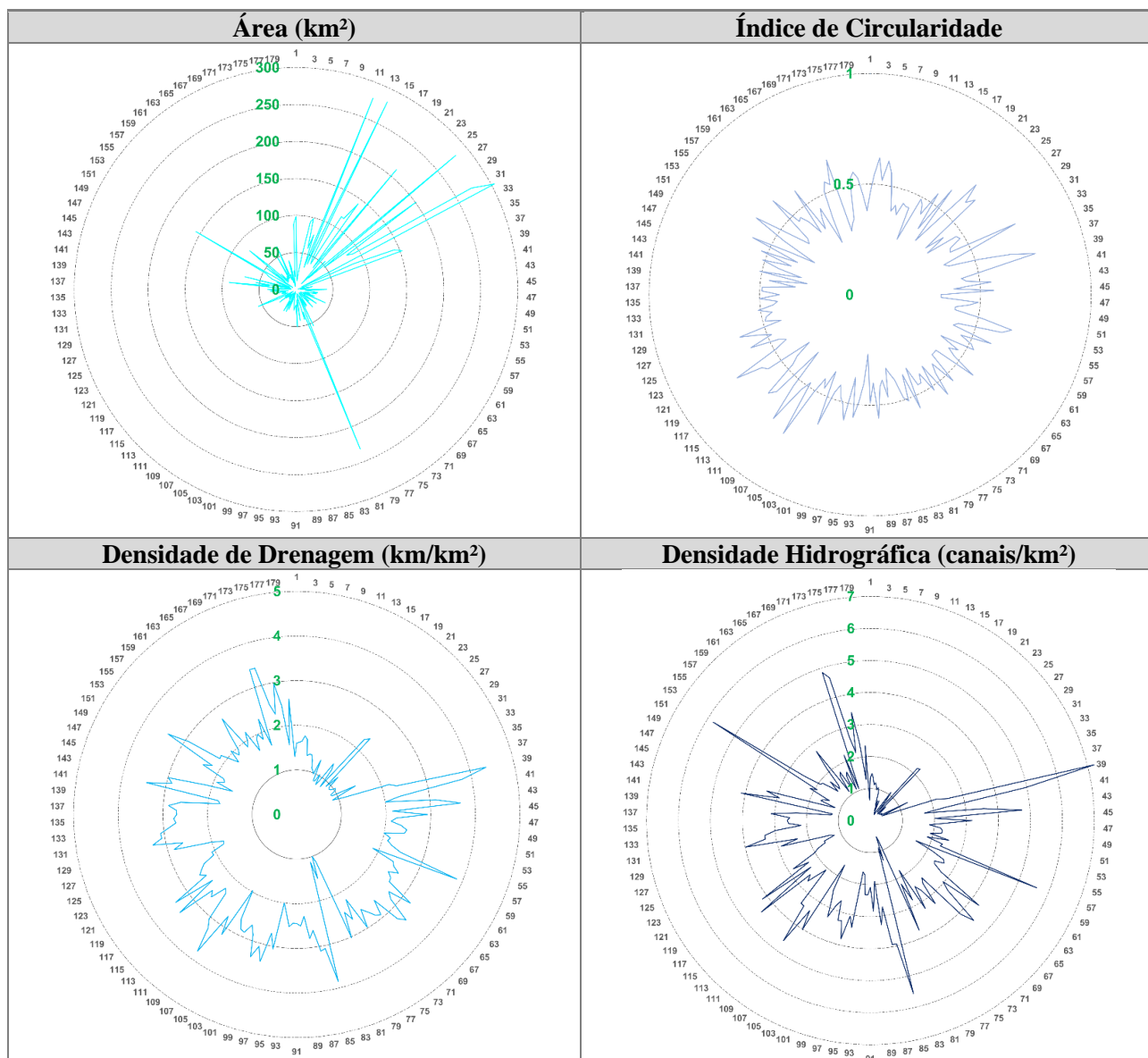
Os Pares 1 e 2 apresentam SBH-OE com densidade de drenagem classificada como regular a boa, variando de 0,91 a 1,60km/km<sup>2</sup>, indicando que essas áreas de drenagem possuem maior potencial para infiltração de água no solo (Figura 59). Enquanto nos Pares 3 e 4, a densidade de drenagem configura-se como boa a muito boa, cujos valores enquadram entre 2,35 a 3,08 km/km<sup>2</sup>, ao contrário dos Pares 1 e 2, o escoamento superficial nessas sub-bacias hidrográficas tende a ser mais rápido (VILLELA; MATTOS, 1975). Essa maior densidade de drenagem que ocorre nos Pares 3 e 4 é entendida por estas áreas estarem localizadas em terrenos acidentados com presença de rochas cristalinas, o que dificulta o processo de infiltração, propiciando uma maior ramificação da rede de drenagem.

Com relação à densidade hidrográfica, o Par 2 se destacou com o menor valor (< 1,0 canal/km<sup>2</sup>). O Par 1 também se caracteriza com baixa densidade hidrográfica, porém, suas sub-bacias hidrográficas atingem pouco mais de 1,0 canal/km<sup>2</sup>. A densidade hidrográfica dos Pares 3 e 4 varia de 2,21 a 3,33 canais/km<sup>2</sup>, assim, estas áreas possuem maior aptidão ao aparecimento de pequenos canais de drenagem, que podem contribuir de maneira pontual e discretamente na oferta hídrica superficial.

Para o entendimento do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas não é suficiente analisar a área e os índices morfométricos. Dessa forma, esses quatro pares de sub-bacias hidrográficas foram estudados detalhadamente, levando em consideração os dados dos meios físico e antrópico, bem como, a pluviosidade e a vazão, com a finalidade de compreender a sua dinâmica



hídrica, além disso, servem como embasamento para a definição do nível de oferta hídrica superficial nas outras 172 sub-bacias hidrográficas que não possuem dados físico e antrópico mapeados na escala de 1:50.000, e também, vazão e pluviosidade aferidas *in situ*.



**Figura 59** - Distribuição da área e dos índices morfométricos calculados para as 180 sub-bacias hidrográficas.

A escolha por estes quatro pares também levou em consideração a localização geográfica das sub-bacias hidrográficas, optando por áreas amostrais situadas nas extremidades e nas porções centrais da BHRP (Tabela 32).

**Tabela 32** - Municípios que parcialmente abrangem as sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

Pares de SBH-OE	SBH-OE	Municípios que parcialmente abrangem as SBH-OE
Par 1	SB(A)	Dois Córregos / Mineiros do Tietê
	SB(B)	Brotas / Santa Maria da Serra / São Pedro / Torrinha
Par 2	SB(C)	Cordeirópolis / Iracemápolis / Limeira / Piracicaba / Rio Claro / Santa Gertrudes
	SB(D)	Cordeirópolis / Iracemápolis / Limeira
Par 3	SB(E)	Amparo / Tuiuti
	SB(F)	Itatiba / Louveira / Vinhedo
Par 4	SB(G)	Atibaia / Jarinu
	SB(H)	Nazaré Paulista

## 6.2 Cálculo das vazões de referências para as sub-bacias hidrográficas e a comparação da vazão aferida *in situ* com as vazões de referência

Neste trabalho, foram realizados para as 180 sub-bacias hidrográficas da BHRP, os cálculos das vazões de referência  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ , obtidos de acordo com o método de Wolff (2013), que considera a latitude e a longitude de determinado ponto, bem como, a área de drenagem em  $\text{km}^2$ , que contribui para a vazão neste mesmo ponto. O Apêndice C apresenta os valores dessas vazões de referência calculados para as sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. Os Apêndices D e E apresentam, respectivamente, os registros da medição da velocidade de fluxo no curso d'água principal de cada SBH-OE, e os perfis batimétricos de cada seção transversal.

A vazão de referência  $Q_{7,10}$  pode ser compreendida como a menor vazão média sucessiva de sete dias que aconteceria com um tempo de retorno de uma vez em cada 10 anos (ANA, 2011). Esta vazão de referência é adotada no estado de São Paulo pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) que consiste no órgão ambiental responsável para liberação de outorga, que permite a captação de 50% da  $Q_{7,10}$ . As vazões de referência,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , compreendem como fluxos de permanência, associados a 90% e 95% do tempo (LELIS et al., 2020). Como limite máximo permitido para a liberação da licença de uso da água em rios de âmbito federal, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) concede 70% da  $Q_{95}$ .

A classificação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem situadas na porção leste da BHRP, apresentam valores de vazões de referência semelhantes quando comparados com os valores dos Pares 3 e 4, considerando os mesmos métodos de referência. No extremo oeste da BHRP, as sub-bacias hidrográficas apresentam vazões de referência enquadradas em valores próximos aos calculados para os Pares 1 e 2. As Figuras 60 a 62 apresentam a classificação das 180 sub-bacias hidrográficas quanto a  $Q_{7,10}$ , 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$ ,  $Q_{95}$ .

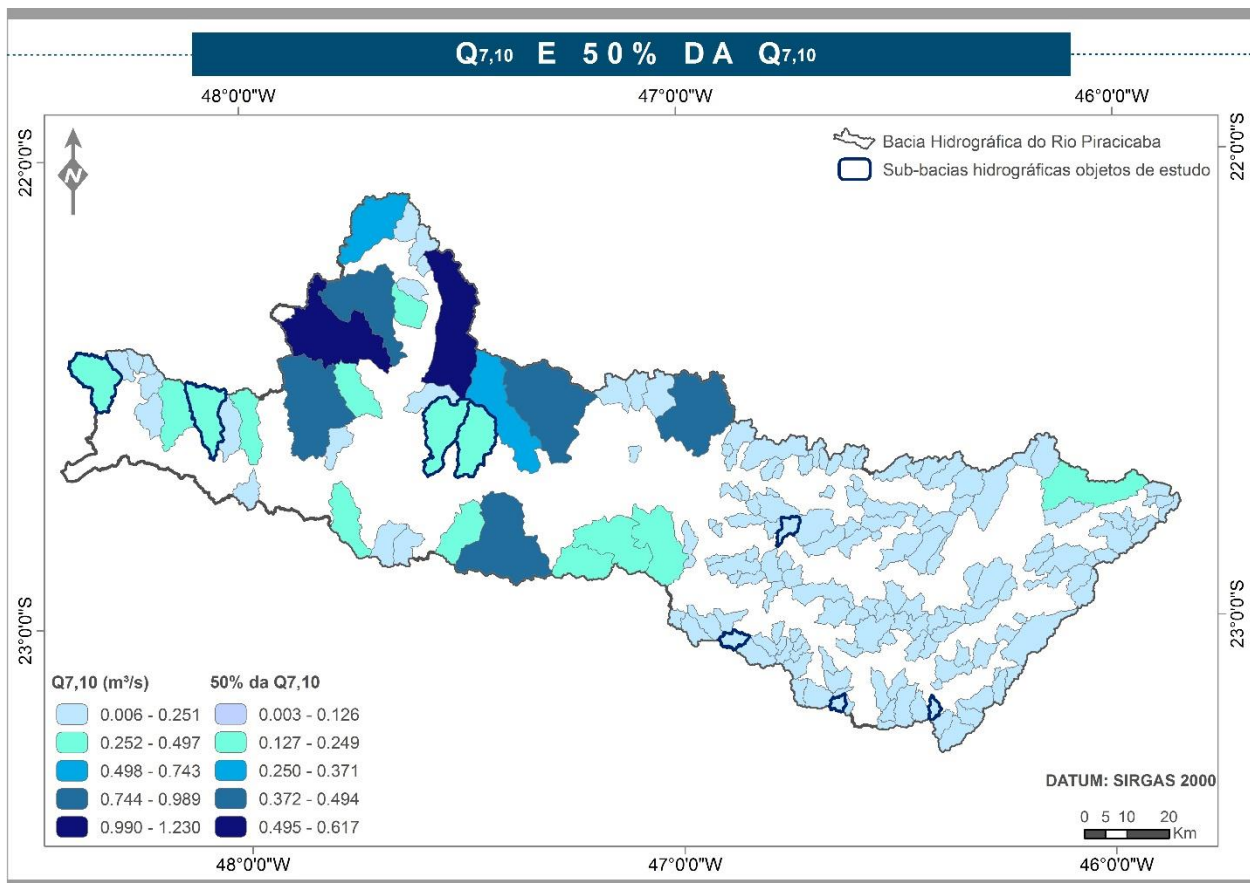


Figura 60 - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a  $Q_{7,10}$  e 50% da  $Q_{7,10}$ .

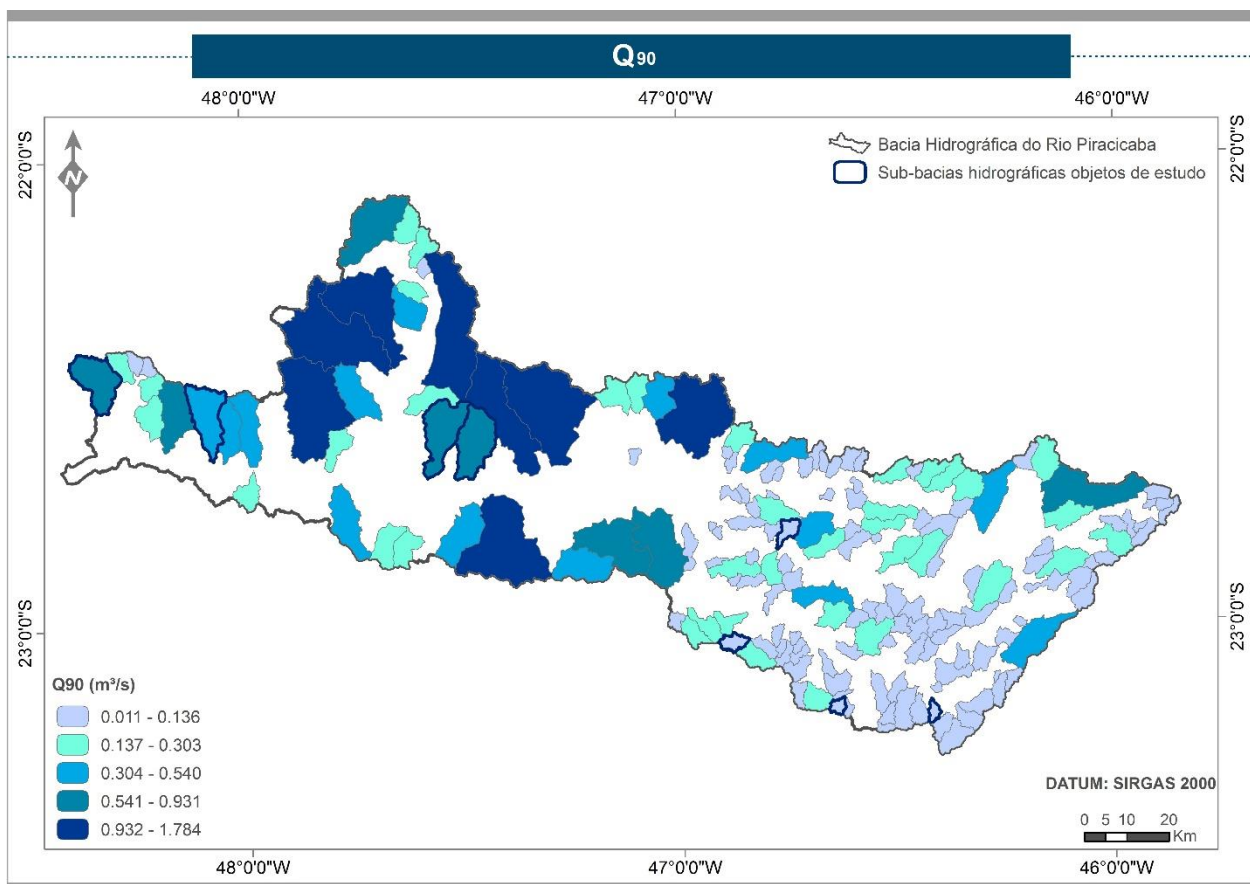
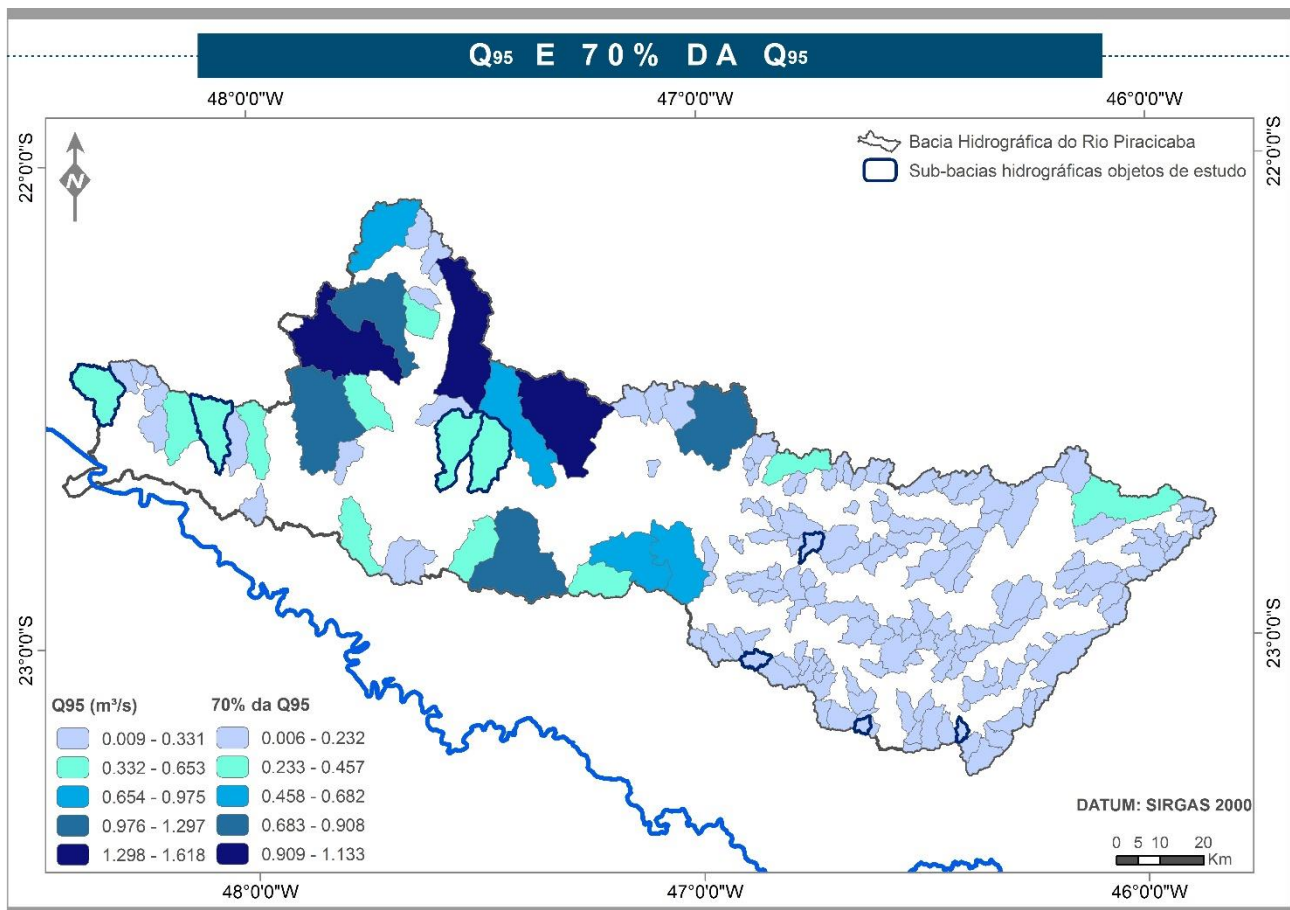


Figura 61 - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a  $Q_{90}$ .



**Figura 62** - Classificação das sub-bacias hidrográficas quanto a  $Q_{95}$  e 70% da  $Q_{95}$ .

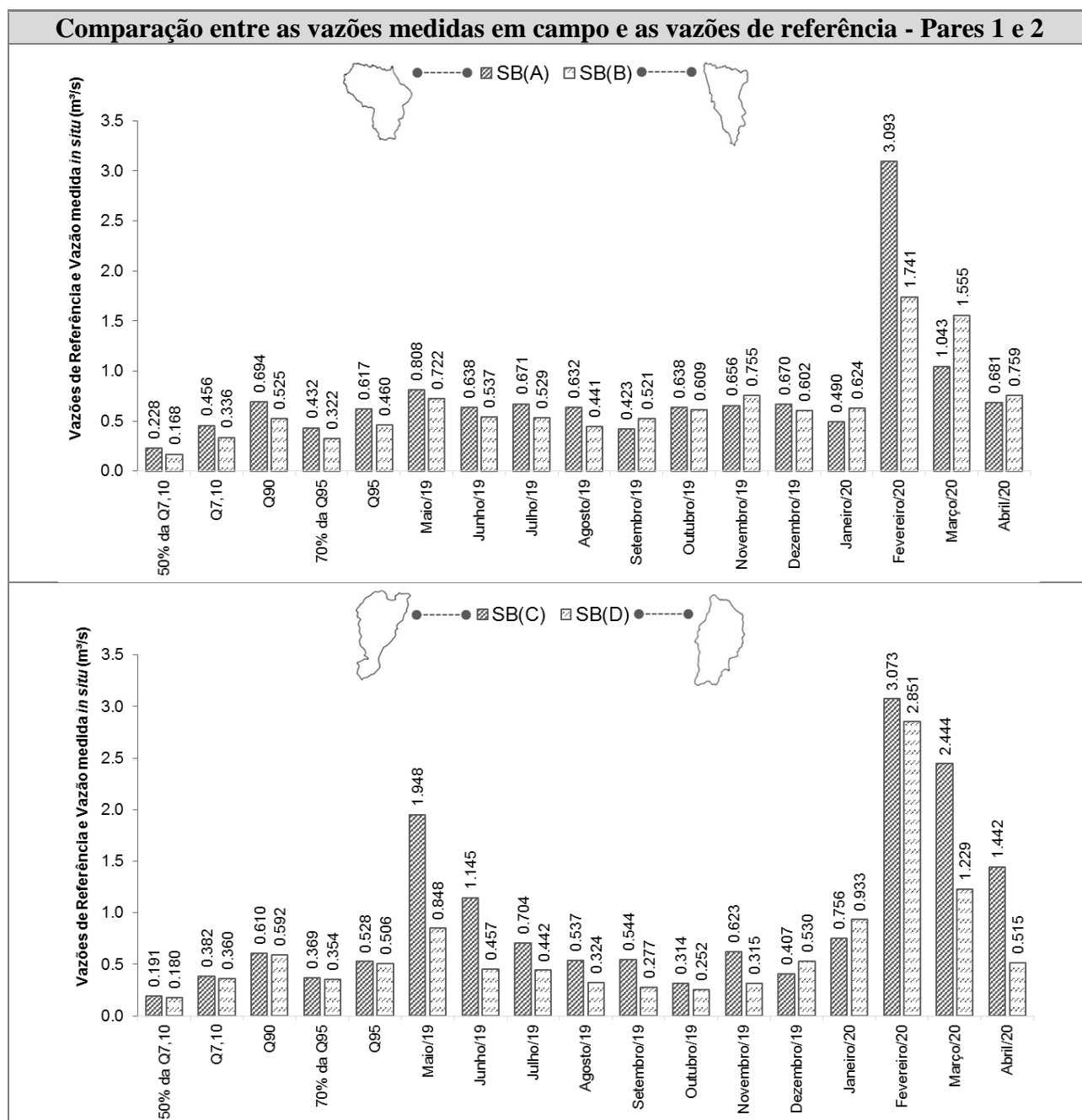
Posteriormente, comparou-se as vazões medidas *in situ* nos quatro pares de SBH-OE com as vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ ), 50% do valor da  $Q_{7,10}$ , e 70% do valor da  $Q_{95}$ . Essa análise comparativa permitiu verificar a discrepância e/ou a compatibilidade entre esses valores de fluxo (Figuras 63 e 64).

A situação atual nas áreas estudadas possibilitou constatar que no Par 1, as vazões medidas *in situ* ultrapassaram a  $Q_{7,10}$  (exceto o mês de setembro de 2019 considerando a SB(A)) e os 70% da  $Q_{95}$ . Pode-se notar que as vazões no mês de setembro de 2019 na SB(A) e em agosto de 2019 na SB(B), ficaram muito próximas da  $Q_{7,10}$  e do limite outorgável em âmbito federal.

No Par 2, esta situação é agravada pelo fato de que no mês de outubro de 2019 para a SB(C) a vazão aferida *in loco* é inferior a  $Q_{7,10}$ , ocorrendo o mesmo fato nos meses de agosto a novembro de 2019 para a SB(D), sendo as vazões medidas neste período muito próximas aos 50% da  $Q_{7,10}$ , isso desperta um alerta, pois a ocorrência desta situação hidrológica torna a área comprometida, ou seja, essa condição dificulta a garantia de água nos cursos d'água.

O fato que agrava a situação hidrológica refere-se quando a vazão medida *in situ* for inferior aos 50% da  $Q_{7,10}$ . Tal situação apresenta alto risco aos cursos d'água permanentes, pois pode

proporcionar disponibilidade hídrica crítica a jusante dos pontos onde ocorrem captações de água (BOF et al., 2013).



**Figura 63** - Comparação entre as vazões aferidas *in situ* com as vazões de referência para os Pares 1 e 2.

Em relação a Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>, no Par 1, o período de junho de 2019 a janeiro de 2020 e abril deste mesmo ano, percebe-se que estas vazões de referência são bem próximas das vazões aferidas em campo. Enquanto no Par 2, para a SB(C) nos meses de julho de 2019 a janeiro de 2020, e na SB(D) de junho de 2019 a dezembro de 2020 e abril deste mesmo ano, essas vazões medidas *in situ* se apresentaram abaixo ou bem próximas das vazões de referência (Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>).

As vazões medidas em campo na SB(E), especificamente nos meses de junho a outubro de 2019 e abril de 2020, apresentaram valores inferiores ao estabelecido como limite máximo outorgável no estado de São Paulo. Enquanto, para a SB(F) essa situação não ocorre. Porém, no mês de outubro de 2019, constatou-se uma vazão próxima aos 50% da  $Q_{7,10}$ . Essa situação associada a condicionantes que interferem na disponibilidade hídrica, como o uso e cobertura do solo, bem como o regime inconstante de chuvas nas determinadas áreas, podem comprometer a oferta hídrica superficial, e consequentemente, corroborar para um cenário de escassez hídrica.

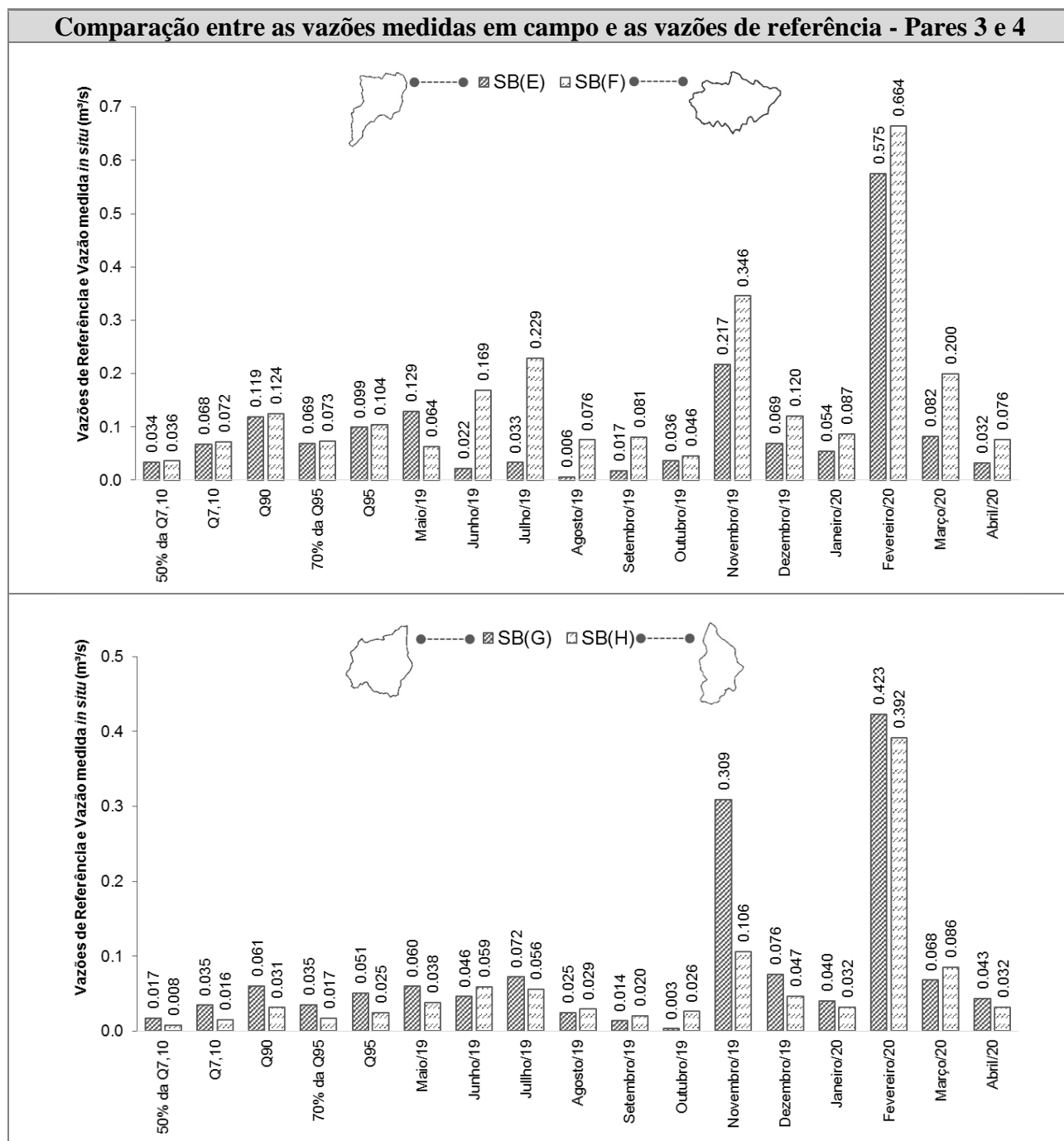


Figura 64 - Comparação entre as vazões aferidas *in situ* com as vazões de referência para os Pares 3 e 4.

No Par 3, considerando o período analisado, as vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ , e 70% da  $Q_{95}$ ) foram superiores na maioria dos meses, o que retrata uma condição diferente da realidade da disponibilidade hídrica constatada em campo. Os 50% da  $Q_{7,10}$  utilizados como parâmetro para a liberação do uso dos recursos hídricos nestas áreas, não condiz com a quantidade disponível em alguns meses na SB(E), ou seja, este parâmetro de regionalização superestimou a vazão. A falta do controle do uso racional pode levar à perda da qualidade ecológica, bem como agravar o desenvolvimento das atividades humanas.

Com relação ao Par 4, as vazões medidas *in situ* na SB(G) enquadraram-se em valores menores ou próximos aos 50% da  $Q_{7,10}$ , considerando os meses de agosto, setembro e outubro de 2019. Nos meses de maio a outubro de 2019, e janeiro, março e abril de 2020, as vazões *in loco* foram abaixo ou aproximadas dos valores de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ , 70% da  $Q_{95}$ ). Tal fato, confirma que o fluxo superficial desta sub-bacia hidrográfica não consegue atender atualmente algumas atividades desenvolvidas na área, como a irrigação de estufas para cultivos de flores e frutas, fazendo-se necessário recorrer à captação subterrânea.

Na SB(H), as vazões aferidas em campo assim como na SB(G) apresentaram números inferiores ou aproximados das vazões de referência analisadas, bem como dos limites outorgáveis em âmbito estadual e federal. Além da baixa oferta hídrica superficial desta área, constatou-se também que a qualidade da água está comprometida, pois o canal principal da SB(H) é receptor de efluentes sem tratamento.

Vale ressaltar que, entre os pares de sub-bacias hidrográficas analisados, os Pares 3 e 4 carecem de adequada gestão e planejamento dos recursos hídricos, sendo imprescindível a adoção de práticas sustentáveis e controle racional do uso da água.

Diante do contexto, faz-se necessário a implementação de medidas que contribuam para a preservação e conservação dos fluxos ambientais, entendidos como fluxos de água em canais de drenagem que são essenciais para sustentar adequadamente um ecossistema em um rio (ARTHINGTON et al., 2018), bem como, uma atualização nos métodos de referência, levando em consideração a realidade atual e pormenorizada de cada região hidrográfica, baseando em monitoramentos adequados de dados fluviométricos e pluviométricos, considerando respectivamente, os regimes de vazões e chuvas, durante os períodos chuvoso e seco. Pois, os métodos regionalizados podem por vezes subestimar ou superestimar a disponibilidade hídrica local.

### 6.3 Análise comparativa entre os dados pluviométricos e as vazões medidas para as sub-bacias hidrográficas objetos de estudo

Neste etapa do trabalho foram realizadas correlações da precipitação e da vazão para o entendimento prévio do regime hidrológico de cada par de sub-bacia hidrográfica objetos de estudo, conforme descrito a seguir. Os Apêndices D e E apresentam, respectivamente, os registros do monitoramento fluviométrico e os perfis batimétricos delimitados para o cálculo da vazão. O Apêndice F apresenta os registros dos pluviômetros instalados em campo.

#### 6.3.1 PAR 1 - Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata-SB(A) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas-SB(B)

Nos meses de maio a agosto ocorre o período de estiagem cuja chuva acumulada mensal para a SB(A) não excedeu 30mm, enquanto a SB(B) nos meses de maio e julho de 2019 ultrapassou pouco mais de 50mm, porém, comparando as duas sub-bacias hidrográficas nos meses (maio, junho e julho de 2019), a ocorrência de chuvas foi diferente, fato que pode estar associado à altimetria mais elevada na SB(B) (Figura 65). É comumente entendido que a altitude desempenha um papel importante na distribuição espacial da precipitação em regiões montanhosas. A barreira orográfica permite que a massa de ar se expanda e resfrie adiabaticamente, proporcionando um aumento da umidade relativa, gerando nuvens e chuva, sendo este o principal motivo do aumento da precipitação acumulada em função da altitude (SOKOL; BLIŽŇÁK, 2009).

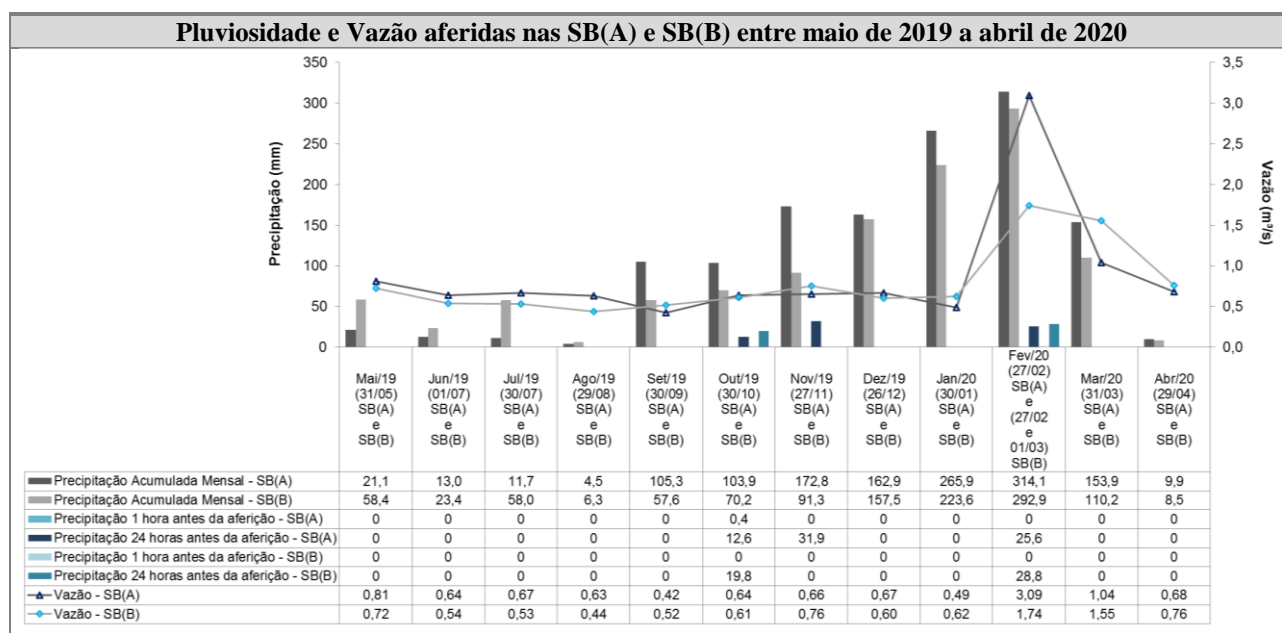


Figura 65 - Comparação da pluviosidade e vazão medidas *in situ* no Par 1 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.



A vazão nesse período (maio a agosto de 2019) em ambas sub-bacias hidrográficas apresentou um nível de constância, porém manifesta ser um pouco mais elevada na SB(A) quando comparada com a SB(B). Ressalta-se que no período de estiagem as vazões tendem a variar menos, mesmo com eventos chuvosos isolados, como é o caso do mês de agosto, embora tenha ocorrido precipitação acumulada mensal na ordem de 4,5mm e 6,3mm, respectivamente, para SB(A) e SB(B), não houve o declínio nas vazões, permanecendo constante aos meses anteriores.

A precipitação mensal considerando os meses de setembro a novembro de 2019 apresentou diferenças entre as sub-bacias hidrográficas. Este fato pode estar relacionado com a distribuição espacial e temporal da chuva nas sub-bacias hidrográficas, pois as chuvas podem precipitar com maior ou menor intensidade no local onde os pluviômetros estão instalados (TAMM et al., 2018). Evidencia-se que em setembro e novembro, a SB(A) apresentou vazão mais baixa em relação à vazão aferida na SB(B), mesmo com a ocorrência de um volume maior de precipitação.

O mês de dezembro, foi o período em que ao comparar a vazão e pluviosidade, percebeu-se a menor diferença entre a SB(A) e SB(B), considerando o período analisado de 12 meses. A partir de novembro de 2019, constata-se o aumento de chuvas e percebe-se que as vazões se mantêm em um nível constante até janeiro de 2020. Em janeiro e fevereiro de 2020, o acumulado de chuva mensal ultrapassou os 200mm, porém nota-se que no mês de fevereiro, as vazões elevaram notoriamente, na SB(A) ultrapassou 3,0m<sup>3</sup>/s, e na SB(B) sobressaiu acima de 1,5m<sup>3</sup>/s.

Esse aumento abrupto da vazão em fevereiro de 2020 no Par 1 pode ser comprovado pela influência da data de aferição, uma vez que houve ocorrência de chuva 24 horas antes da medição, compreendendo em volume precipitado 25,6mm na SB(A) e 28,8mm na SB(B), aumentando a vazão.

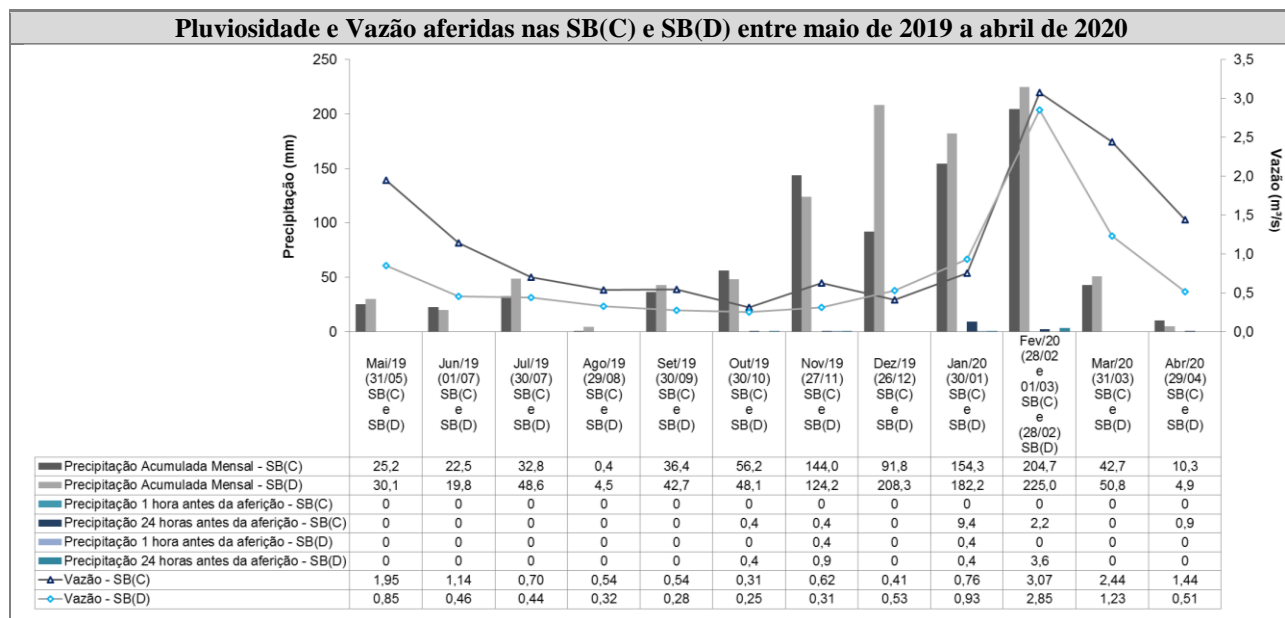
Entre os meses de março e abril de 2020, nota-se claramente o declínio de precipitações e da vazão aferida *in situ*, referente ao início do período de estiagem. No mês de março, ocorreu maior precipitação na SB(A) compreendendo 153,1mm, entretanto, na SB(B) o volume de chuvas foi de 110,2mm, a variação que ocorreu foi na ordem de 42,9mm. Embora a precipitação acumulada tenha sido menor neste mês para a SB(B), ainda assim, a vazão foi maior quando relacionada com a da SB(A), esta situação pode ser explicada pela distribuição de chuvas de maior intensidade próximo ao período de medição. Em abril, as precipitações mensais foram bem próximas, inclusive as vazões das duas sub-bacias hidrográficas.

Ao considerar o período de análise, constata-se que as duas sub-bacias hidrográficas geralmente apresentaram vazão no decorrer do ano que não ultrapassaram 1,0m<sup>3</sup>/s, somente houve extrapolações nos meses de fevereiro e março de 2020 com a ocorrência de chuvas de alta intensidade

próximas ao período de aferição nas sub-bacias hidrográficas, assim a vazão aumentou consideravelmente, denominando vazão de pico ou de cheia.

### 6.3.2 PAR 2 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira-SB(C) e Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros-SB(D)

Entre o período de maio a outubro de 2019, ocorreu acentuadamente um declínio no nível de vazão nas sub-bacias hidrográficas. Ressalta-se que mesmo apresentando maior volume precipitado (maio, julho, agosto e setembro) na SB(D) constatou-se menor vazão quando comparada com a SB(C). As vazões na SB(D) são menores em função das atividades antropogênicas realizadas na área, bem como as características do meio físico. Essas atividades estão descritas no próximo item 6.4.2 (Figura 66).



**Figura 66** - Comparação da pluviosidade e vazão medidas *in situ* no Par 2 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

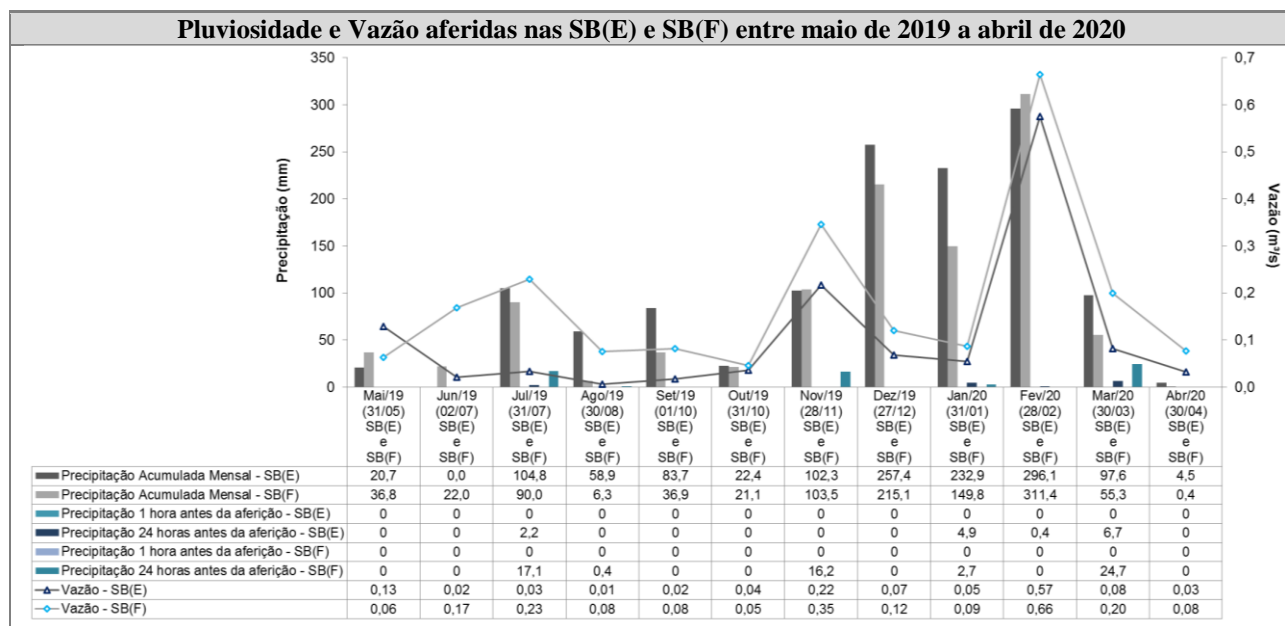
A partir dos meses de novembro de 2019 a fevereiro de 2020, houve acréscimos notórios nos volumes precipitados, sendo consequência do período chuvoso. Vale ressaltar, o mês de dezembro de 2019, cuja precipitação variou consideravelmente nas sub-bacias hidrográficas, isso compreende um volume precipitado de 116,5mm a mais na SB(D), porém, mesmo nesta condição a sua vazão permaneceu bem próxima em relação à SB(C), este fato está associado à distribuição da chuva ao longo do mês na SB(D), não interferindo diretamente no fluxo superficial. Como ocorrido na bacia hidrográfica de Baleh, localizada na Malásia, pois as análises do hidrograma apresentaram diminuição do fluxo no período chuvoso, porém, não ocorreu em outras estações do ano (CHONG et al., 2021).

No Par 2, nestes doze meses de análise, o pico considerando maiores vazões e volumes precipitados mensais, ocorreu precisamente no mês de fevereiro de 2020, cujas vazões e precipitações, apresentaram uma grande semelhança quando comparadas. O aumento da vazão em fevereiro de 2020, como no Par 1, é reflexo da data de aferição, pois ocorreu a incidência de precipitação.

O declínio de precipitação nos meses de março e abril de 2020 marcou o início do período de estiagem, e percebe-se claramente a diminuição gradual da vazão em ambas sub-bacias hidrográficas. No entanto, o nível de vazão dista bastante de uma para outra, sendo possível constatar no mês de março de 2020, que a vazão na SB(C) aproximou-se de 2,5m<sup>3</sup>/s, e na SB(D) a vazão aferida foi de 1,23m<sup>3</sup>/s, isto se repete no mês de abril, nota-se que na SB(C) a vazão é quase o triplo do valor constatado na SB(D).

### 6.3.3 PAR 3 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças-SB(E) e Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão Jacaré-SB(F)

Com relação ao Par 3, afirma-se que ocorreram alterações significativas nas vazões entre as SB(E) e SB(F), exceto o mês de outubro de 2019. Ressalta-se que no mês de junho de 2019, não aconteceu a ocorrência de chuvas nas imediações do pluviômetro instalado na SB(E), entretanto, na SB(F) precipitou mensalmente a ordem de 22mm, aumentando a vazão nesta região quando comparada com o mês anterior (Figura 67).



**Figura 67** - Comparação da pluviosidade e vazão medidas *in situ* no Par 3 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

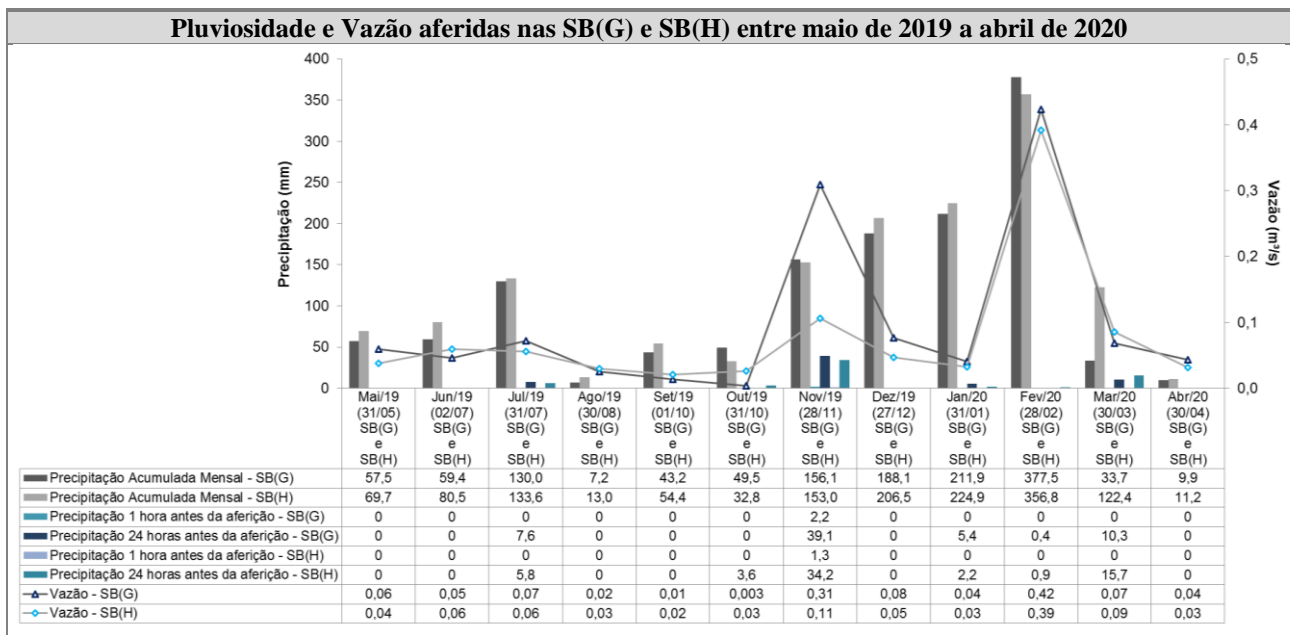
Embora o mês de julho se enquadre no período de estiagem, recebeu destaque devido a quantidade de água precipitada nas SB(E) e SB(F) que correspondem, respectivamente, 104,80mm e 90,00mm, fato que contribuiu para o aumento da vazão em SBH(F), porém essa realidade não aconteceu na SB(E), ressalta-se que, essa situação se repetiu entre os meses de agosto e setembro de 2019.

Entre os meses de novembro de 2019 a fevereiro de 2020, ficou evidente o período chuvoso, constatando que as precipitações acumuladas mensais aumentaram notoriamente. Nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020 os volumes precipitados foram superiores a 145mm, no entanto, as vazões de ambas sub-bacias hidrográficas não se elevaram. Este fato tem correlação com o tempo de concentração da água precipitada nas sub-bacias hidrográficas, pois embora tenha precipitado um volume mensal considerável, no dia em que se realizou a medição do fluxo, foi aferida a vazão natural e não a vazão de pico, ou seja, a vazão no momento da chuva e/ou pouco depois da ocorrência dela. Em fevereiro de 2020, pode-se observar que foi o mês mais proeminente com relação a vazão medida e a chuva acumulada no mês, nota-se que pelos dados da última hora e das últimas 24 horas dessa aferição não ocorreu volume significativo de chuvas registrados nos pluviômetros, no entanto, pode ter precipitado uma quantidade expressiva em outras áreas das sub-bacias hidrográficas, influenciando no aumento das vazões. Em abril de 2020, observa-se o retorno do período de estiagem, e conseqüentemente, o declínio da vazão.

#### **6.3.4 PAR 4 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga-SB(G) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Boa Morte-SB(H)**

No Par 4, entre os meses de maio a julho de 2019, as sub-bacias hidrográficas apresentaram semelhança quanto aos valores de vazão e precipitação. Porém, no mês de julho de 2019, o volume precipitado foi acima de 100mm nas sub-bacias hidrográficas, no entanto, a vazão permaneceu constante quando comparada com os meses anteriores (Figura 68).

De agosto a outubro de 2019, nota-se a diminuição da vazão e da precipitação acumulada mensal, o que exprime o período de estiagem. Logo, observa-se que de novembro de 2019 a fevereiro de 2020, houve um acentuado aumento das chuvas. Vale ressaltar, que em novembro de 2019, a vazão na SB(G) e na SB(H) atingiu o segundo maior valor referente ao período analisado, porém, neste mês ocorreu uma variação acentuada nas vazões destas sub-bacias hidrográficas, mesmo estas apresentando volume precipitado mensal bem próximo.



**Figura 68** - Comparação da pluviosidade e vazão medidas *in situ* no Par 4 de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

Nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, a precipitação acumulada mensal para as SB(G) e SB(H) foram superiores a 150mm, no entanto, não refletiu diretamente no incremento das vazões. Assim como no Par 3, o mês de fevereiro de 2020, se destacou com maiores valores em relação as duas variáveis hidrológicas analisadas, nas SB(G) e SB(H), porém, os pluviômetros não registraram altos volumes nas últimas 24 horas e nenhum volume na última hora, isso provavelmente tem relação com a distribuição das precipitações. No final do período da análise, nota-se o declínio destas variáveis, ocorrendo em abril, o início da época de estiagem.

#### **6.4 Análise comparativa entre as vazões medidas, a pluviosidade e os aspectos do meio físico e de uso e cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo**

No item anterior podê-se constatar que nas SBH-OE houveram meses em que a vazão e a precipitação não seguiram o mesmo comportamento, principalmente no que se refere à relação diretamente proporcional entre chuva e vazão, ou o contrário. É importante ressaltar que o comportamento precipitação-vazão obedece tanto às características da bacia hidrográfica quanto ao regime de precipitação (KUMAR et al., 2021).

Para compreender essa dinâmica, foram agregados nesta etapa os atributos do ambiente natural e do uso e cobertura do solo, os quais quando associados, ajudaram a entender o potencial ao escoamento superficial nas áreas. Vale mencionar que o escoamento superficial é passível de constante alteração conforme estudado por Arnell e Gosling (2013). Os autores relataram que a resposta hidrológica para o ano de 2050 em cenários de alterações no clima, mostram aumentos de

escoamento no Canadá e nas altas latitudes da Europa Oriental e Sibéria, enquanto as reduções no escoamento ficam localizadas na Europa Central, ao redor do Mediterrâneo, Mashriq, América Central e Brasil.

Dessa forma, com base na espacialização e quantificação dos atributos analisados para a elaboração das CPES e o uso e cobertura do solo, percebe-se que as sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C) e SB(D) apresentam baixas classes de declividade (<6% e 6-12%) correspondendo acima de 50% de suas áreas. Devido a tais condições, a inclinação do terreno nestas áreas favorece o processo de infiltração, contribuindo de tal modo para a recarga dos aquíferos.

Recebem destaque as sub-bacias hidrográficas SB(A) e SB(B) que apresentam declividades altas (>30%) próxima as suas cabeceiras, onde se situam as Serras de Torrinha e de São Pedro, de forma pontual. Isso proporciona maior velocidade do escoamento superficial inibindo a capacidade de infiltração do terreno. Com relação às sub-bacias hidrográficas SB(E), SB(F), SB(G) e SB(H), estas apresentam terrenos mais acidentados, com maior ocorrência de classes de declividade média a muito alta (12-20%, 20-30% e >30%), abrangendo acima de 70% de suas áreas.

Os mapas hipsométricos demonstram que as sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C), SB(D), e SB(E) apresentam maiores amplitudes topográficas, quando comparadas com as sub-bacias hidrográficas SB(F), SB(G) e SB(H) que estão localizadas na porção leste da BHRP, sendo que, as áreas mais elevadas possuem maior potencialidade de infiltração possibilitando o armazenamento de água no solo, que pode manifestar superficialmente em forma de nascentes, contribuindo assim com a oferta hídrica superficial.

Ao considerar a geologia, as sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C) e SB(D) estão situadas em terrenos sedimentares, cuja matriz se caracteriza com maior predominância de material arenoso, enquanto para as sub-bacias hidrográficas SB(E), SB(F), SB(G) e SB(H), a matriz apresenta materiais de textura argilosa em decorrência de estarem localizadas em terrenos cristalinos. Estas condições refletem na oferta hídrica superficial destas áreas, uma vez que as sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C) e SB(D) localizadas na região oeste da BHRP apresentam menor densidade de drenagem e densidade hidrográfica, quando comparadas com as demais sub-bacias hidrográficas.

Considerando o meio antrópico, o uso e cobertura do solo é um dos atributos que mais intervêm na oferta hídrica. Cita-se como exemplo, a demanda de água por tipo de cultura plantada, que está diretamente relacionada com o manejo de irrigação, além disso, não menos importante destacam-se o uso da água nos meios urbano e industrial, que permite o desenvolvimento das várias atividades humanas. A influência das mudanças no uso e cobertura do solo no ciclo hidrológico

ocorrem por meio da evapotranspiração e da interceptação da água. Sabe-se que as alterações provocadas pelo clima e pelo uso e cobertura do solo na precipitação e evaporação atinge diretamente a quantidade de água disponível (TAMM et al., 2018).

A agricultura se destaca nas sub-bacias hidrográficas SB(A), SB(B), SB(C) e SB(D) com o cultivo principal de cana-de-açúcar, compreendendo respectivamente, a 29,03%, 12,96%, 49,88% e 20,90% da área total das sub-bacias hidrográficas. Além da agricultura, as sub-bacias hidrográficas SB(C) e SB(D) destacam-se por serem urbanizadas, compreendendo respectivamente, 2,99% e 14,00% de suas áreas, isto evidencia um maior consumo dos recursos hídricos, para o atendimento humano.

Com relação às sub-bacias hidrográficas da porção leste da BHRP, estas apresentam o maior predomínio de vegetação natural (campo e mata) seguido da silvicultura, que se trata de um uso que demanda bastante água.

A seguir, estão descritos de forma pormenorizada a relação da vazão, da pluviosidade com atributos dos meios físico e antrópico em cada par de sub-bacias hidrográficas objetos de estudo.

#### **6.4.1 PAR 1 - Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata-SB(A) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas-SB(B)**

O fato da ocorrência de precipitação acumulada mensal ter sido diferente e não afetar significativamente a variação do fluxo de uma sub-bacia hidrográfica para outra, pode estar relacionado à natureza da precipitação (BELL et al., 2012).

Embora na SB(A) tenha ocorrido maior volume precipitado (setembro/2019 a março/2020), este não foi suficiente para contribuir com o aumento da vazão, visto que ambas áreas estão situadas em terrenos sedimentares, compostos em sua maioria por solos arenosos oriundos das formações Botucatu e Pirambóia, cujas espessuras variam de 0,5 a 3,0m, suas propriedades físicas contribuem com o processo de infiltração para a recarga de aquíferos, essas áreas incluem também solos retrabalhados, localizados na Serra de Torrinha, também de textura arenosa e espessura acima de 5,0m (DANTAS-FERREIRA, 2008; ARANTES et al., 2021) (Figura 69). Dessa forma, constata-se que as características do solo influenciam na velocidade do fluxo que atua modificando a capacidade de infiltração do solo, a resistência ao cisalhamento do solo e as taxas de desprendimento (LIU et al., 2015; SUN; ZHOU; CAI, 2020).

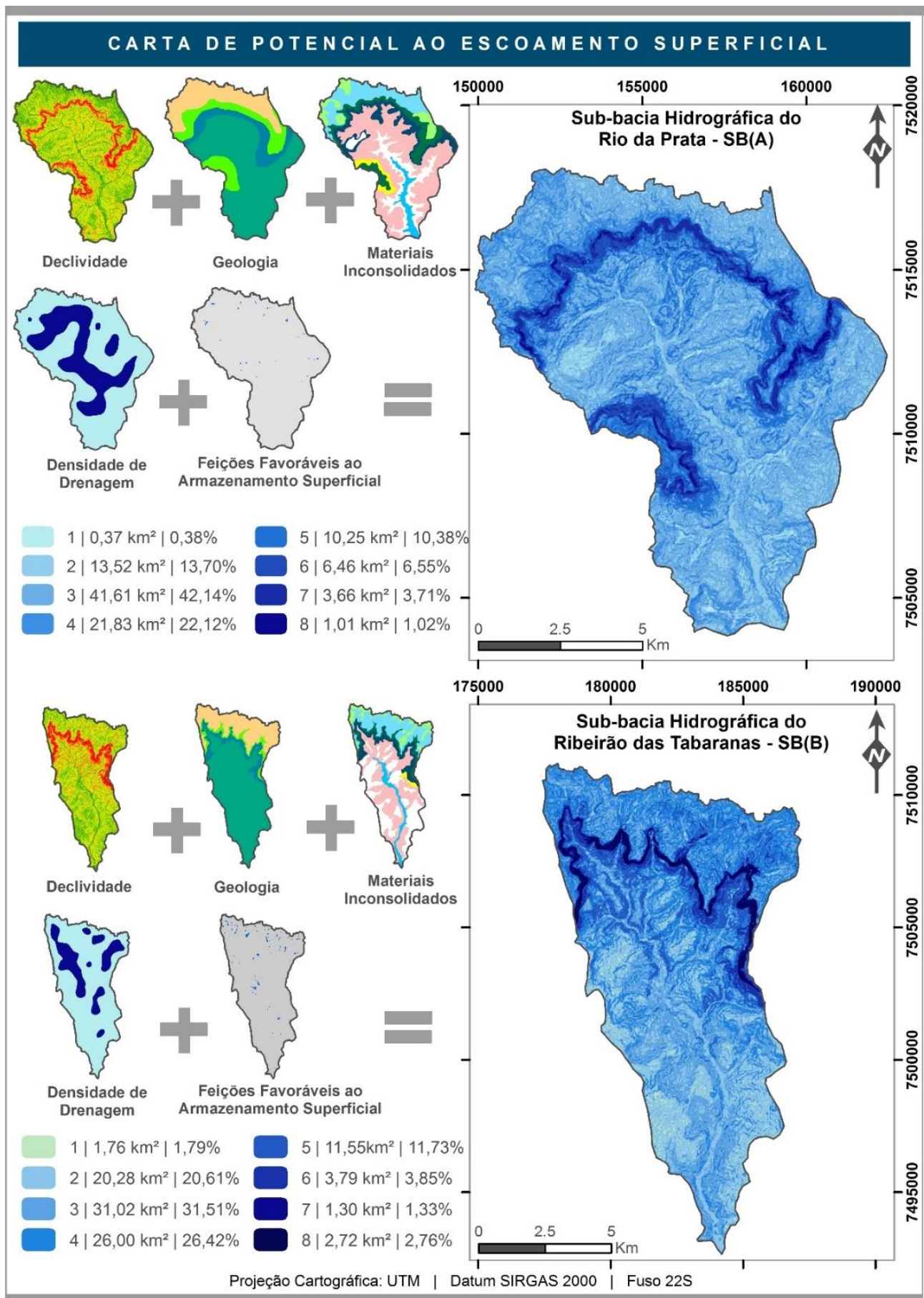


Figura 69 - Cartas de Potencial ao escoamento Superficial do Par 1.



Em relação ao relevo, as áreas apresentam declividade acentuada (>45%) no extremo norte, mais especificamente na Serra de Torrinha situada na SB(A) e na Serra de São Pedro na SB(B); no restante, as declividades são baixas a medianas. A amplitude altimétrica é 326m e 483m, respectivamente, para a SB(A) e a SB(B). De acordo com a morfometria das áreas, a densidade de drenagem caracteriza-se por ser esparsa, pois acima de 60% da área total das sub-bacias hidrográficas, a densidade de drenagem é inferior a 2 km/km<sup>2</sup>.

Com base no mapeamento de lagoas e represas existentes nas sub-bacias hidrográficas, pode-se afirmar que não interferem de forma expressiva no escoamento superficial, uma vez que, estão bem distribuídas e ocupam pequenas áreas no terreno; porém, favorecem de forma pontual os processos de evaporação e infiltração, tendendo a diminuir o escoamento superficial (PEJON, 1992).

Avaliando as características físicas das sub-bacias hidrográficas, foi possível verificar, por meio das CPESs, que estas áreas apresentam muito baixo a baixo potencial, indicando maior capacidade de infiltração, enfatizando que normalmente o processo de infiltração de água no solo sofre influência da relação entre o escoamento e a quantidade das chuvas (KUMAR et al., 2021). O fator que contribui para uma maior velocidade de escoamento superficial consiste na presença da região declivosa próxima as suas cabeceiras, direcionando o fluxo de água precipitada para áreas planas, concentradas principalmente na porção central dessas sub-bacias hidrográficas.

O atributo antrópico, uso e cobertura do solo, justifica parcialmente as alterações de vazão neste par, pois a SB(A) apresenta áreas agrícolas de maior extensão quando comparada com a SB(B), porém, não utiliza água superficial para fins de irrigação, como constatado por Carvalho (2022). A SB(B) mesmo possuindo maior diversidade de culturas apresenta menor área cultivada que tendencialmente requer menos água, no entanto, consome em média uma vazão diária de 14m<sup>3</sup> para fins de irrigação. Ressalta-se que o Par 1 não possui áreas urbanas e industriais que fazem uso dos recursos hídricos superficiais. O setor pecuário e a população rural utilizam uma vazão média diária de 186,4m<sup>3</sup>/dia (pecuária) e 28,7m<sup>3</sup>/dia (população rural) na SB(A), e 196,5m<sup>3</sup>/dia (pecuária) e 65,1m<sup>3</sup>/dia (população rural) (CARVALHO, 2022).

Com relação às áreas de vegetação natural, as SB(A) e SB(B) compreendem respectivamente, 32,52km<sup>2</sup> e 37,66km<sup>2</sup>. A SB(A) destaca-se basicamente nas atividades agrícolas com a produção de cana-de-açúcar (28,66km<sup>2</sup>), cultura de citros (laranja, tangerina, limão) (7,26km<sup>2</sup>) e café (0,04km<sup>2</sup>), enquanto, a SB(B) além de apresentar esses cultivos, integra lavoura permanente de abacate e café (3,52km<sup>2</sup>), bem como lavoura temporária de mandioca (7,05km<sup>2</sup>).

#### **6.4.2 PAR 2 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira-SB(C) e Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros-SB(D)**

A divergência na vazão dessas sub-bacias hidrográficas pode ser percebida na maioria dos meses analisados, esta situação pode estar diretamente relacionada com o uso da água para a irrigação e/ou pulverização e no processo de beneficiamento de citros (laranja, tangerina, limão), na SB(D). Além disso, há o cultivo de cana-de-açúcar, como matéria-prima para a produção de açúcar e etanol, onde também pode haver demanda de água para a fertirrigação da cultura, ou seja, as vazões em SB(D) são menores devido às atividades antrópicas (demandas de água superficial para agricultura irrigada, além da pecuária).

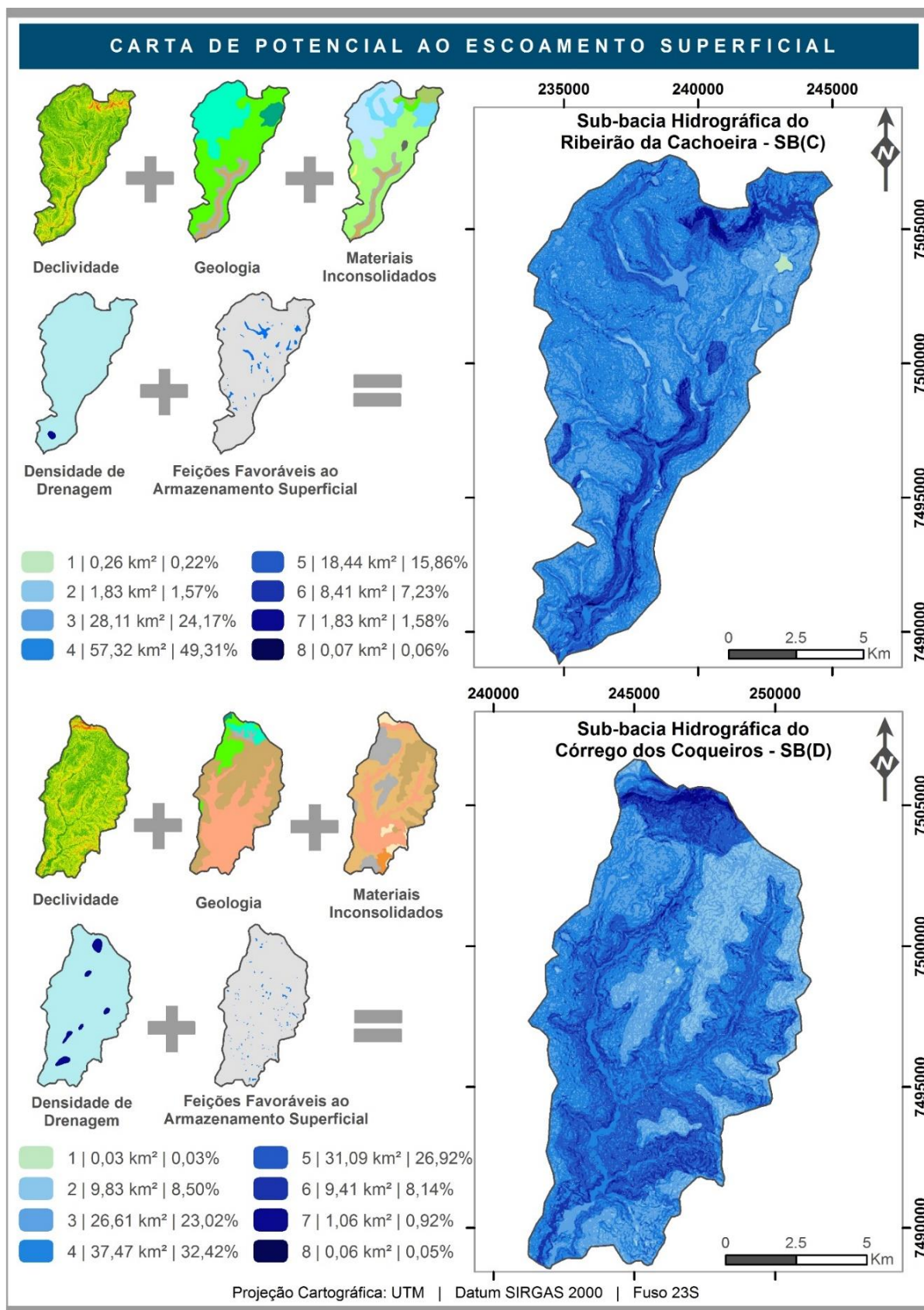
A SB(C) se caracteriza por ser uma região com monocultivo da cana-de-açúcar em evidência e para a melhor produtividade da cultura pode-se realizar a irrigação e a fertirrigação; no entanto, é nítido que as suas vazões aferidas em campo são maiores ao comparar com as vazões da SB(D) e constata-se que não se utiliza irrigação para toda área plantada na SB(C) (Figura 70).

A SB(D) apresenta uma demanda potencial de água na agricultura considerando culturas temporárias como cana-de-açúcar, mandioca, milho, soja, que podem usufruir da água na ordem, respectivamente, 39.389,8 m<sup>3</sup>/dia, 99,9 m<sup>3</sup>/dia, 170,9 m<sup>3</sup>/dia, 50,4m<sup>3</sup>/dia. Em relação às lavouras permanentes, as áreas de bananeira podem apresentar demanda potencial de 176,8m<sup>3</sup>/dia, citricultura 4266,7m<sup>3</sup>/dia, 126,1m<sup>3</sup>/dia para cafeeiro, 22,0m<sup>3</sup>/dia para manga. Além disso, há existência de viveiros como uma atividade econômica consolidada na SB(D) que usa água para irrigação de mudas nativas, exóticas, frutíferas e ornamentais (CARVALHO et al., 2021).

No estudo de Wang; Chen; Yu (2016) desenvolvido para a bacia hidrográfica do Rio Luan, na China, mostra que as ações antrópicas têm um efeito maior nas mudanças de fluxo do que o próprio clima. A variação do clima contribuiu com 40,89% enquanto as atividades antrópicas atingiram 59,11% em relação à variação anual do fluxo. No período seco, entende-se que as alterações na vazão dos rios decorrente das atividades antrópicas podem ser consideradas mais relevantes do que aquelas atribuídas à mudança climática (PIRNIA et al., 2019).

Diante disto, ao considerar o período analisado, observa-se que a SB(D) apresenta o uso mais diversificado dos recursos hídricos quando comparada com SB(C), pois esta apresenta o predomínio do cultivo de cana-de-açúcar, e a existência de duas represas que abastecem a área urbana do município de Iracemápolis. Com base nas características do meio natural, constata-se que o escoamento superficial tem potencialidade de ser muito baixo a médio nas sub-bacias hidrográficas, pois apresenta um percentual acima de 60% da área total. No entanto, outro motivo que justifica a

alteração entre as vazões se relaciona com o meio físico da SB(D), pois a associação de solos de textura fina com regiões que apresentam maior potencial de escoamento, possibilita diminuir a infiltração no período chuvoso, o que reduz o escoamento de base no período de estiagem.



**Figura 70** - Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial do Par 2.

As classes de baixo escoamento superficial potencial nestas áreas se devem principalmente pela predominância de relevo plano nas sub-bacias hidrográficas. Os solos que as compõem apresentam maior fração de silte e argila, com espessuras >5m na SB(C) e variando de 0,5m podendo atingir profundidades acima de 5m na SB(D); mesmo que essas propriedades físicas destes solos não proporcionem baixo escoamento, associadas com a baixa inclinação do terreno, as características geológicas e a baixa densidade de drenagem se configuram em regiões onde o fluxo escoar mais lentamente, contribuindo com o processo de evaporação e mais discretamente com a infiltração. O alto potencial de escoamento se concentra na região norte de ambas as áreas, por apresentar inclinação acentuada (> 30%) contribuindo para maior velocidade de escoamento superficial.

#### **6.4.3 PAR 3 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças-SB(E) e Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão Jacaré-SB(F)**

No período de análise das variáveis hidrológicas, pôde-se notar que o Par 3 apresentou variações entre a chuva e a vazão. Esta ocorrência pode estar associada diretamente às unidades geológicas predominantes, pois a SB(E) apresenta maior ocorrência de Granitóides Indiferenciados, mais especificamente em áreas com menores declividades. A alteração desta litologia origina materiais inconsolidados residuais de textura arenosa e baixa compactidade. Enquanto, na SB(F) há presença de Biotita-Gnaisses, cuja alteração oriundam solos de consistência média, com textura mais fina (siltosa e argilosa), correspondendo maior potencial ao escoamento superficial (Figura 71).

As características de substrato rochoso e perfis de solos em regiões com menor declive na SB(E) favorecem o processo de infiltração da água, quando comparada com a SB(F), dessa forma, essa condição pode esclarecer as menores vazões, mesmo com a ocorrência de maiores precipitações na SB(E).

O uso e cobertura do solo também consiste em um outro atributo que pode estar contribuindo com as alterações nas vazões. As atividades antropogênicas realizadas neste par de sub-bacias hidrográficas se distam de forma notória. Na SB(E) predomina a prática da silvicultura correspondendo a 37,44% da sua área total, sendo um tipo de cultura que apresenta alta demanda de água para seu desenvolvimento. Nesta sub-bacia hidrográfica não há destaque nos setores agrícola e industrial. Porém no setor pecuário, estão instaladas granjas de frangos para corte que utilizam da água para dessedentação dos animais e para limpeza.

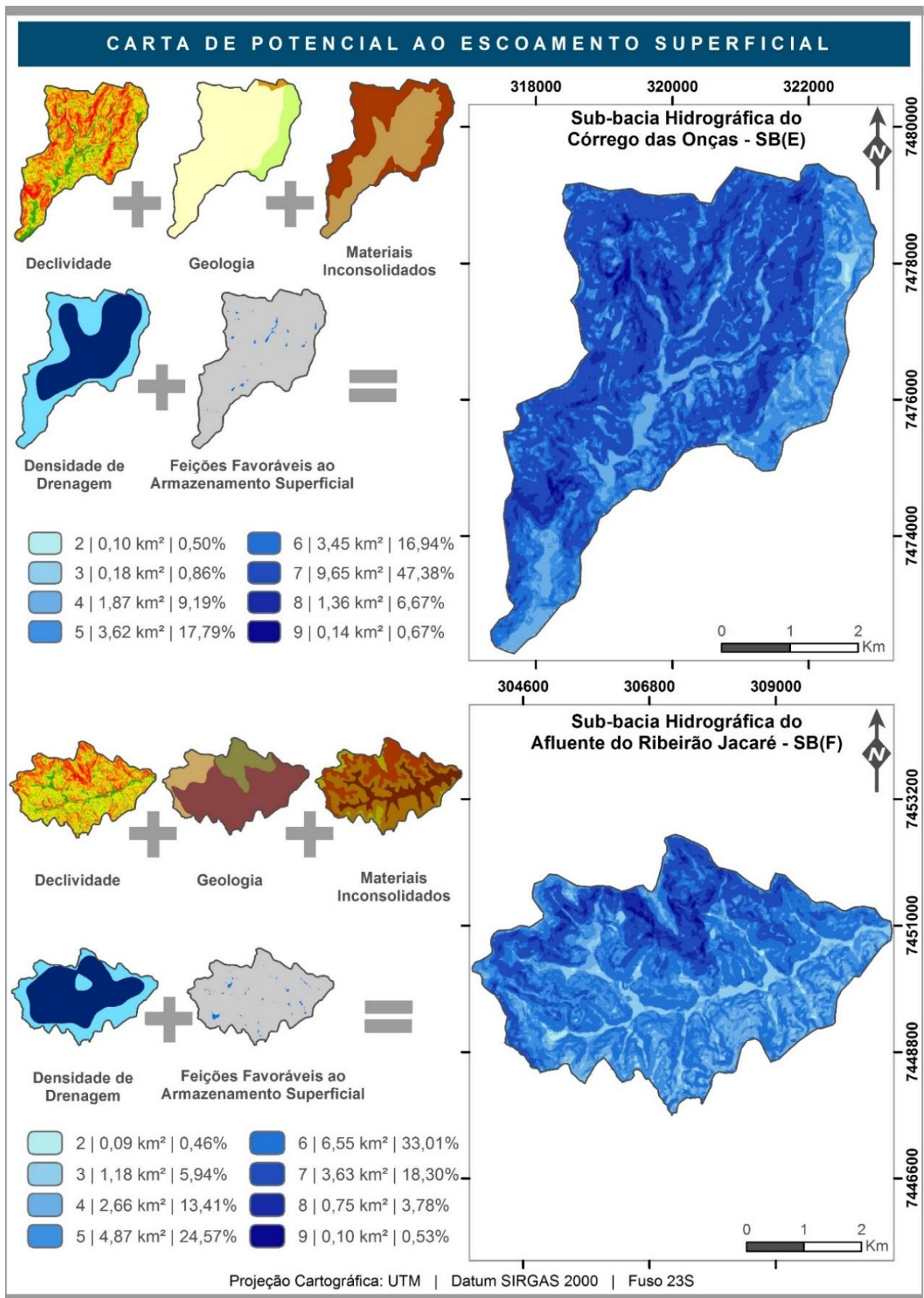


Figura 71 - Cartas de Potencial ao escoamento Superficial do Par 3.

Com relação a SB(F), esta apresenta 9,63% de área urbanizada, correspondendo aos condomínios residenciais. Distintamente da SB(E), há presença de indústrias de vários ramos de atividades, como têxtil, fabricação de papelão, fabricação de artigos para animais domésticos, fabricação de impermeabilizantes. Quanto ao setor agrícola, há pontualmente os cultivos de uva, caqui e pêssigo. Também nesta sub-bacia hidrográfica há granjas de frangos para corte.

Por estarem localizadas na porção leste da BHRP, essas áreas hidrográficas apresentam rede de drenagem do tipo dendrítica. As características físicas das SB(E) e SB(F) contribuem com a oferta hídrica superficial, disposta em áreas de drenagem menores, quando comparada com a porção oeste da BHRP, que apresenta sub-bacias hidrográficas de maiores extensões e rede de drenagem mais esparsa.

Os barramentos, as lagoas e as represas que consistem como feições favoráveis ao armazenamento superficial, existentes nas sub-bacias hidrográficas do Par 3, não influenciam expressivamente no processo de escoamento superficial, uma vez que estão bem espacializadas e ocupam pequenas extensões no terreno, porém, colabora de forma pontual com os processos de evaporação e a infiltração.

#### **6.4.4 PAR 4 - Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga-SB(G) e Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Boa Morte-SB(H)**

Ao comparar a SB(G) e a SB(H), pode-se notar que o comportamento hidrológico é parecido, isso é decorrente da semelhança quanto às suas características físicas (Figura 72), no entanto, no mês de novembro de 2019, as vazões se diferenciaram, isto pode estar condicionado pela ocorrência de chuva próxima ao momento de aferição da velocidade de fluxo. Embora tenham sido semelhantes os volumes precipitados nas últimas 24 horas, a SB(G) apresenta baixas a médias declividades (<2 a 20%) correspondendo a mais de 60% da sua extensão total, que proporcionam um maior tempo de concentração da água, diferente da SB(H).

Com relação ao meio antrópico, estas sub-bacias hidrográficas apresentam diferenças significativas, pois a SB(G) atua no cultivo de flores e morango, demandando água para a irrigação. A SB(H) é composta pela cultura de eucalipto, que representa 22,38% da sua área total, além de ser caracterizada por ser uma área com chacreamento e não se destaca no cultivo agrícola, possivelmente por apresentar relevo acidentado, o que dificulta as práticas de manejo.

Com base nas informações solicitadas e disponibilizadas pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE), a SB(G) possui 63 pontos de captações cadastrados, sendo 26 superficiais

(17 captações para uso irrigante) e 37 subterrâneas (22 captações para uso irrigante). A SB(H) apresenta 2 pontos, sendo 1, requerendo a dispensa de outorga para lançamento superficial e o outro, solicitando a dispensa de outorga de captação superficial.

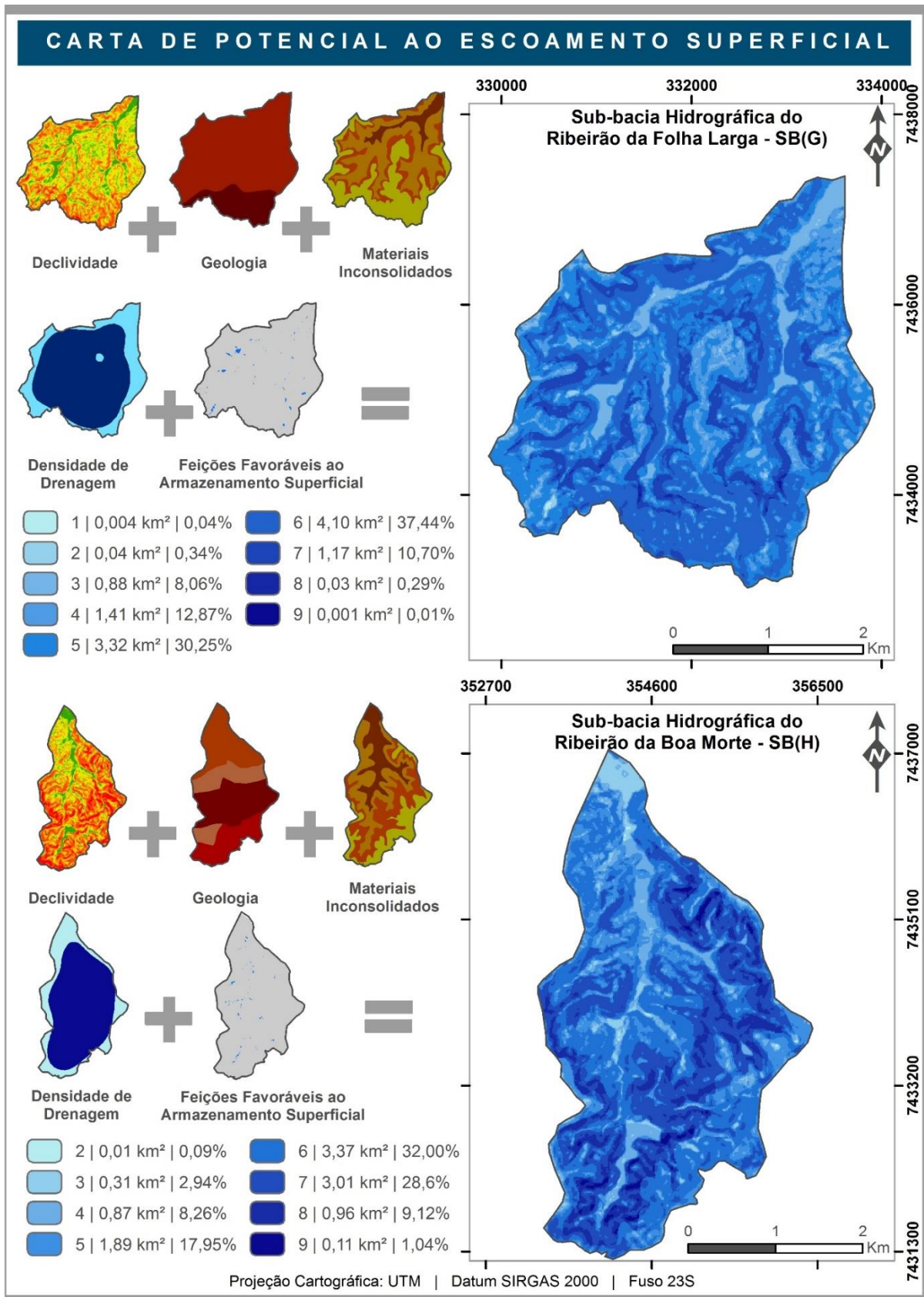


Figura 72 - Cartas de Potencial ao escoamento Superficial do Par 4.

Assim como no Par 3, essas sub-bacias hidrográficas apresentam extensões territoriais menores e rede de drenagem dentrítica, contribuindo naturalmente de forma discreta na oferta hídrica superficial. As feições favoráveis ao armazenamento superficial localizadas nas sub-bacias hidrográficas não interferem de maneira expressiva no escoamento superficial.

As SB(G) e SB(H) se localizam em terrenos cristalinos, cujos materiais inconsolidados mais frequentes nestas áreas correspondem à Unidade 7.2 (Laterítico arenoso (< 2m) / Saprolítico siltoso (< 3m) / Rocha alterada (< 2m) / Rocha sã), constituindo respectivamente, 36,49% e 31,15%. As propriedades deste solo, associadas aos demais atributos ambientais como, declividade, densidade de drenagem, geologia, caracterizam estas regiões com baixa a média potencialidade ao escoamento superficial na SB(G) e média a alta potencialidade na SB(H).

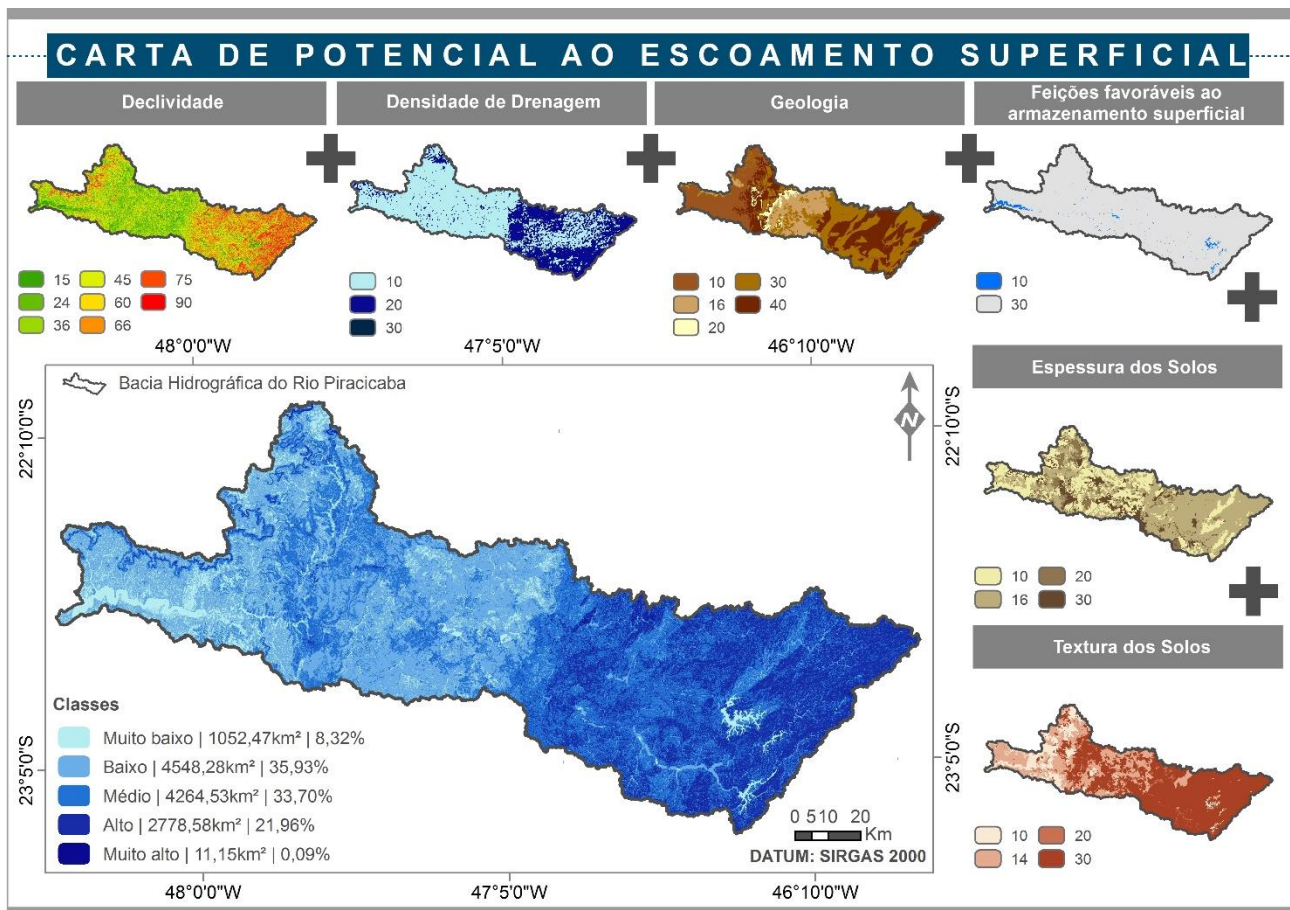
#### **6.4.5 Carta de Potencial ao Escoamento Superficial da BHRP**

Foram adotados para a BHRP, a declividade, a densidade de drenagem, as unidades litoestratigráficas, a espessura e a textura dos solos, e as feições favoráveis ao armazenamento superficial como planos de informações utilizados para a geração das Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial. Importante destacar que o processo de escoamento superficial na BHRP, pode ocorrer de forma distinta nas áreas leste e oeste. Percebe-se que na porção centro-oeste há maior evidência das classes muito baixo a médio potencial ao escoamento superficial, enquanto na porção centro-leste este processo pode apresentar potencialidade variando de média a muito alta.

Este fato é decorrente especificamente das características físicas dessa área de abrangência. Observa-se que no extremo oeste apresentam as menores declividades, ou seja, terrenos mais planos, com exceção da Serra de Torrinha e da Serra de São Pedro, no entanto, do centro da BHRP a sua cabeceira apresentam regiões com declives acentuados, que por sua vez, reflete no número de canais de drenagem, caracterizando essa região com maior densidade (2 - 5 a >5 canais/km<sup>2</sup>) ao comparar com a porção centro-oeste.

As feições favoráveis ao armazenamento superficial, não interferem significativamente no escoamento superficial da BHRP, mesmo que nessa área apresente uma grande quantidade de barramentos, lagoas e represas. No extremo leste, as represas do Jaquari e do Rio Atibainha são as feições mais perceptíveis que contribuem nos processos de evaporação e/ou infiltração de água (Figura 73).





**Figura 73** - Carta de Potencial ao escoamento Superficial da BHRP.

\*Os valores das legendas indicam o peso associado a cada classe dos planos de informação, apresentado no item 5.5.

Com relação as unidades litoestratigráficas, contribuem com maior escoamento na porção centro-leste onde ocorrem predomínio de terrenos cristalinos, com solos de textura predominantemente argilosa (como exemplo, Cambissolo Háplico - CX10; Associação de Cambissolo Háplico + Latossolo Amarelo/Vermelho-Amarelo - CX16; Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo/Vermelho + Cambissolo Háplico - LVA10; Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo Háplico - LVA16; Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa, álico + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A húmico textura argilosa, ambos fase relevo ondulado e forte ondulado - LVA19; Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA3; Associação Argissolo Vermelho-Amarelo/Amarelo + Cambissolo Háplico - PVA38).

Na região centro-oeste da BHRP, ocorrem solos cuja matriz normalmente é arenosa, como as classes PVA12 - Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média) + Neossolo Litólico (textura média); PVA14 - Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média ou média); PVA19 - Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média); PVA24 - Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média) + Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média e média); PVA28 - Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média) + Cambissolo Háplico

(textura média); RQ2 - Neossolo Quartzarênico (textura arenosa); RL15 - Associação de Neossolo Litólico (textura média) + Argissolo Vermelho-Amarelo (textura arenosa/média).

### **6.5 Cartas de Oferta Hídrica Superficial para o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada**

A oferta hídrica superficial em escala de bacia hidrográfica consiste na quantidade de água acumulada nos canais de drenagem e também na água local, compreendida como escoamento superficial e subsuperficial que ocorre em cada bacia hidrográfica, sendo igual à diferença entre a precipitação e a evapotranspiração em uma escala plurianual (DUAN et al., 2019).

Neste contexto, estão apresentadas e descritas neste item as COHSs, considerando o período de 2011 a 2020, para o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada. Essas cartas apresentam qualitativamente o nível das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação quanto à oferta hídrica superficial. O método qualitativo adotado neste trabalho permite o conhecimento prévio sobre a oferta hídrica superficial nas áreas estudadas, por meio de uma escala gradual. As COHSs envolvem 5 classes de oferta hídrica superficial que variam de Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta. No entanto, vale mencionar que para a definição da classificação de cada sub-bacia hidrográfica, adotou-se a classe de maior predominância em cada área de drenagem.

A execução dessas cartas consiste na ponderação dos planos de informação e de suas classes, a multiplicação dos pesos dos planos de informação com os pesos das respectivas classes e por fim, a soma. Para cada plano de informação e suas classes foram atribuídos pesos conforme apresentado no item 5.6. Os três planos de informação utilizados foram: a importância da abrangência territorial das sub-bacias hidrográficas; o potencial ao escoamento superficial; e, a diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real.

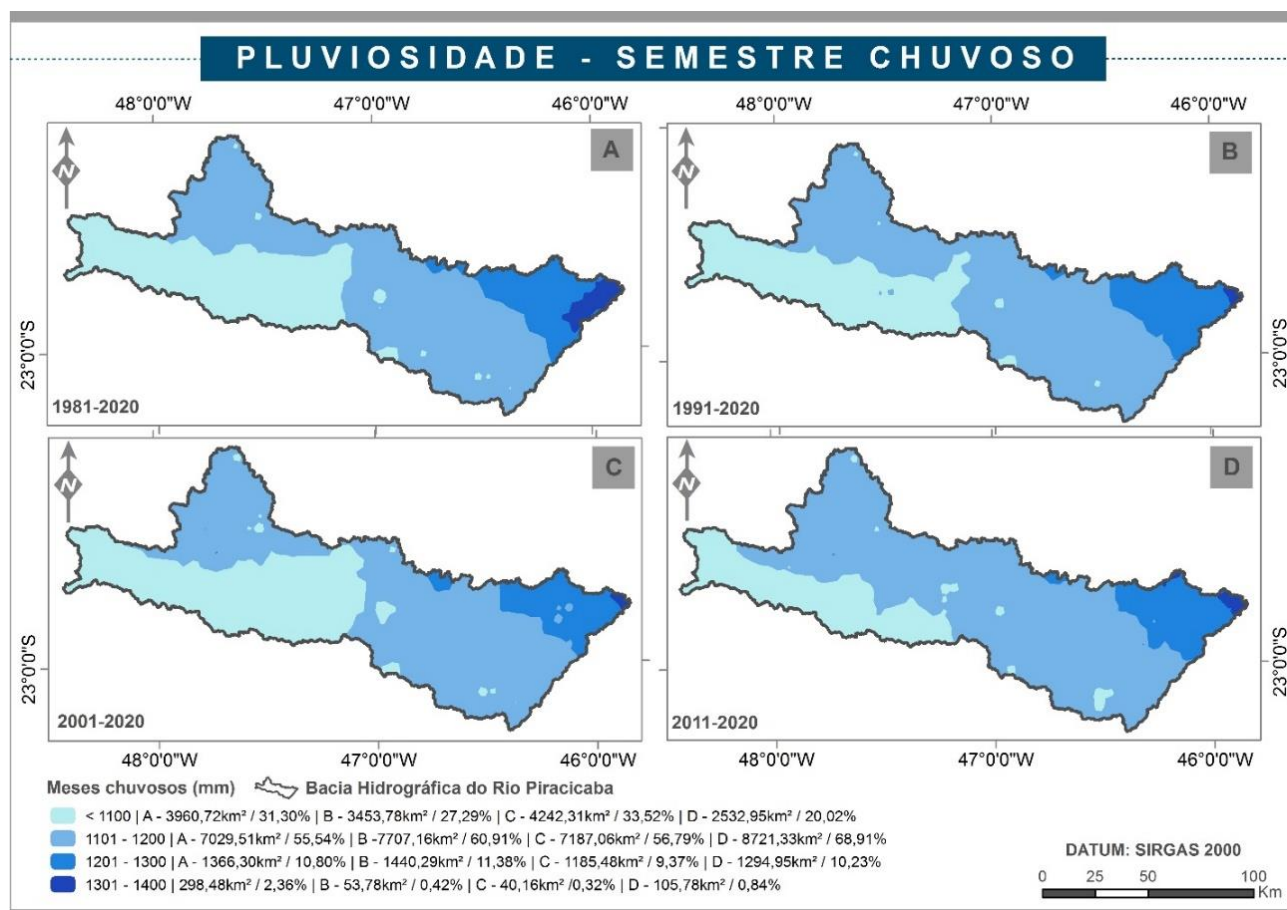
É importante ressaltar que a precipitação e a evapotranspiração são dois processos essenciais no ciclo hidrológico, sendo necessário caracterizá-los de forma temporal e espacial, visto que ambos apresentam grande importância na área de hidrologia, na gestão de recursos hídricos, no planejamento de áreas agricultáveis, entre outras (MIRALLES et al., 2020; MCNAMARA et al., 2021).

Considerando a extensão territorial da BHRP, a pluviosidade no semestre chuvoso sofre pouca variação nos intervalos de anos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020 e 2011-2020. Nota-se na Figura 74 que a distribuição de chuvas na BHRP se mantém constante nesses períodos, ressaltando que na porção centro-oeste ocorrem sempre os menores volumes de chuvas não ultrapassando os 1200mm

nos meses chuvosos, no entanto, essa variável aumenta no extremo leste, atingindo a marca de 1400mm.

Quando avaliados os meses secos, a BHRP também apresenta uma distribuição similar para os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020 e 2011-2020 (Figura 75). A quantidade precipitada (261 a 320mm) apresenta em maior evidência nos quatro períodos ultrapassando 60% da área total da BHRP. Fica explícito que na porção leste dessa área de abrangência precipita a maior quantidade de chuva nos meses secos, assim como nos meses chuvosos, como apresentado anteriormente, entretanto, tal situação não ocorre na porção mineira da BHRP.

Quanto a média acumulada, a distribuição de chuvas ocorrem similarmente nos quatro períodos analisados. É bem característico da região que no centro-oeste ocorrem as menores quantidades de precipitação (1201 a 1400mm), e o aumento de chuvas segue em direção a região centro-leste da BHRP, variando de 1401 a 1600mm (Figura 76).



**Figura 74** - Pluviosidade do semestre chuvoso considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.

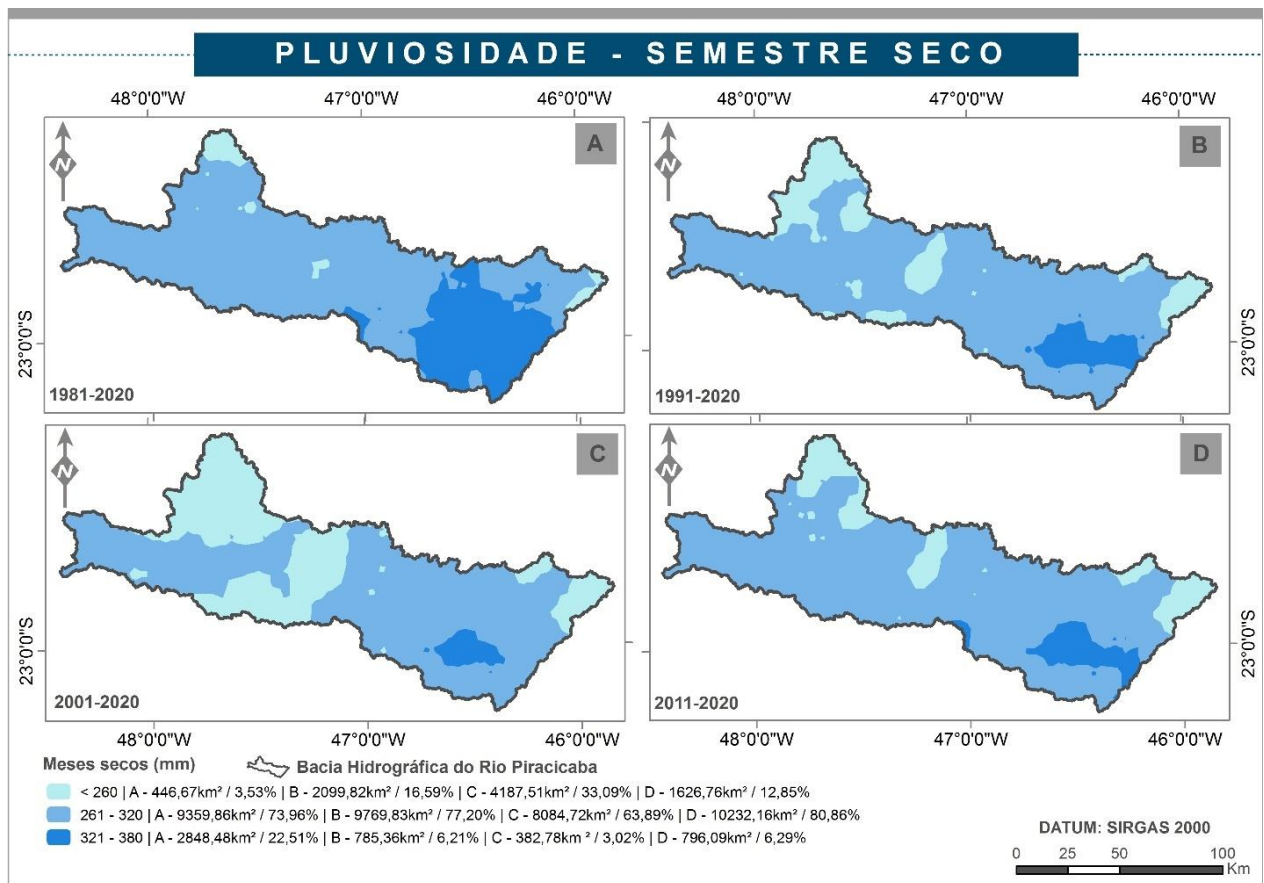


Figura 75 - Pluviosidade do semestre seco considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.

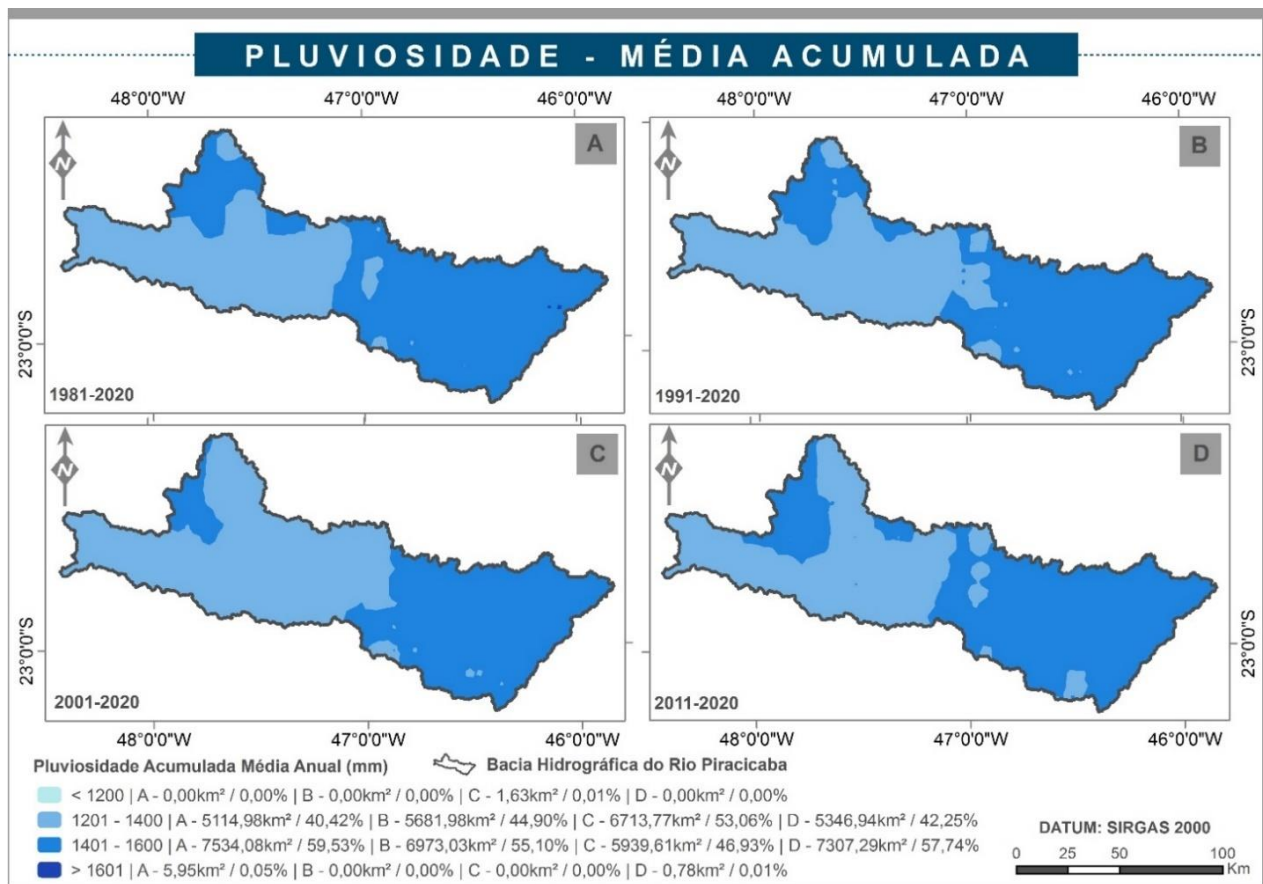


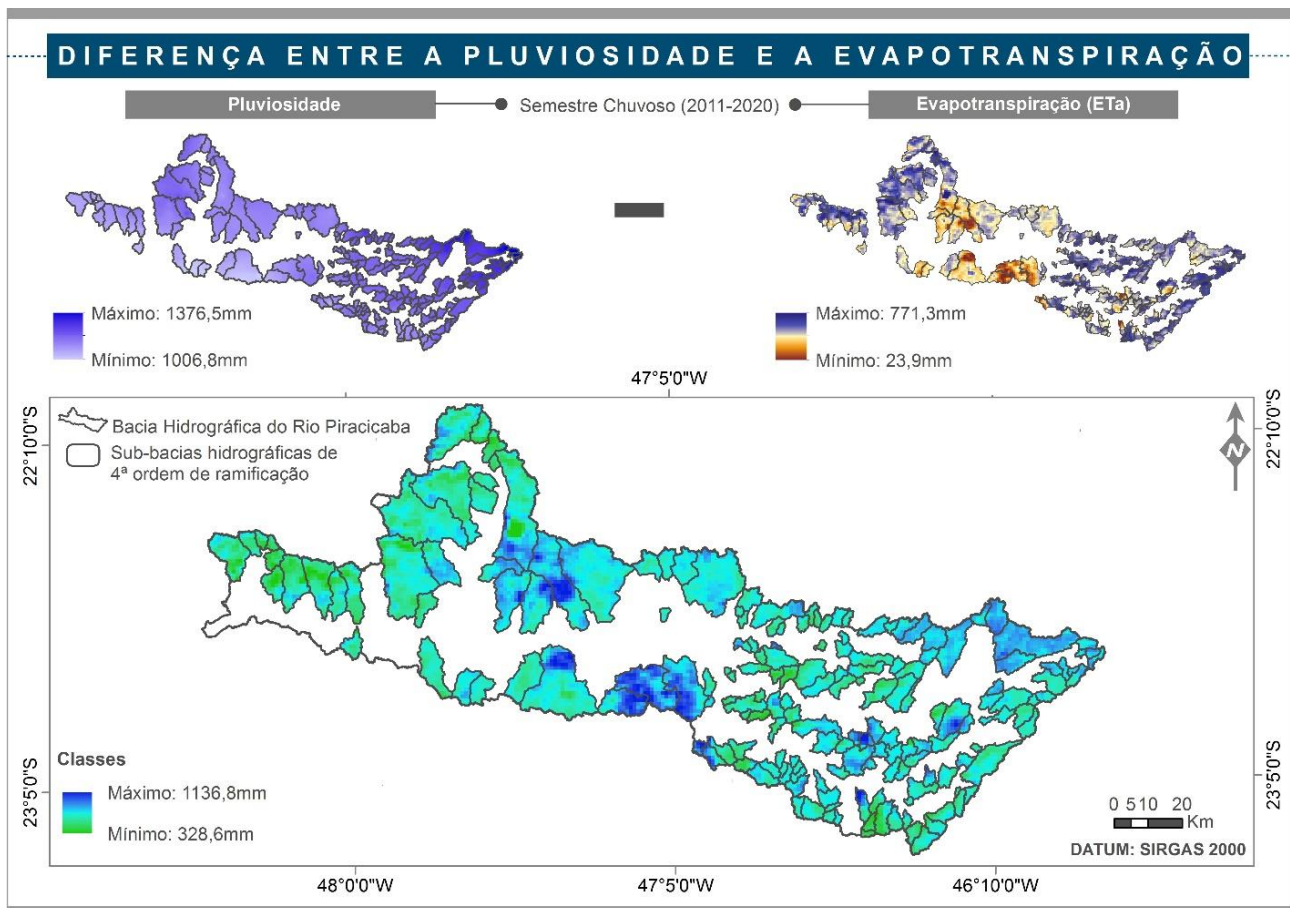
Figura 76 - Pluviosidade da média acumulada considerando os períodos de 1981-2020, 1991-2020, 2001-2020, 2011-2020.

Com relação a evapotranspiração entende-se que é um processo climático que influencia significativamente o equilíbrio hídrico de qualquer área, devido a evaporação da água presente no solo, a transpiração de culturas que incidem na perda de água (FAWZY et al., 2021), e a evaporação de rios, lagos e pântanos (LAIPELT et al., 2021). Devido a isso, foi considerado a evapotranspiração real na elaboração das COHSs, onde foram utilizados dados de sensoriamento remoto, adotando imagens do sensor MODIS, utilizando o modelo *Operational Simplified Surface Energy Balance* (SSEBop).

Esses dados de evapotranspiração por meio de sensores remotos estão cada vez mais sendo utilizados em várias regiões do mundo (CHUN et al., 2018; McNAMARA et al., 2021; YIN et al., 2021; AWADA et al., 2022; MEKONNEN; MELESSE; WOLDESENBET, 2022) devido a dificuldade em implementar os métodos diretos, como a evaporação de tanque e balanço d'água para captação e também os métodos experimentais como lisímetros (FAWZY et al., 2021), que são adotados em pequenas áreas. Além disso, a relação da precipitação e da evapotranspiração também é amplamente estudada (SHI et al., 2011; POLICELLI et al., 2019; ADEYERI; ISHOLA, 2021; WANG et al., 2022).

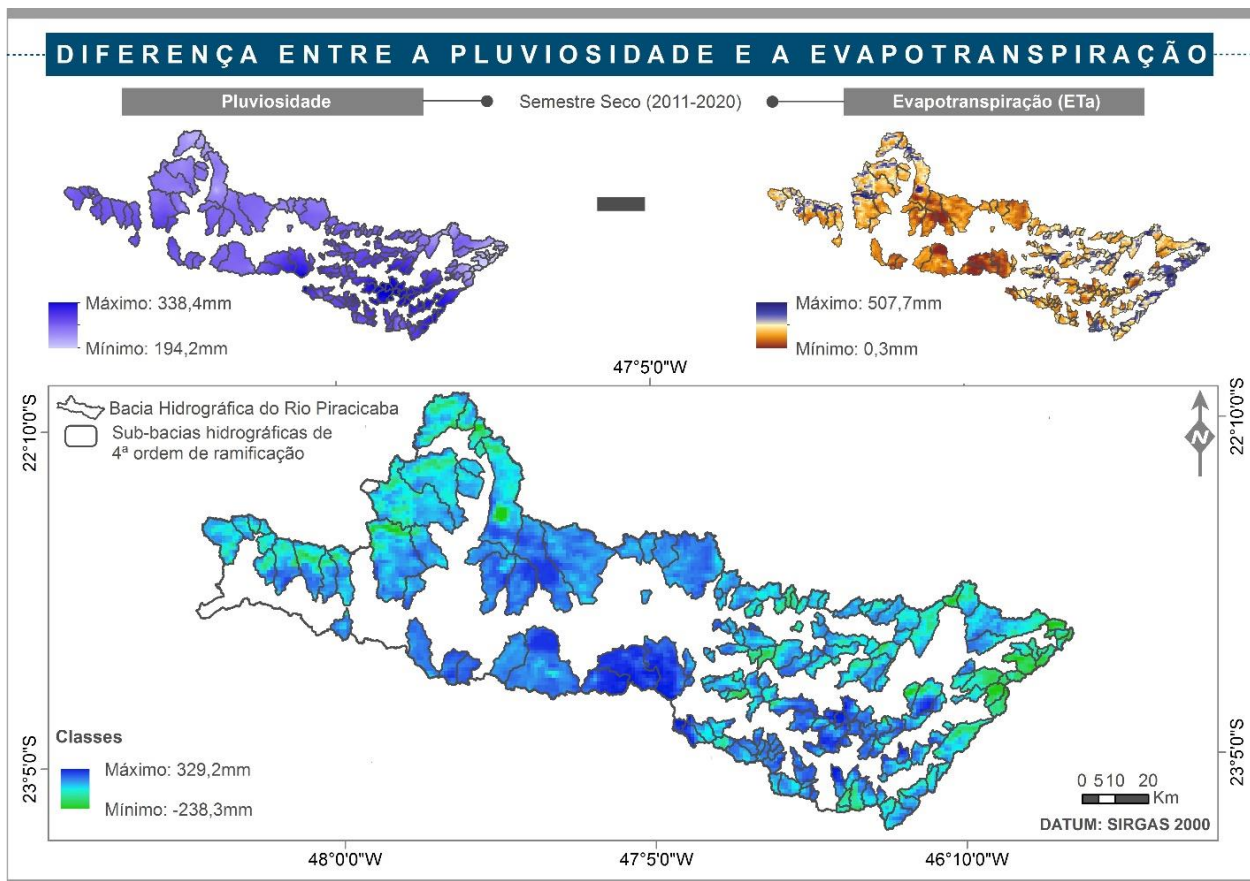
A diferença das duas variáveis climáticas (pluviosidade e evapotranspiração real) para as sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação estão apresentadas nas Figuras 77 a 79. No semestre chuvoso, nota-se que na porção central da BHRP ocorrem as menores quantidades precipitadas, bem como menores volumes de evapotranspiração. A situação adversa ocorre na porção leste, principalmente na área limítrofe da BHRP, onde essas duas variáveis climáticas apresentam maior volume. Também é notória na porção oeste próximo ao limite da BHRP, maior evapotranspiração variando predominantemente entre 300 a 600mm, e chuvas na ordem de 1101 a 1200mm.

Ao considerar o semestre seco, percebe-se que a pluviosidade não ultrapassa 261 a 320mm (Figura 75) em aproximadamente 81% da área da BHRP, considerando o período de 2011 a 2020, enquanto, a evapotranspiração real nas sub-bacias hidrográficas localizadas na porção central varia de 0,3 a 200mm. Nos extremos oeste e leste, este intervalo de evapotranspiração real refere-se predominantemente entre 100 a 400mm. Desse modo, a diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração (ETa) enquadra-se entre -238,3 a 329,2mm. É possível constatar que ocorre maior evapotranspiração nos extremos oeste e leste da BHRP, mais especificamente próximo ao seu limite fisiográfico, onde há predomínio de uma vegetação mais densa, compreendida por mata e/ou silvicultura.

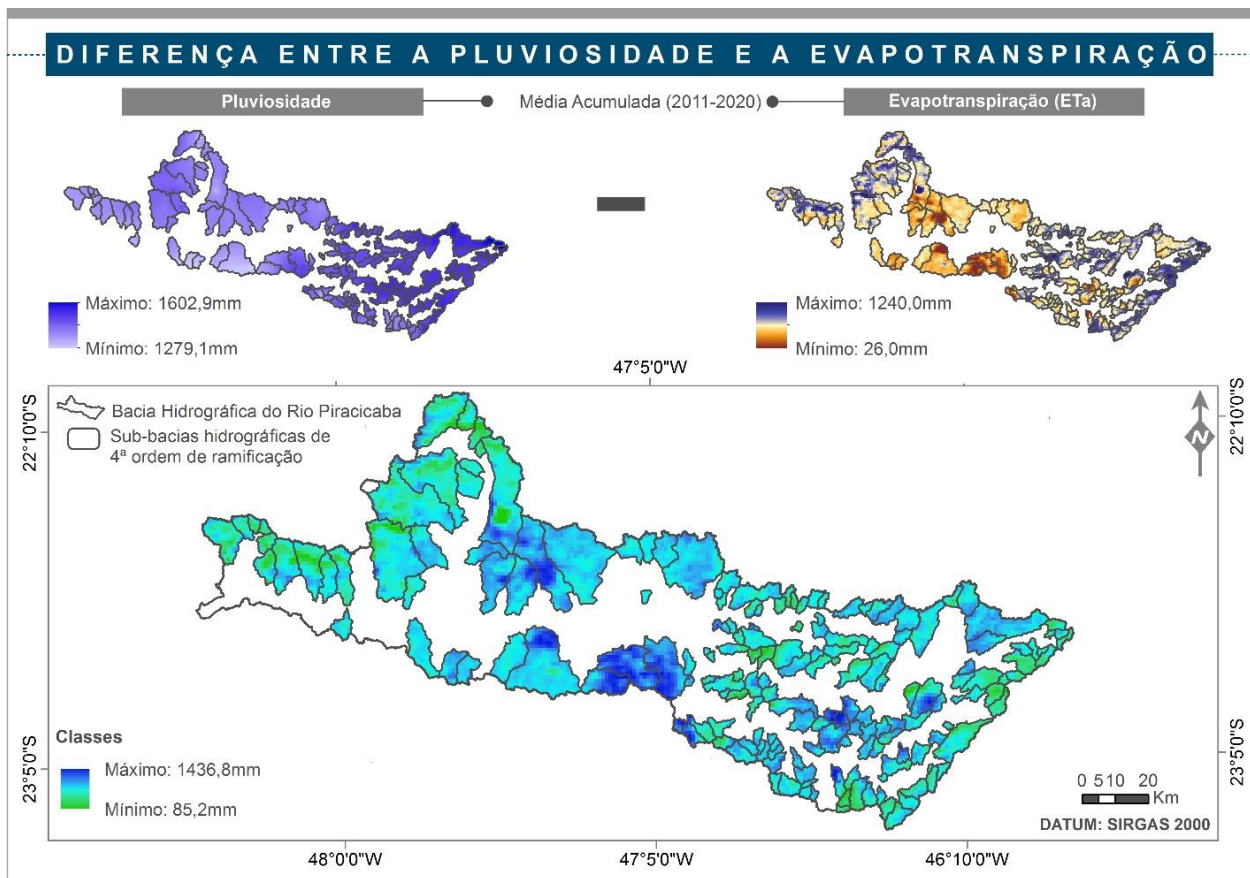


**Figura 77** - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando o semestre chuvoso do período de 2011 a 2020.

Na análise da média acumulada entre os anos de 2011 a 2020, pode-se afirmar que a evapotranspiração entre 300 a 600mm ocorre em mais de 55% da área total ocupada pelas sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem. Os valores inferiores de ETa estão situados na porção central da BHRP, onde situam-se áreas urbanizadas, enquanto valores acima deste intervalo estão distribuídos nos extremos leste e oeste. A precipitação diferencia na porção oeste e centro-leste da BHRP, sendo verificado que na primeira região precipita o intervalo de 1201 a 1400mm, enquanto a segunda, enquadra o número de 1401 a 1600mm. Dessa forma, o excedente resultante da diferença entre a pluviosidade e Eta atinge maior volume nas sub-bacias hidrográficas situadas no centro e em 7 sub-bacias hidrográficas situadas a leste da BHRP, enquanto, os volumes mais baixos ocorrem nos extremos oeste e leste.



**Figura 78** - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando o semestre seco do período de 2011 a 2020.



**Figura 79** - Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, considerando a média acumulada do período de 2011 a 2020.

Com relação a importância da abrangência territorial, pode-se perceber nas Figuras 81 a 83, que as sub-bacias hidrográficas localizadas no extremo oeste apresentam extensões notoriamente distintas quando comparadas com a região leste. O fato dessa ocorrência resume-se nas características físicas das áreas, especialmente com relação ao relevo, geomorfologia, geologia e tipos de solos, que refletem em morfometrias assimilares.

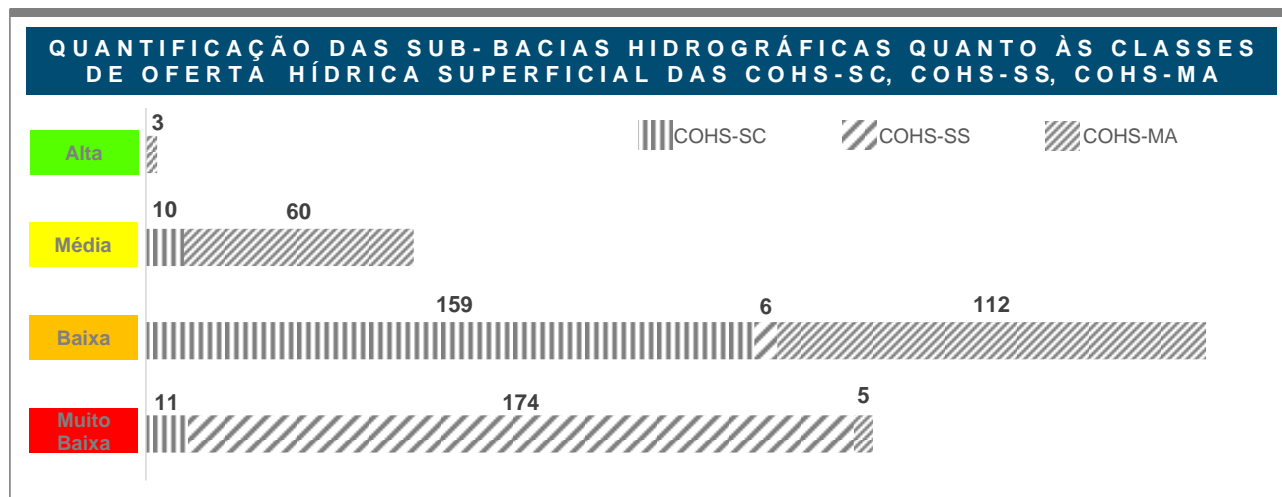
Do total das 180 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da BHRP, 136 estão situadas a leste, apresentando as menores extensões territoriais que variam de 2,9 a 77,6km<sup>2</sup>, com exceção de três sub-bacias hidrográficas que ocupam área de drenagem de 81,73km<sup>2</sup>, 90,65km<sup>2</sup> e 156,13km<sup>2</sup>. No centro-oeste situam-se as maiores sub-bacias hidrográficas cujas áreas enquadram-se no intervalo de 77,7 a 304,1km<sup>2</sup>. De modo geral, as sub-bacias hidrográficas de maior porte contribuem de forma significativa com a oferta hídrica superficial, enquanto, as áreas de menor abrangência territorial colaboram de forma discreta, isso ocorre em função das extensões das áreas de drenagem ao receberem o mesmo volume precipitado.

Quanto ao potencial de escoamento superficial nas sub-bacias hidrográficas, a região oeste da BHRP retrata áreas com muito baixo a médio escoamento, de acordo com suas especificidades, como os atributos do meio físico que envolvem as características físicas dos solos, o relevo, a geomorfologia, que favorece o processo de infiltração de água, contribuindo com a recarga do Aquífero Guarani, sendo este a principal unidade aquífera da Bacia Sedimentar do Paraná, que se sobressai em termos de reserva e produtividade de água subterrânea, por ser parcialmente livre e predominantemente confinado, com transmissividade alta. Além disso, coopera também com as recargas do Aquífero Serra Geral, que possui porosidade e permeabilidade associadas a fraturas, disjunções colunares e vesículas, e o Aquífero Tubarão, sendo semi-confinado a confinado e com transmissividade baixa (LORANDI et al., 2019).

Na porção leste, há ocorrência de áreas com médio a muito alto escoamento superficial, porém, estas áreas de drenagem são relativamente pequenas, convenientes com a morfometria que diverge consideravelmente da região oeste. Além disso, trata-se de uma região que não favorece a infiltração de água no solo, decorrente do embasamento cristalino que é constituído por rochas ígneas e metamórficas impermeáveis. De acordo com as características físicas dessas áreas, relacionadas a declives acentuados que proporcionam maior velocidade de escoamento superficial, permite constatar que no período de chuvas, essas áreas de drenagem podem contribuir com a oferta hídrica superficial de canais de drenagem com ordem de ramificação maior (LORANDI et al., 2019).



A Figura 80 mostra a quantidade de sub-bacias hidrográficas por classes de oferta hídrica superficial. Os mapas de evapotranspiração real e de pluviosidade dos anos de 2011 a 2020 utilizados para a elaboração das COHSs do semestre chuvoso, do semestre seco e da média acumulada estão apresentados no Apêndice I.



**Figura 80** - Quantificação das sub-bacias hidrográficas quanto as classes da Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Chuvoso (COHS-SC), da Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Seco (COHS-SS), da Carta de Oferta Hídrica Superficial da Média Acumulada (COHS-MA).

O Apêndice J apresenta a quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial e da diferença entre a pluviosidade e ETa para as 180 sub-bacias hidrográficas. No Apêndice K, as Figuras 122 a 130 apresentam a quantificação percentual de cada classe quanto a oferta hídrica superficial, também considerando os semestres chuvoso e seco, bem como a média acumulada, enquanto as Tabelas 49 a 51 apresentam a quantificação em km<sup>2</sup>.

### 6.5.1 COHS - Semestre Chuvoso

Ao considerar o período chuvoso, a COHS-SC apresenta 11 sub-bacias hidrográficas classificadas como Muito baixa oferta hídrica superficial, destas, 5 estão situadas na região centro-leste da BHRP que mesmo apresentando um potencial de escoamento superficial médio a alto, consistem em áreas relativamente pequenas que variam 7,12km<sup>2</sup> a 20,37km<sup>2</sup>, onde a diferença de pluviosidade e ETa enquadra-se entre 300 a 600mm. As outras 6, localizam-se no extremo oeste apresentando também áreas de drenagem pequenas que se enquadram entre 10,76km<sup>2</sup> a 46,55km<sup>2</sup>, com predomínio de muito baixo a médio potencial ao escoamento superficial e cujo excedente da diferença entre a chuva e a evapotranspiração enquadra-se na mesma variação das sub-bacias hidrográficas situadas a leste (Figura 81).

A classe Baixa está representada por 159 sub-bacias hidrográficas, deste total, 131 situam-se na porção leste, embora possuam predominantemente alta potencialidade ao escoamento superficial, e cuja diferença da pluviosidade e ETa varia basicamente entre 600 a 900mm, tendem apresentar menores vazões em virtude das suas áreas de abrangência.

Como classe Média foram definidas 10 sub-bacias hidrográficas, sendo 7 localizadas no extremo oeste, apresentando maiores extensões territoriais e também a diferença entre pluviosidade e ETa enquadram-se predominantemente entre 600 a 900mm. Ao leste, apenas 3 sub-bacias hidrográficas classificaram-se como Média, em decorrência, principalmente, da diferença entre a pluviosidade e a ETa (900 a 1200mm) e o médio a alto potencial ao escoamento superficial que contribui discretamente com o fluxo dos rios.

### **6.5.2 COHS - Semestre Seco**

No semestre seco, a combinação dos baixos volumes precipitados, a diferença da pluviosidade e evapotranspiração real inferior a 300mm, associados com as menores áreas de drenagem na porção leste, fez com que 174 sub-bacias hidrográficas fossem classificadas como Muito baixa.

A região oeste apresenta 6 sub-bacias hidrográficas classificadas como Baixa oferta hídrica superficial, embora ocupem maiores áreas hidrográficas (de 232,70km<sup>2</sup> a 304,07km<sup>2</sup>), esta classificação se reflete no predomínio do potencial ao escoamento superficial muito baixo a baixo, além do menor volume de chuva precipitado no período seco (Figura 82).

### **6.5.3 COHS - Média Acumulada**

Com relação a média acumulada, as sub-bacias hidrográficas foram classificadas em Muito baixa a Alta oferta hídrica superficial, sendo, 5 classificadas como Muito baixa, 112 como Baixa, 60 como Média e 3 como Alta oferta hídrica superficial (Figura 83).

A espacialização das classes ocorre do seguinte modo: As 5 sub-bacias hidrográficas classificadas como Muito baixa estão situadas na porção leste, mesmo apresentando características físicas que permitem médio a alto potencial ao escoamento superficial, esta condição associada as pequenas áreas de drenagem que variam de 12,43km<sup>2</sup> a 21,68km<sup>2</sup>, e com a diferença entre a pluviosidade e a ETa predominantemente entre 300 a 600mm, podem contribuir discretamente na oferta hídrica superficial.

Do total das 112 sub-bacias classificadas como Baixa, 88 estão situadas na região leste, receberam essa classificação em decorrência das menores áreas de drenagem. Nestas áreas são constatadas a diferença entre chuva e ETa no intervalo de 600 a 900mm. Enquanto, as 23 localizadas na porção oeste destacam menores volumes precipitados de chuva, seguido por muito baixo a baixo potencial ao escoamento superficial, o que favorece o abastecimento de aquíferos.

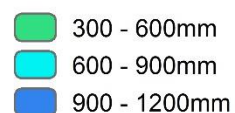
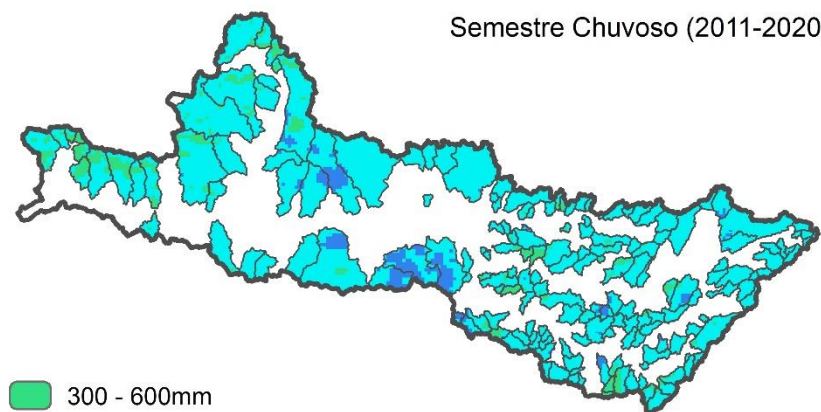
A classe Média foi representada por 60 sub-bacias hidrográficas, destas, 15 localizam-se na porção centro-oeste, apresentando abrangências territoriais bem maiores, cuja diferença entre a pluviosidade e ETa se enquadra predominantemente entre 600mm a 1200mm, porém, apresenta potencial ao escoamento superficial muito baixo a médio.

Com Alta oferta hídrica superficial classificaram-se 3 sub-bacias hidrográficas, sendo 2 situadas na área central da BHRP, recebendo essa classificação devido apresentarem uma área de abrangência considerável (274,28km<sup>2</sup> e 304,07km<sup>2</sup>), e o excedente da chuva menos a ETa entre 900 a 1200mm. Com relação aos aspectos do meio físico, é possível constatar que estas sub-bacias hidrográficas possuem baixa potencialidade ao escoamento superficial. Do lado leste, a sub-bacia hidrográfica que classificou-se como alta consiste em uma área relativamente pequena, no entanto, apresenta uma diferença de pluviosidade e ETa acima de 1200mm, associada a uma potencialidade média a alta quanto ao escoamento superficial.

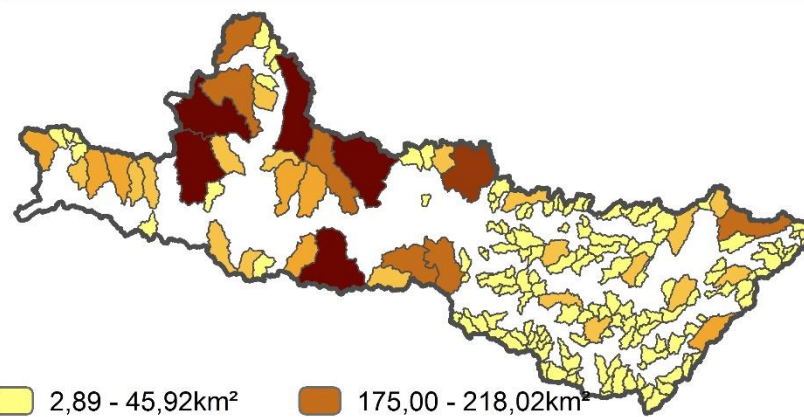
# CARTA DE OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL - COHS-SC

Diferença entre Pluviosidade e Evapotranspiração (ETa)

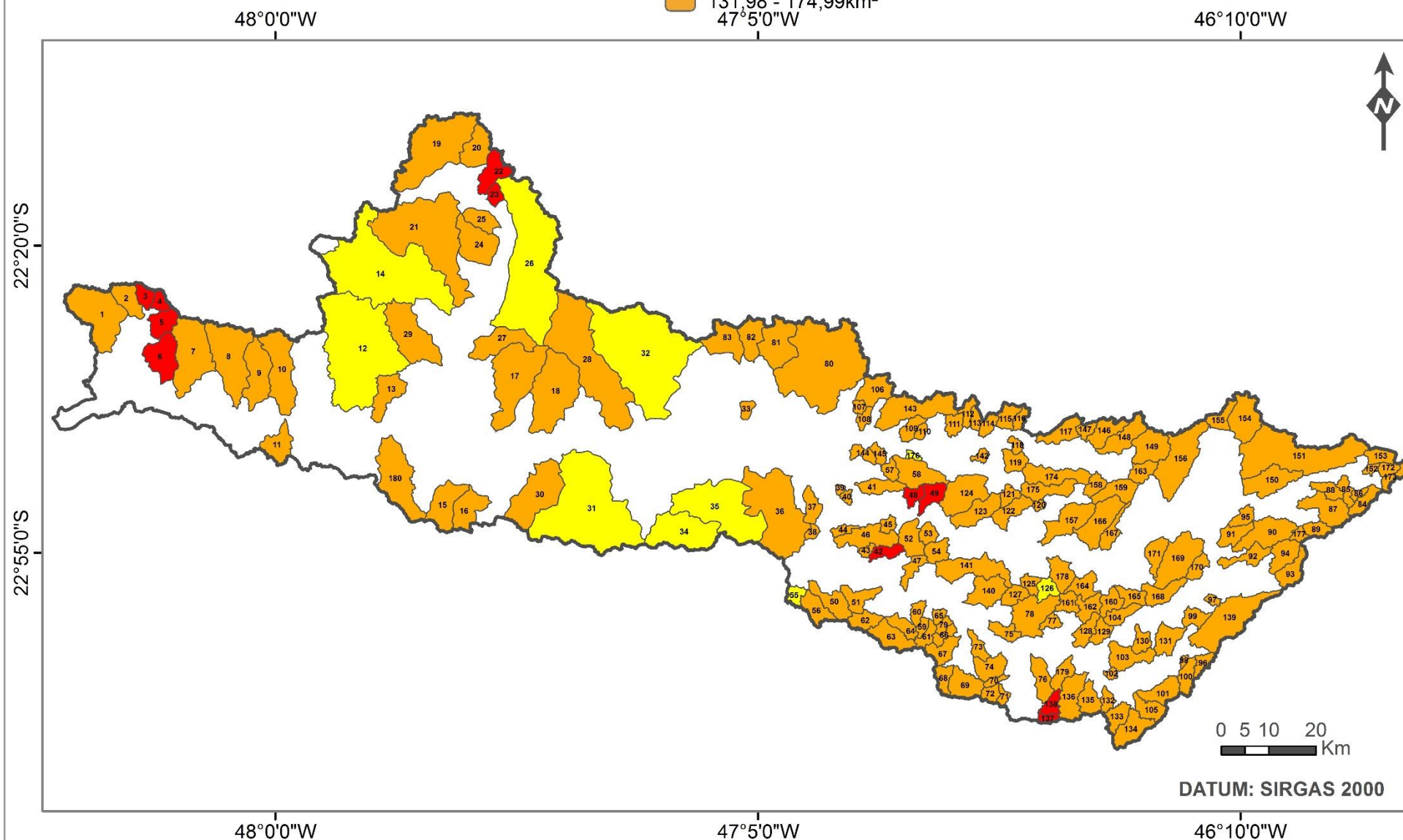
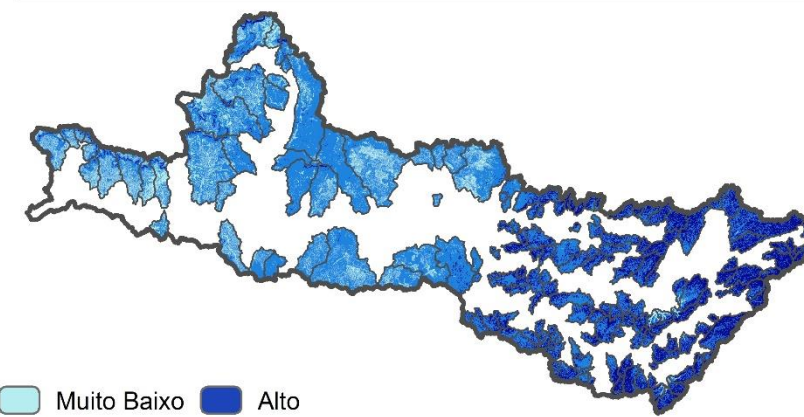
Semestre Chuvoso (2011-2020)



Carta de Importância da Abrangência Territorial



Carta de Potencial ao Escoamento Superficial



Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

COHS-SC

- 11 sub-bacias hidrográficas
- 159 sub-bacias hidrográficas
- 10 sub-bacias hidrográficas



Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Ciências Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAm)

Título: Proposição de uma sistemática para avaliação qualitativa da oferta hídrica superficial aplicada em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Região Sudeste do Estado de São Paulo

Autora: Ana Claudia Pereira Carvalho (2022)

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

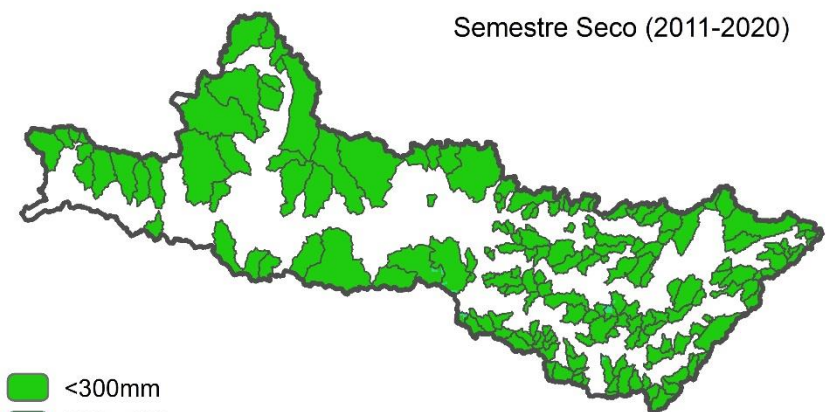
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares

Figura 81 - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando o semestre chuvoso.

# CARTA DE OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL - COHS-SS

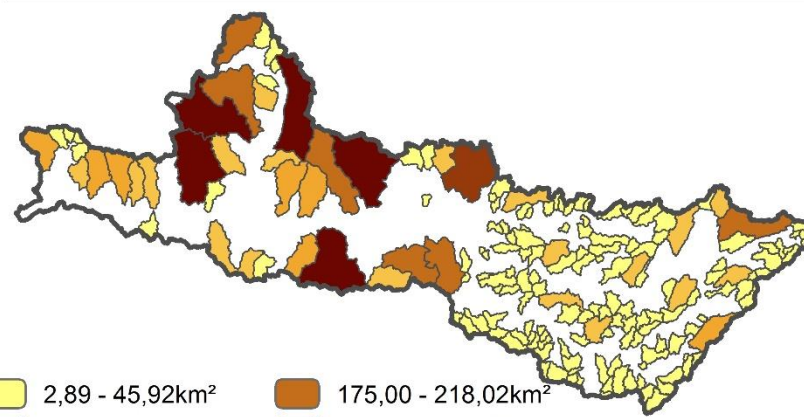
Diferença entre Pluviosidade e Evapotranspiração (ETa)

Semestre Seco (2011-2020)



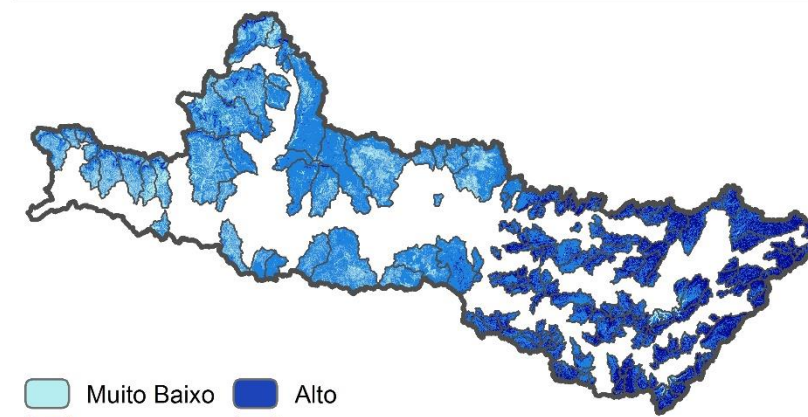
- <300mm
- 300 - 600mm

Carta de Importância da Abrangência Territorial



- 2,89 - 45,92km<sup>2</sup>
- 45,93 - 88,94km<sup>2</sup>
- 88,95 - 131,97km<sup>2</sup>
- 131,98 - 174,99km<sup>2</sup>
- 175,00 - 218,02km<sup>2</sup>
- 218,03 - 261,04km<sup>2</sup>
- 261,05 - 304,07km<sup>2</sup>

Carta de Potencial ao Escoamento Superficial

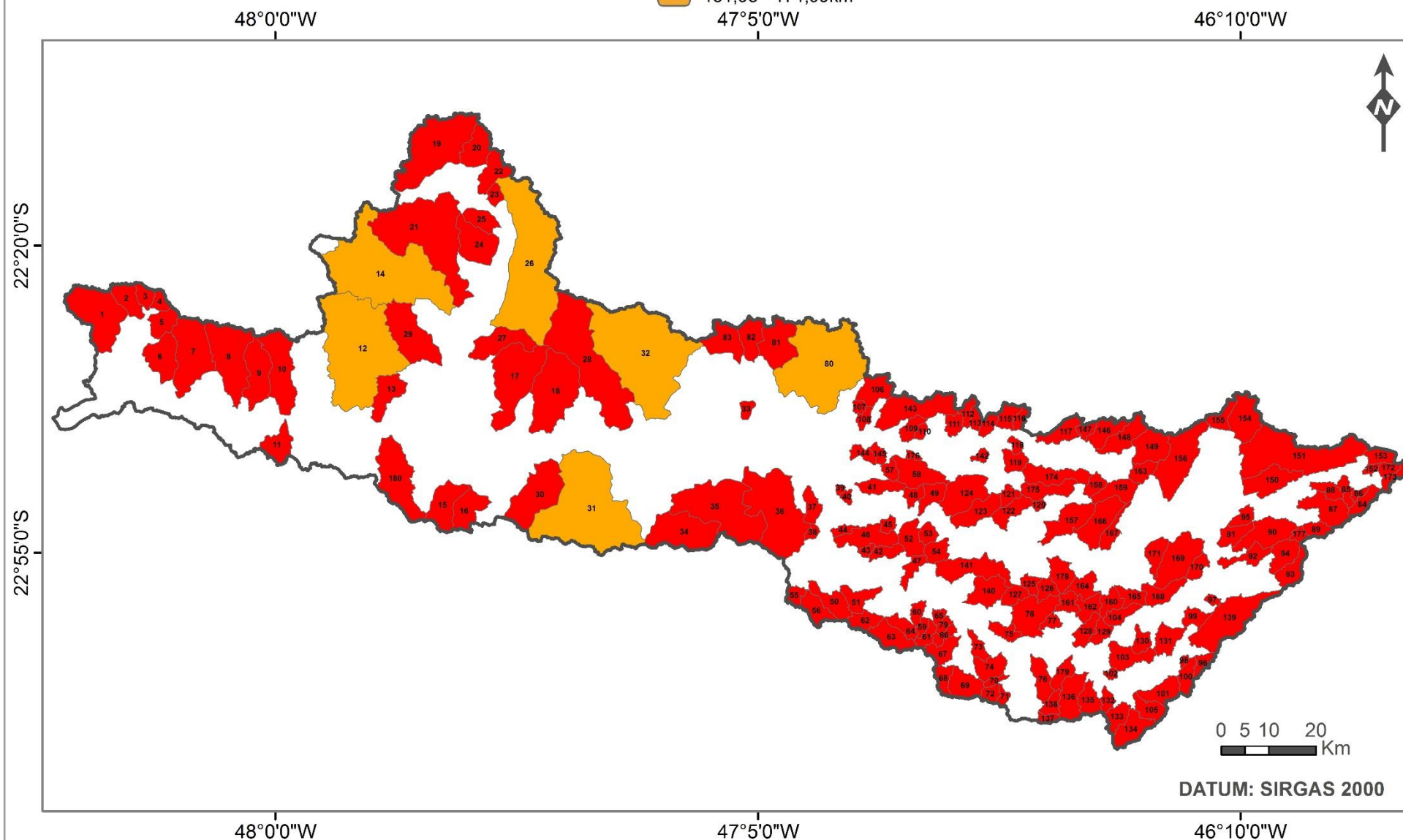


- Muito Baixo
- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito Alto

Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

**COHS-SS**

- 174 sub-bacias hidrográficas
- 6 sub-bacias hidrográficas



**Universidade Federal de São Carlos**  
Departamento de Ciências Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAm)

Título: Proposição de uma sistemática para avaliação qualitativa da oferta hídrica superficial aplicada em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Região Sudeste do Estado de São Paulo

Autora: Ana Claudia Pereira Carvalho (2022)

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

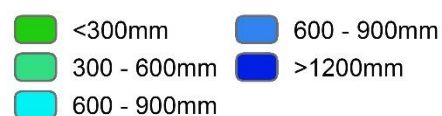
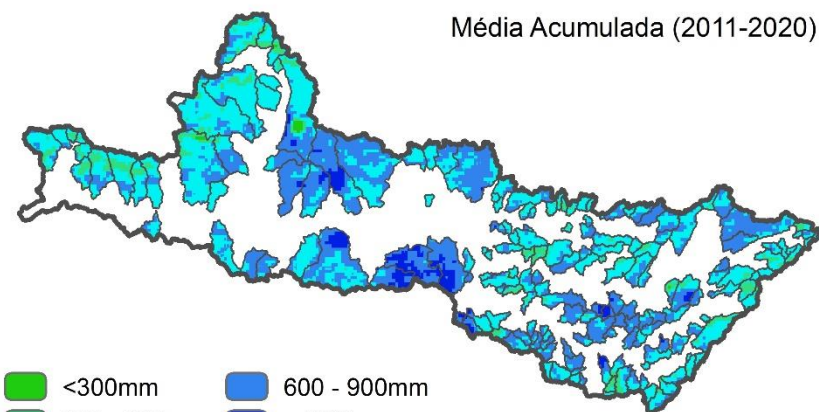
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares

Figura 82 - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando o semestre seco.

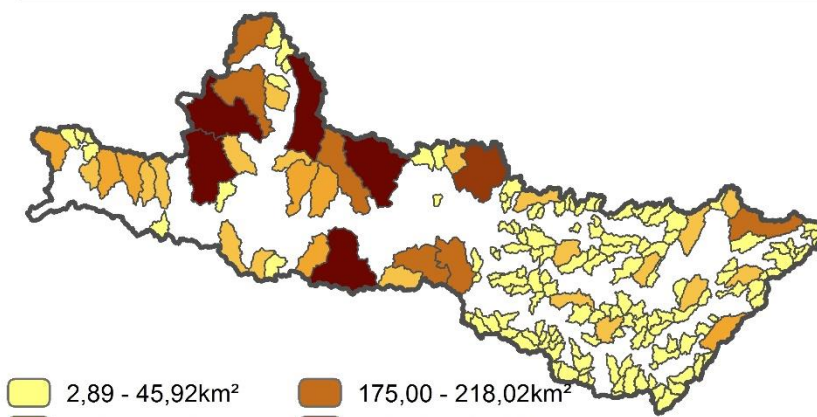
# CARTA DE OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL - COHS-MA

## Diferença entre Pluviosidade e Evapotranspiração (ETa)

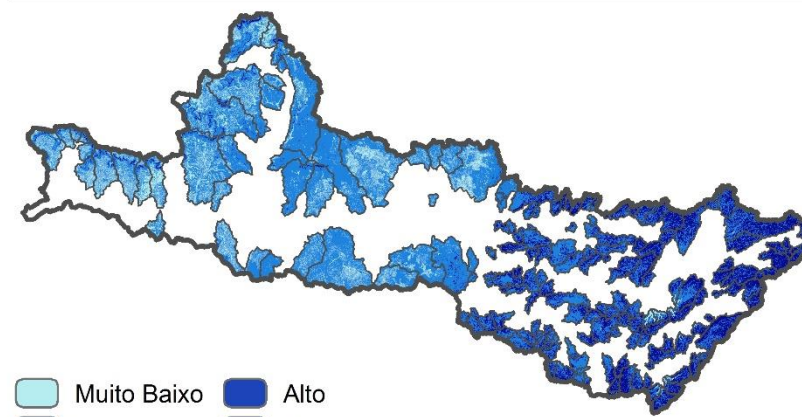
Média Acumulada (2011-2020)



## Carta de Importância da Abrangência Territorial



## Carta de Potencial ao Escoamento Superficial



Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

### COHS-MA

- 5 sub-bacias hidrográficas
- 112 sub-bacias hidrográficas
- 60 sub-bacias hidrográficas
- 3 sub-bacias hidrográficas



Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Ciências Ambientais

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM)

Título: Proposição de uma sistemática para avaliação qualitativa da oferta hídrica superficial aplicada em sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Região Sudeste do Estado de São Paulo

Autora: Ana Claudia Pereira Carvalho (2022)

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares

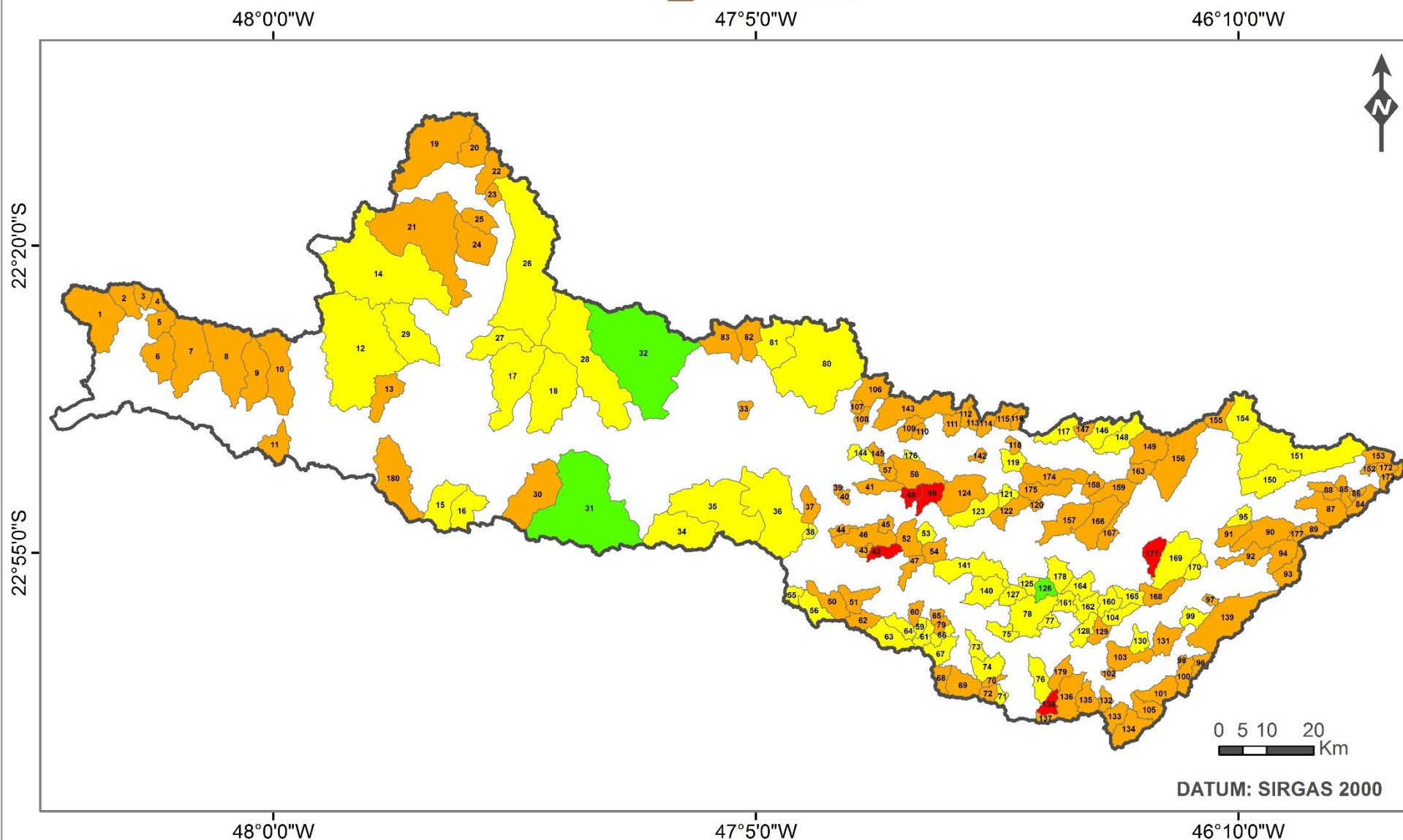


Figura 83 - Carta de Oferta Hídrica Superficial para o período de 2011-2020, considerando a média acumulada.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A **escolha de sub-bacias hidrográficas** morfometricamente semelhantes por meio da análise de agrupamentos permitiu definir quatro pares como áreas amostrais para compreensão do comportamento hidrológico. Esse critério de análise por pares de sub-bacias hidrográficas permitiu identificar as relações das variáveis hidrológicas de forma integrada, levando em consideração, as especificidades físicas que compõem cada par. Essas áreas amostrais serviram de embasamento para qualificar a oferta hídrica superficial nas outras 172 sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação, que não possuem dados pluviométricos e fluviométricos medidos *in situ*.

O método de batimetria empregado para a **medição da velocidade de fluxo** no curso d'água principal das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo, e posteriormente, para o **cálculo das vazões** medidas em período mensal se mostraram adequados e essenciais para a realização deste trabalho, em sub-bacias hidrográficas de pequeno porte.

A análise comparativa entre as **vazões de referência** ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ ) com aquelas aferidas *in loco* nas SBH-OE, permitiu constatar nos quatro pares de SBH-OE, que em alguns meses a vazão medida está bem próxima do limite máximo outorgável pelo estado de São Paulo. Dessa forma, é necessário uma atualização nos métodos de referência, levando em consideração a realidade atual e pormenorizada de cada região hidrográfica. Uma vez que esses métodos podem por vezes subestimar ou superestimar a disponibilidade hídrica local.

O **monitoramento pluviométrico**, assim como o fluviométrico, foi conduzido no mesmo período a considerar o início em maio de 2019 a abril de 2020, no qual utilizaram pluviômetros que foram instalados em cada SBH-OE. Os dados de chuva acumulada mensal permitiu a realização da correlação entre a chuva e a vazão nessas áreas. As maiores vazões são encontradas nos Pares 1 e 2 das SBH-OE, diferentemente dos Pares 3 e 4, devido às características físicas das áreas. Nos Pares 3 e 4 há ocorrência maior de chuvas conforme constatado pela marcação dos pluviômetros instalados e também pelos dados do CHIRPS, que mostraram claramente que na porção leste precipita maior quantidade de chuva, considerando três períodos distintos, o semestre chuvoso, o semestre seco e a média acumulada, entre os anos de 2011 a 2020.

As **Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial (CPES)** para as SBH-OE, auxiliaram no entendimento do comportamento hídrico das áreas amostrais, uma vez que, foram relacionados dados do meio físico que influenciam diretamente na disponibilidade e oferta hídrica superficial.

Associou-se na análise do regime hidrológico das SBH-OE, o **uso e cobertura do solo** mapeado na escala de 1:50.000, para compreender juntamente com o potencial ao escoamento superficial, as variações entre vazões que ocorreram diferentemente nas SBH-OE que compõem um mesmo par. Dessa forma, as CPESs foram fundamentais para esclarecer as aparentes discrepâncias entre chuva e vazão, mostrando a eficácia do método.

A CPES também foi elaborada para BHRP e foi utilizada como plano de informação intermediário para a elaboração das **Cartas de Oferta Hídrica Superficial** para o semestre chuvoso, semestre seco e média acumulada, considerando o período de 2011 a 2020. Nota-se claramente que a porção centro-oeste obtém muito baixa a baixa potencialidade ao escoamento superficial, contrapondo-se com a região centro-leste que apresenta uma potencialidade média a muito alta. Isso é reflexo das características físicas da BHRP, em termos de densidade de drenagem, relevo, geologia e pedologia.

A **Carta de Importância da Abrangência Territorial** das sub-bacias hidrográficas foi considerada como uma das cartas intermediárias para a geração das COHSs, pois conseqüentemente, quando se tem maior área de contribuição maior será a vazão, pois as sub-bacias hidrográficas de maior porte contribuem de forma significativa com a oferta hídrica superficial, enquanto, as áreas de menor abrangência territorial colaboram de forma discreta e isso ocorre em função das extensões das áreas de drenagem ao receberem o mesmo volume precipitado.

Outra carta intermediária para a elaboração das COHSs, refere-se à **Carta de Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real**, que se trata do excedente que se mantém nas sub-bacias hidrográficas ou déficit de água, ou seja, na região ocorreu maior evapotranspiração, enquanto não houve chuvas. Os atributos utilizados para a classificação das sub-bacias hidrográficas quanto à oferta hídrica superficial se mostraram suficientes para essa análise qualitativa que integrou dados do meio físico, bem como a chuva que trata-se de um agente ativo nas bacias hidrográficas e a evapotranspiração real.

Ao considerar a diferença entre as chuvas e ETa, a área de abrangência e a resposta do meio físico ao processo de escoamento superficial, pode-se afirmar que na COHS-SC foram classificadas 11 sub-bacias hidrográficas como Muito baixa, 159 sub-bacias como Baixa, 10 sub-bacias como Média, considerando o semestre chuvoso. Para o semestre seco, a COHS-SS apresenta 174 sub-bacias hidrográficas como Muito baixa, 6 sub-bacias como Baixa oferta hídrica superficial. Com relação à média acumulada, houve sub-bacias hidrográficas classificadas que variaram de Muito baixa a Alta,



sendo 5 classificadas como Muito baixa, como Baixa foram classificadas 112, 60 e 3 foram classificadas respectivamente, como Média e Alta.

O uso da **técnica AHP** para a definição dos pesos da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real, da importância da abrangência territorial, do potencial ao escoamento superficial e suas respectivas classes, mostrou-se consistente para a realização das COHS-SC, COHS-SS e COHS-MA. Trata-se de um método amplamente adotado e muito bem conceituado para a geração de produtos interpretativos.

Vale mencionar que a metodologia exposta neste trabalho pode ser empregada em qualquer bacia hidrográfica que possua os mesmos dados utilizados, com o intuito de obter um conhecimento prévio e qualitativo da oferta hídrica superficial natural, auxiliando no gerenciamento dos recursos hídricos, prezando pelo desenvolvimento sustentável.

#### Como **recomendações para estudos futuros**:

Para o detalhamento do comportamento hidrológico nas sub-bacias hidrográficas é interessante que se realizem os seguintes procedimentos:

- Instalar um número maior de pluviômetros e/ou estações pluviométricas nas áreas amostrais considerando toda a área de abrangência das sub-bacias hidrográficas, de modo que garanta a obtenção de dados horários e diários e que considere a variabilidade espacial da precipitação (como duração e intensidade das chuvas);
- Instalar estações fluviométricas nos canais de drenagem principais das sub-bacias hidrográficas objetos de estudo, para a obtenção de dados em periodicidade de horas e dias e não somente dados mensais;
- Realizar manutenções preventivas nos equipamentos que medem pluviosidade e vazão para não ocorrerem falhas e/ou interrupções nos dados fluviométrico e pluviométrico;
- Expandir a aplicação das etapas metodológicas para sub-bacias hidrográficas de menor ordem de ramificação.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ADEYERI, O. E.; ISHOLA, K. A. Variability and Trends of Actual Evapotranspiration over West Africa: The Role of Environmental Drivers. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 308–309, n. August, p. 108574, 2021.

ADINARAYANA, J.; RAMA KRISHNA, N.; GOPAL RAO, K. An integrated approach for prioritisation of watersheds. **Journal of Environmental Management**, v. 44, n. 4, p. 375–384, 1995.

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Meu Mapa**. 2018. Disponível em: <https://mapas.agenciapcj.org.br/portal/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>. Acesso em: 14 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. **Gestão das Bacias PCJ 2019 - Ano Base 2018**. Piracicaba: Agência das Bacias PCJ, 2019. 66 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Águas**. 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDFhZDQ2YTU0OTIyZC00MDlmLWJmNGEtODdhODRjZDBlMzVmIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 27 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil**. 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

\_\_\_\_\_. **Divisões Hidrográficas**. 2021. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil>. Acesso em: 06 jul. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. 2013. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 10 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **Encarte Especial sobre a Crise Hídrica: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Informe 2014**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2015.

AJAMI, H. **Geohydrology: Global Hydrological Cycle**. 2. ed. Elsevier Ltda., 2021.

ALDAYA, M. M. et al. An academic analysis with recommendations for water management and planning at the basin scale: A review of water planning in the Segura River Basin. **Science of the Total Environment**, v. 662, p. 755–768, 2019.

- AL-SAFI, H. I. J.; SARUKKALIGE, P. R. The application of conceptual modelling to assess the impacts of future climate change on the hydrological response of the Harvey River catchment. **Journal of Hydro-Environment Research**, v. 28, n. February 2018, p. 22–33, 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANISH, A. U. et al. Status of GIS-enabled morphometric analysis of river basins of Kerala, Southern India: A review and assessment. **Regional Studies in Marine Science**, v. 44, p. 101792, 2021.
- ARANTES, L. T. et al. Surface runoff associated with climate change and land use and land cover in southeast region of Brazil. **Environmental Challenges**, v. 3, n. February, p. 100054, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100054>.
- ARHEIMER, B. et al. Global catchment modelling using World-Wide HYPE (WWH), open data and stepwise parameter estimation. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, p. 1–34, 2020.
- ARNELL, N. W.; GOSLING, S. N. The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. **Journal of Hydrology**, v. 486, p. 351–364, 2013.
- ARTHINGTON, A. H. et al. The Brisbane Declaration and Global Action Agenda on Environmental Flows (2018). **Frontiers in Environmental Science**, v. 6, n. JUL, p. 1–15, 2018.
- ASHRAF, S. et al. Compounding effects of human activities and climatic changes on surface water availability in Iran. **Climatic Change**, v. 152, n. 3–4, p. 379–391, 2019.
- AWADA, H. et al. A remote sensing and modeling integrated approach for constructing continuous time series of daily actual evapotranspiration. **Agricultural Water Management**, v. 260, n. October 2021, p. 107320, 2022.
- BARBOSA, M. C.; ALAM, K.; MUSHTAQ, S. Water policy implementation in the state of São Paulo, Brazil: Key challenges and opportunities. **Environmental Science and Policy**, v. 60, p. 11–18, 2016.
- BARBOSA, M. C.; MUSHTAQ, S.; ALAM, K. Integrated water resources management: Are river basin committees in Brazil enabling effective stakeholder interaction? **Environmental Science and Policy**, v. 76, n. May 2016, p. 1–11, 2017.
- BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S., PALUTIKOF, J.P. **Climate Change and Water**. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 2008.
- BATISTA, J. J.; SIMÕES, L. S. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; SOUZA FILHO, E. E. de. Carta Geológica do Estado de São Paulo (1:50.000): Folha Jundiaí. Rio Claro: UNESP; Pró-Minério, 1986. v.1, 115p. (Relatório Final).
- BEKELE, A. A. et al. Impact of climate change on surface water availability and crop water demand for the sub-watershed of Abbay Basin, Ethiopia. **Sustainable Water Resources Management**, v. 5, n. 4, p. 1859–1875, 2019.

- BELL, V. A. et al. How might climate change affect river flows across the Thames Basin? An area-wide analysis using the UKCP09 Regional Climate Model ensemble. **Journal of Hydrology**, v. 442–443, p. 89–104, 2012.
- BENNETT, J. C. et al. High-resolution projections of surface water availability for Tasmania, Australia. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, n. 5, p. 1287–1303, 2012.
- BESKOW, S. et al. Potential of the LASH model for water resources management in data-scarce basins: a case study of the Fragata River basin, southern Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 14, p. 2567–2578, 2016.
- BHARAT, S.; MISHRA, V. Runoff sensitivity of Indian sub-continental river basins. **Science of the Total Environment**, v. 766, p. 142642, 2021.
- BHARATH, A. et al. Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi basin using geospatial technology. **Environmental Challenges**, v. 5, n. June, p. 100277, 2021.
- BILLERBECK, C.; MELLO JUNIOR, A. V. Optimal operation of the cantareira system for a critical inflow period. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1121–1130, 2018.
- BLANCO-GÓMEZ, P. et al. Impact of climate change on water balance components and droughts in the Guajoyo River Basin (El Salvador). **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 11, 2019.
- BOF, L. H. N. et al. Analysis of appropriate timescales for water diversion permits in Brazil. **Environmental Management**, v. 51, n. 2, p. 492–500, 2013.
- BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. **npj Clean Water**, v. 2, n. 1, 2019.
- BRASIL. **Lei N° 9.433, de 8 de jan. de 1997.** (1997) Dispõe sobre a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 de jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acessado em:30 de dezembro de 2021
- BRASIL. **Lei nº 14.026.** Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm). Acesso em: 19 jan. 2022.
- BROUZIYNE, Y. et al. Modeling alterations in flow regimes under changing climate in a Mediterranean watershed: An analysis of ecologically-relevant hydrological indicators. **Ecological Informatics**, v. 61, n. January, p. 101219, 2021.
- CALDER, I. R. Forests and water-Ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1–2, p. 110–120, 2007.
- CALETKA, M. et al. Improvement of SCS-CN initial abstraction coefficient in the Czech Republic: A study of five catchments. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 7, p. 1–28, 2020.
- CAMPOS NETO, M. da C., et al. Geologia das Folhas de Piracaia e Igaratá. In: 1ª Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. Atas... São Paulo: IPT/Pró-Minério.1983.

CAMPOS NETO, M. da C.; BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R.; FIGUEIREDO, M. C. H. **Geologia da folha de Bragança Paulista 1:50.000**. São Paulo. Secretaria de Indústria Comércio Ciências e Tecnologia - Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais. 1984.

CARABALLO-ARIAS, N. A.; FERRO, V. Are calanco landforms similar to river basins? **Science of the Total Environment**, v. 603–604, p. 244–255, 2017.

CARDOSO, A. B. F. **Mapeamento Geotécnico do município de Limeira - SP**. 92p. Dissertação de Mestrado. EESC/USP, São Carlos, 1993.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudo das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí**. 2007. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CARVALHO, A. P. P. et al. Potential water demand from the agricultural sector in hydrographic sub-basins in the southeast of the state of São Paulo-Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 319, n. January, p.1-15, 2021.

CARVALHO, A. P. P. **Determinação da demanda hídrica efetiva e potencial em sub-bacias hidrográficas do Rio Piracicaba (SP) para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos**. 2022. 297 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022

CARVALHO, A.C.P.; CARVALHO, A.P.P.; DI LOLLO, J.A.; COLLARES, E.G.; LORANDI, R., MOSCHINI, L.E. Proposta de método para a escolha de áreas de drenagem amostrais e suas relações com variáveis hidrológicas na região sudeste do Estado de São Paulo - Brasil. **Revista de Gestão Água da América Latina**, 17, 1-16, 2020.

CBH-PCJ. **Principais atividades econômicas**. 2021. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>. Acesso em: 26 out. 2021.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira**. 2021. Disponível em: [http://www2.cemaden.gov.br/situacao-atual-e-projecao-hidrologica-para-o-sistema-cantareira-08102021-ano-7-no-61/#:~:text=A%20situa%C3%A7%C3%A3o%20de%20armazenamento%20dos,per%C3%ADodo%20de%202020%20\(42%25\).&text=Ainda%20em%20setembro%2C%20choveu%20o,foi%2033%25%20da%20m%C3%A9dia%20hist%C3%B3rica..](http://www2.cemaden.gov.br/situacao-atual-e-projecao-hidrologica-para-o-sistema-cantareira-08102021-ano-7-no-61/#:~:text=A%20situa%C3%A7%C3%A3o%20de%20armazenamento%20dos,per%C3%ADodo%20de%202020%20(42%25).&text=Ainda%20em%20setembro%2C%20choveu%20o,foi%2033%25%20da%20m%C3%A9dia%20hist%C3%B3rica..) Acesso em: 18 jan. 2022.

CHAEMISO, S. E.; KARTHA, S. A.; PINGALE, S. M. Effect of land use/land cover changes on surface water availability in the Omo-Gibe basin, Ethiopia. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 13, p. 1936–1962, 2021.

CHEN, X. et al. Integrating field observations and process-based modeling to predict watershed water quality under environmental perturbations. **Journal of Hydrology**, v. 602, n. October 2020, p. 125762, 2021.

CHIM, K. et al. Assessment of land use and climate change effects on hydrology in the upper Siem Reap River and Angkor Temple Complex, Cambodia. **Environmental Development**, v. 39, n. March 2020, p. 100615, 2021.

CHONG, X. Y. et al. A framework for Hydrological characterisation to support Functional Flows (HyFFlow): Application to a tropical river. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 36, n. January, 2021.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general systems theory**. Geological survey professional paper 500 b. Washington: United States Government Printing Office, 1962. 11 p.

CHUN, J. A. et al. A comparative assessment of SWAT-model-based evapotranspiration against regional-scale estimates. **Ecological Engineering**, v. 122, n. May, p. 1–9, 2018.

CLIMATE ENGINE. **MODIS ET - SEEBop Monthly**. 2021. Disponível em: <https://app.climateengine.com/climateEngine>. Acesso em: 09 ago. 2021.

CNN BRASIL. **Fortes chuvas afligem mais de mil famílias no Maranhão**. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/fortes-chuvas-afligem-mais-de-mil-familias-no-maranhao/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

COBRAPE. **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020**: propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035. Piracicaba: Cobrape, 2010. 788 p.

COLLARES, E. G. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Bragança Paulista - SP: ênfase nos materiais inconsolidados**. 125p. Dissertação de Mestrado. São Carlos, EESC/USP - 1994.

COLLARES, E. G.; RODRIGUES, J. E. Levantamento geológico-geotécnico preliminar da quadrícula de Valinhos - SP. In: congresso brasileiro de mecânica dos solos e engenharia geotécnica, XI., 1998, Brasília. Anais. São Paulo: ABMS, 1998. p. 529-535.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2019**: ano base 2018. Piracicaba: Agência das Bacias Pcj, 2019. 100 p. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2019/relatorio-situacao-2019.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020**: ano base 2019. Piracicaba: Agência das Bacias PCJ, 2020. 131 p. Disponível em: [https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=980:relatorio-de-situacao-2020&catid=157:relatorios-de-situacao&Itemid=340](https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=980:relatorio-de-situacao-2020&catid=157:relatorios-de-situacao&Itemid=340). Acesso em: 26 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2021**: ano base 2020. Piracicaba: Agência das Bacias PCJ, 2020. 135 p. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/Relatorio-de-Situacao-dos-Recursos-Hidricos-nas-Bacias-PCJ-2021-Ano-Base-2020.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

CONSÓRCIO PCJ. **Influências do Clima no Sistema Cantareira**: cenários para 2021. Cenários para 2021. 2021. Disponível em: <https://agua.org.br/biblioteca/cartilha-influencias-do-clima-no-sistema-cantareira-cenarios-para-2021/>. Acesso em: 19 jan. 2022.

COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, v. 283, n. 1–4, p. 206–217, 2003.

- DANTAS-FERREIRA, M. **Proposta de índice de processos erosivos acelerados a partir de levantamento e diagnóstico Geológico-Geotécnico de áreas degradadas.** 447p. Tese de Doutorado. São Carlos, EESC/USP, 2008.
- DARA LUFIRA, R. et al. Water availability for irrigation areas of the Gandong river in Magetan, East Java, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 437, n. 1, 2020.
- DAVIS, J. et al. When trends intersect: The challenge of protecting freshwater ecosystems under multiple land use and hydrological intensification scenarios. **Science of the Total Environment**, v. 534, p. 65–78, 2015.
- DAVRAZ, A.; SENER, E.; SENER, S. Evaluation of climate and human effects on the hydrology and water quality of Burdur Lake, Turkey. **Journal of African Earth Sciences**, v. 158, n. October 2018, p. 103569, 2019.
- DE ANDRADE, J. G. P. et al. Interbasin Water Transfers: The Brazilian Experience and International Case Comparisons. **Water Resources Management**, v. 25, n. 8, p. 1915–1934, 2011.
- DE SOUZA LEÃO, R.; DE STEFANO, L. Making concrete flexible: Adapting the operating rules of the Cantareira water system (São Paulo, Brazil). **Water Security**, v. 7, n. July, p. 100032, 2019.
- DIAS, C. C. **Avaliação geoambiental da região do Médio Rio Grande.** 395p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). São Carlos, EESC/USP, 2013.
- DUAN, K. et al. Understanding the role of regional water connectivity in mitigating climate change impacts on surface water supply stress in the United States. **Journal of Hydrology**, v. 570, n. December 2018, p. 80–95, 2019.
- DUARTE, V. de A.; MIOLA, D. T. B. Análise de Disponibilidade Hídrica na Microbacia do Ribeirão Paciência: relação entre a oferta e o volume de água outorgado em Pará de Minas. **Synthesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v. 7, n. 7, p. 32-54, dez. 2016.
- ELABRAS VEIGA, L. B.; MAGRINI, A. The Brazilian Water Resources Management Policy: Fifteen Years of Success and Challenges. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2287–2302, 2013.
- EMPINOTTI, V. L.; BUDDS, J.; AVERSA, M. Governance and water security: The role of the water institutional framework in the 2013–15 water crisis in São Paulo, Brazil. **Geoforum**, v. 98, n. September 2018, p. 46–54, 2019.
- ESRI. **Kernel Density (Spatial Analyst)**. 2021. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/kernel-density.htm>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- FANG, H.; SUN, L.; TANG, Z. Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: An experimental study using two loess soils. **Hydrological Processes**, v. 29, n. 11, p. 2649–2658, 2015.
- FAO. 2016. AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

- FAWZY, H. E. D. et al. Spatiotemporal assessment of actual evapotranspiration using satellite remote sensing technique in the Nile Delta, Egypt. **Alexandria Engineering Journal**, v. 60, n. 1, p. 1421–1432, 2021.
- FENTA, A. A. et al. Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia. **Applied Water Science**, v. 7, n. 7, p. 3825–3840, 2017.
- FERREIRA, R. G. et al. Machine learning models for streamflow regionalization in a tropical watershed. **Journal of Environmental Management**, v. 280, n. August 2020, 2021a.
- FERREIRA, R. G. et al. Geostatistical modeling and traditional approaches for streamflow regionalization in a Brazilian Southeast watershed. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 108, n. April, 2021b.
- FEWS NET. **Yearly Actual ET**. 2021. Disponível em: <https://earlywarning.usgs.gov/fews/datadownloads>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- FILARD, M. F.; SOUZA, M. C. F. de. Crise hídrica no século XXI: Legislação e Políticas Públicas para um novo modelo de gestão sustentável. **Ponto de Vista Jurídico**, Caçador, v. 6, n. 1, p.8-20, 2017.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. **RPPN instituídas pela Fundação Florestal/SIMA**. 2021. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/pagina-inicial/rppn/lista-rppn-fundacao-florestal/>. Acesso em: 09 set. 2021.
- FUNK, C. et al. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, p. 1–21, 2015.
- GÁLVEZ, J. J. O. **Cartilha Técnica: águas subterrâneas - aquíferos**. Lima- Perú: Sociedad Geográfica de Lima, 2011. 43 p.
- GASPARI, F. J. et al. **Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas**. La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2013. 188 p.
- GOMES, R. C.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. DE. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **GEOgraphia**, v. 23, n. 51, p. 1–17, 2021.
- GRANNEMANN, N. G.; REEVES, H. W. Great Lakes Basin Water Availability and Use: A study of the National Assessment of Water Availability and Use Program. **USGS Science for a Changing World**, p.1-4, 2005.
- GUARNIER, L.; BARROSO, G. F. Spatial–temporal variability and extreme climate indices of precipitation in a coastal watershed of southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 11, 2021.
- GUO, Y. et al. Floods in China, COVID-19, and climate change. **The Lancet Planetary Health**, v. 4, n. 10, p. e443–e444, 2020.
- GUPTA, N. K.; JETHOO, A. S.; GUPTA, S. K. Rainfall and surface water resources of Rajasthan State, India. **Water Policy**, v. 18, n. 2, p. 276–287, 2016.



GUTIÉRREZ, R. A. When experts do politics: Introducing water policy reform in Brazil. **Governance**, v. 23, n. 1, p. 59–88, 2010.

HAAS, E. M. et al. Remotely sensed surface water extent as an indicator of short-term changes in ecohydrological processes in sub-Saharan Western Africa. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 12, p. 3436–3445, 2011.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, v. 45, n. P2, p. 106–113, 2015.

HADOUR, A.; MAHÉ, G.; MEDDI, M. Watershed based hydrological evolution under climate change effect: An example from North Western Algeria. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 28, n. April 2019, p. 100671, 2020.

HASSING, J. et al. Integrated Water Resources Management in Action. **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization**, p. 22, 2009.

HONÓRIO, M. D. S. et al. Comparison of two methods for determining Q95 reference flow in the mouth of the surface catchment basin of the Meia Ponte river, state of Goiás, Brazil. **Open Engineering**, v. 10, n. 1, p. 469–476, 2020.

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

HUFFMAN, G. J. et al. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. **Journal of Hydrometeorology**, v. 8, n. 1, p. 38–55, 2007.

HUNT, J. D. et al. Energy crisis in Brazil: Impact of hydropower reservoir level on the river flow. **Energy**, v. 239, 2022.

HUNT, J. D.; STILPEN, D.; DE FREITAS, M. A. V. A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 88, n. March, p. 208–222, 2018.

INGOLD, K. et al. Water Management Across Borders, Scales and Sectors: Recent developments and future challenges in water policy analysis. **Environmental Policy and Governance**, v. 26, n. 4, p. 223–228, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomás**: 1:5000000. 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 09 set. 2021.

\_\_\_\_\_. **Geologia**. 2019. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geologia/levantamento\\_geologico/vetores/escala\\_250\\_mil/versao\\_2019/](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/vetores/escala_250_mil/versao_2019/). Acesso em: 12 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia - Descrição das Unidades - Brasil**. 2021. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 30 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Pedologia**. 2019. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/vetores/escala\\_250\\_mil/versao\\_2019/](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/versao_2019/).

Acesso em: 12 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. **População.** 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>. Acesso em: 26 out. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: IPT. 1981.

INSTITUTO FLORESTAL. **Áreas protegidas do Instituto Florestal.** 2021. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wp-content/uploads/sites/234/2013/03/%C3%81reas-Protetidas-IF.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C.** An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva, IPCC, 2018.

IRRIGART - Engenharia e Consultoria em Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá: situação dos recursos hídricos 2004/2006.** Piracicaba: FEHIDRO/PCJ/CBJ-PCJ, 2007.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor para recomposição florestal visando à conservação da água nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Piracicaba: Irrigart, 2018. 236 p.

JANOWIAK, J. E.; JOYCE, R. J.; YAROSH, Y. A real-time global half-hourly pixel-resolution infrared dataset and its applications. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 82, n. 2, p. 205–217, 2001.

JAYARATHNA, L. et al. A GIS based spatial decision support system for analysing residential water demand: A case study in Australia. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, p. 67-77, 2017.

JI, L. et al. Characterization of water use and water balance for the croplands of Kansas using satellite, climate, and irrigation data. **Agricultural Water Management**, v. 256, p. 107106, 2021.

JIN, G. et al. Reviews on land use change induced effects on regional hydrological ecosystem services for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 89–90, p. 33–39, 2015.

JOYCE, R. J. et al. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, n. 3, p. 487–503, 2004.

KAUNE, A. et al. The Benefit of Using an Ensemble of Global Hydrological Models in Surface Water Availability for Irrigation Area Planning. **Water Resources Management**, v. 34, n. 7, p. 2221–2240, 2020.

KELLNER, E.; HUBBART, J. A. A method for advancing understanding of streamflow and geomorphological characteristics in mixed-land-use watersheds. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 634–643, 2019.

- KISHIWA, P. et al. Assessment of impacts of climate change on surface water availability using coupled SWAT and WEAP models: Case of upper Pangani River Basin, Tanzania. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 378, p. 23–27, 2018.
- KOUTROULIS, A. G. et al. Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment. **Global and Planetary Change**, v. 175, n. January, p. 52–63, 2019.
- KUMAR, A. et al. Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. **HydroResearch**, v. 4, p. 61–74, 2021.
- KUNDZEWICZ, Z. W. Water cycle. **Encyclopedia of Ecology**, v. 4, n. March 2018, p. 219–225, 2018.
- LAIPELT, L. et al. Long-term monitoring of evapotranspiration using the SEBAL algorithm and Google Earth Engine cloud computing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 178, n. April, p. 81–96, 2021.
- LAKSHMI, V.; FAYNE, J.; BOLTEN, J. A comparative study of available water in the major river basins of the world. **Journal of Hydrology**, v. 567, n. September, p. 510–532, 2018.
- LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 208 p.
- LELIS, L. C. DA S. et al. Assessment of hydrological regionalization methodologies for the upper Jaguari River basin. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 97, n. July 2019, 2020.
- LI, Y. et al. Hydrological drought evolution with a nonlinear joint index in regions with significant changes in underlying surface. **Journal of Hydrology**, v. 585, n. September 2019, p. 124794, 2020.
- LIAZI, A.; CONEJO, J.L.; PALOS, J.C.F.; CINTRA, P.S. Regionalização hidrológica no estado de São Paulo. **Revista Águas e Energia Elétrica**, 5, 1988, p. 4-10.
- LIMA, G. N. DE; LOMBARDO, M. A.; MAGAÑA, V. Urban water supply and the changes in the precipitation patterns in the metropolitan area of São Paulo – Brazil. **Applied Geography**, v. 94, n. April, p. 223–229, 2018.
- LIU, D. et al. Rainfall intensity and slope gradient effects on sediment losses and splash from a saline-sodic soil under coastal reclamation. **Catena**, v. 128, p. 54–62, 2015.
- LIU, Y.; CHEN, J. Future global socioeconomic risk to droughts based on estimates of hazard, exposure, and vulnerability in a changing climate. **Science of the Total Environment**, v. 751, p. 142159, 2021.
- LOLLO, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico: Sistematização e aplicação para a quadrícula de Campinas (SP)**. Tese de Doutorado, São Carlos, EESC/USP, 1995.
- LOPES, T. R. et al. Hydrological modeling for the Piracicaba River basin to support water management and ecosystem services. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, n. July, 2020.

- LORANDI, R.; DI LOLLO, J.A.; MOSCHINI, L.E.; COLLARES, E.G.; CARVALHO, A.C.P.; CARVALHO, A.P.P. Análise espacial da disponibilidade hídrica nas Sub-bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba (SP) para a proposição de instrumento de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Relatório Parcial de Pesquisa. UFSCar/FAPESP - Processo: 2018/14145-4, 2019.
- MADDOCK, I. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. **Freshwater Biology**, v. 41, n. 2, p. 373–391, 1999.
- MAHAJAN, S.; SIVAKUMAR, R. Evaluation of physical and morphometric parameters for water resource management in Gad Watershed, Western Ghats, India: an integrated geoinformatics approach. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, n. 15, p. 1–23, 2018.
- MAPBIOMAS. **Uso e Cobertura do Solo - Ano 2019**. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- MARSHALL, S J. The Water Cycle. **Reference Module In Earth Systems And Environmental Sciences**, p. 1-5, 2014.
- MASROOR, M. et al. Exploring climate variability and its impact on drought occurrence: Evidence from Godavari Middle sub-basin, India. **Weather and Climate Extremes**, v. 30, n. August, p. 100277, 2020.
- MCGREGOR, G. R. Climate and rivers. **River Research and Applications**, v. 35, n. 8, p. 1119–1140, 2019.
- MCNAMARA, I. et al. How well do gridded precipitation and actual evapotranspiration products represent the key water balance components in the Nile Basin? **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 37, n. July, p. 100884, 2021.
- MEHBOOB, M. S.; KIM, Y. Effect of climate and socioeconomic changes on future surface water availability from mountainous water sources in Pakistan’s Upper Indus Basin. **Science of the Total Environment**, v. 769, p. 144820, 2021.
- MEKONNEN, K.; MELESSE, A. M.; WOLDESENBET, T. A. How suitable are satellite rainfall estimates in simulating high flows and actual evapotranspiration in MelkaKunitre catchment, Upper Awash Basin, Ethiopia? **Science of the Total Environment**, v. 806, p. 150443, 2022.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Sustainability: Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. 1–7, 2016.
- MILLER, V. C. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area Virginia and Tennessee. New York: Columbia University. 30 p, 1953.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação**. 2021. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao/resource/5ffc83b3-2dee-4ed1-86a8-3a70a18094c5>. Acesso em: 09 set. 2021.
- MIRALLES, D. G. et al. On the Use of the Term “Evapotranspiration”. **Water Resources Research**, v. 56, n. 11, 2020.

- MOHOR, G. S.; MENDIONDO, E. M. Economic indicators of hydrologic drought insurance under water demand and climate change scenarios in a Brazilian context. **Ecological Economics**, v. 140, p. 66–78, 2017.
- MOLLE, F. River-basin planning and management: The social life of a concept. **Geoforum**, v. 40, n. 3, p. 484–494, 2009.
- MONDAL, S. K. et al. Doubling of the population exposed to drought over South Asia: CMIP6 multi-model-based analysis. **Science of the Total Environment**, v. 771, p. 145186, 2021.
- MONTAÑO, M.; SOUZA, M. P. DE. Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 489–495, 2016.
- NASA, ASF Data Search Vertex. **DEM**. 2019. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- NEARING, M. A. et al. Slope-velocity equilibrium and evolution of surface roughness on a stony hillslope. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 6, p. 3221–3229, 2017.
- NEVES, G. L. et al. Evaluation of the impacts of climate change on streamflow through hydrological simulation and under downscaling scenarios: case study in a watershed in southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 11, 2020.
- NOBRE, C. A. et al. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 08, n. 02, p. 252–262, 2016.
- OKI, T.; QUIOCHO, R. E. Economically challenged and water scarce: identification of global populations most vulnerable to water crises. **International Journal of Water Resources Development**, v. 36, n. 2–3, p. 416–428, 2020.
- OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas/Rio de Janeiro: Instituto Agrônomo/Embrapa Solos, 1999. 64 p.
- OLIVEIRA, M. A. F.; MORALES, N.; FÚLFARO, V. J.; CAMPOS, E. G. Projeto Atibaia - Geologia da Quadricula de Atibaia 1:50.000. Rel.Final. Pro-Minério-SICCT, Rio Claro, p. 117, 1985.
- ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Nota à Imprensa - Esclarecimentos em relação à nota técnica sobre avaliação das condições de atendimento eletroenergético do sistema interligado nacional - Estudo prospectivo junho a novembro de 2021**. 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/Nota-a-imprensa-Esclarecimentos-em-relacao-a-nota-tecnica-Avaliacao-das-Condicoes-de-Atendimento-Eletoenergetico-do-SIN.aspx>. Acesso em: 09 nov. 2021.
- ORTIZ-BOBEA, A. The empirical analysis of climate change impacts and adaptation in agriculture. In: BARRETT, C.; JUST, D. (ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Amsterdam: Elsevier/North Holland, 2021. p. 3982-4073.

- PAKHMODO, V.; KULKARNI, H.; DEOLANKAR, S. B. Hydrological-drainage analysis in watershed-programme planning: A case from the Deccan basalt, India. **Hydrogeology Journal**, v. 11, n. 5, p. 595–604, 2003.
- PAL, S.; KUNDU, S.; MAHATO, S. Groundwater potential zones for sustainable management plans in a river basin of India and Bangladesh. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, p. 120311, 2020.
- PALMER, W.C. **Meteorological Drought**. In: Research Paper Nº. 45. US Department of Commerce. Weather Bureau, Washington, DC, p. 59, 1965.
- PEDRO-MONZONÍS, M. et al. Water accounting for stressed river basins based on water resources management models. **Science of the Total Environment**, v. 565, p. 181-190, 2016.
- PEJON, O. J. **Mapeamento Geotécnico de Piracicaba. 1:100.000**: Estudo de Aspectos Metodológicos de Caracterização e de Apresentação dos Atributos. Tese de Doutorado. São Carlos, EESC/USP - 1992.
- PERERA, D. et al. Water-related extremes and risk management. In: UNESCO. **UN-Water, 2020: United Nations World Water Development Report 2020: water and climate change**. Paris: United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization, 2020. p. 1-222.
- PERROTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C. **Mapa Geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000**. CPRM, Programa Geologia do Brasil – PGB, São Paulo, 2006.
- PIAO, S. et al. Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO<sub>2</sub> on global river runoff trends. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 39, p. 15242–15247, 2007.
- PIAU, L. P. A. **Controle de vazões outorgadas**: Estudo de caso da Bacia do São Francisco. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- PIRNIA, A. et al. Contribution of climatic variability and human activities to stream flow changes in the Haraz River basin, northern Iran. **Journal of Hydro-Environment Research**, v. 25, n. August 2017, p. 12–24, 2019.
- PLANET. **Imagens RapidEye 2019**. <https://www.planet.com/>. Accessed in: 10 November 2019.
- POISSANT, D.; ARSENAULT, R.; BRISSETTE, F. Impact of parameter set dimensionality and calibration procedures on streamflow prediction at ungauged catchments. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 12, n. October 2016, p. 220–237, 2017.
- POLICELLI, F. et al. A predictive model for Lake Chad total surface water area using remotely sensed and modeled hydrological and meteorological parameters and multivariate regression analysis. **Journal of Hydrology**, v. 568, n. August 2018, p. 1071–1080, 2019.
- PROFILL-RHAMA. **Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020**: Tomo I - Diagnóstico. Piracicaba, 2018. 439 p. Disponível em: [https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=846:primeira-revisao-pb-relatorios-finais&catid=122&Itemid=345](https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=846:primeira-revisao-pb-relatorios-finais&catid=122&Itemid=345). Acesso em: 26 out. 2021.

- QUAN, Q. et al. Influences of joint action of natural and social factors on atmospheric process of hydrological cycle in Inner Mongolia, China. **Urban Climate**, v. 41, n. November 2021, p. 101043, 2022.
- RAHMATI, O. et al. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. **Geoscience Frontiers**, v. 10, n. 6, p. 2167–2175, 2019.
- RAJASEKHAR, M.; RAJU, G. S.; RAJU, R. S. Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 11, n. June, p. 100434, 2020.
- RENTERÍA-GUEVARA, S. A. et al. Effect of agricultural and urban infrastructure on river basin delineation and surface water availability: Case of the Culiacan River Basin. **Hydrology**, v. 6, n. 3, 2019.
- RESMI, M. R.; BABEESH, C.; ACHYUTHANB, H. Quantitative analysis of the drainage and morphometric characteristics of the Palar River basin, Southern Peninsular India; using bAd calculator (bearing azimuth and drainage) and GIS. **Geology, Ecology, and Landscapes**, v. 3, n. 4, p. 295–307, 2019.
- RIBEIRO, W. C. Water supply and water stress in the Metropolitan Region of São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 119–133, 2011.
- ROBERTSON, D. M.; PERLMAN, H. A.; NARISIMHAN, T. N. **Hydrological Cycle and Water Budgets**. 2. ed. Elsevier Inc., 2021.
- RODELL, M. et al. Emerging trends in global freshwater availability. **Nature**, v. 557, n. 7707, p. 651–659, 2018.
- ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118 p.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: Mcgraw-hil, 1980.
- SAHOO, R.; JAIN, V. Sensitivity of drainage morphometry based hydrological response (GIUH) of a river basin to the spatial resolution of DEM data. **Computers and Geosciences**, v. 111, n. January 2016, p. 78–86, 2018.
- SAJIKUMAR, N.; REMYA, R. S. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. **Journal of Environmental Management**, v. 161, p. 460–468, 2015.
- SAMBOKO, H. T. et al. Evaluation and improvement of remote sensing-based methods for river flow management. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 117, p. 102839, 2020.
- SANTOS, I., FILL, H. D., SUGAI, M. R. V. B., BUBA, H., KISHI, R. T., MARONE, E., & LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba, PR: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC, 2001. 372 p.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004-2007**. Resumo. São Paulo, 2006.

SÃO PAULO. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Lei nº 7.663**. São Paulo, SP, 30 dez. 1991. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>. Acesso em: 19 jan. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013. 210 p.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SCHEWE, J. et al. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 9, p. 3245–3250, 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. 208 p.

SENAY, G. B. et al. Operational evapotranspiration mapping using remote sensing and weather datasets: A new parameterization for the sseb approach. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 49, n. 3, p. 577-591, 2013.

SENAY, G. B.; KAGONE, S.; VELPURI, N. M. Operational global actual evapotranspiration: Development, evaluation, and dissemination. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 7, p. 1–18, 2020.

SHARMA, P. J.; PATEL, P. L.; JOTHIPRAKASH, V. Impact of rainfall variability and anthropogenic activities on streamflow changes and water stress conditions across Tapi Basin in India. **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 885–897, 2019.

SHI, Y. et al. Climate change over the Yarlung Zangbo-Brahmaputra River Basin in the 21st century as simulated by a high resolution regional climate model. **Quaternary International**, v. 244, n. 2, p. 159–168, 2011.

SHIRMOHAMMADI, B. et al. Scenario analysis for integrated water resources management under future land use change in the Urmia Lake region, Iran. **Land Use Policy**, v. 90, n. October 2019, p. 104299, 2020.

SHS CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA. **Plano de Bacias Hidrográficas 2004-2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**: Contrato SABESP nº. 29.219/03. São Carlos: SHS - Consultoria e Projetos de Engenharia S/S Ltda, 2006. 803 p.

SILVA, A. M. et al. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 374-380, 2006.



SINDICO, F.; HIRATA, R.; MANGANELLI, A. The Guarani Aquifer System: From a Beacon of hope to a question mark in the governance of transboundary aquifers. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 20, n. September 2017, p. 49–59, 2018.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS (SIGRH). **Divisão Hidrográfica**. Mapa das UGRHIs. 2021. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/divisaohidrografica>. Acesso em: 19 jan. 2022.

SIVAPALAN, M. Pattern, Process and Function: Elements of a Unified Theory of Hydrology at the Catchment Scale. **Encyclopedia of Hydrological Sciences**, 2005.

SOKOL, Z.; BLIŽŇÁK, V. Areal distribution and precipitation-altitude relationship of heavy short-term precipitation in the Czech Republic in the warm part of the year. **Atmospheric Research**, v. 94, n. 4, p. 652–662, 2009.

SOLAIMANI, K.; HABAIBNEJAD, M.; PIRNIA, A. Temporal trends of hydro-climatic variables and their relevance in water resource management. **International Journal of Sediment Research**, v. 36, n. 1, p. 63–75, 2021.

SOMASUNDARAM, D. et al. Spatial and temporal changes in surface water area of Sri Lanka over a 30-year period. **Remote Sensing**, v. 12, n. 22, p. 1–23, 2020.

SORIANO, É. et al. Water crisis in São Paulo evaluated under the disaster's point of view. **Ambient. Soc.**, 19, p. 21-42, 2016.

STEINFELD, C. M. M. et al. The human dimension of water availability: Influence of management rules on water supply for irrigated agriculture and the environment. **Journal of Hydrology**, v. 588, n. May, p. 125009, 2020.

STRAATSMA, M. W. et al. Rapid Screening of Operational Freshwater Availability Using Global Models. **Water Resources Management**, v. 30, n. 9, p. 3013–3026, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Trans Am Geophys Union 38:913-920, 1957.

SUN, L.; ZHOU, J. L.; CAI, Q. Impacts of soil properties on flow velocity under rainfall events: Evidence from soils across the Loess Plateau. **Catena**, v. 194, n. May, p. 104704, 2020.

TAFFARELLO, D. et al. Field investigations of the 2013–14 drought through quali-quantitative freshwater monitoring at the headwaters of the Cantareira System, Brazil. **Water International**, v. 41, n. 5, p. 776–800, 2016.

TAMM, O. et al. Modelling the effects of land use and climate change on the water resources in the eastern Baltic Sea region using the SWAT model. **Catena**, v. 167, n. April, p. 78–89, 2018.

TORRES, A. T. G.; VIANNA, P. C. G. **Hidroterritórios**: a influência dos recursos hídricos nos territórios do semi-árido nordestino. *Terra Livre*, v. 2, 2008. p. 145-162.

TRAORE, V. B. et al. Contribution of GIS to the morphometric characterization of Karcia watershed. v. 2018, n. 03, p. 265–278, 2018.

TULBURE, M. G.; BROICH, M. Spatiotemporal patterns and effects of climate and land use on surface water extent dynamics in a dryland region with three decades of Landsat satellite data. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 1574–1585, 2019.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciênc. cult. (São Paulo)**, v. 55, n. 4, p. 31–33, 2003.

TUNDISI, J. G. et al. Water availability, water quality water governance: The future ahead. **IAHS-AISH Proceedings and Reports**, v. 366, n. June 2014, p. 75–79, 2015.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, v. 22, 2008. p. 7-16.

TWISA, S.; BUCHROITHNER, M. F. Seasonal and annual rainfall variability and their impact on rural water supply services in the Wami River Basin, Tanzania. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 10, 2019.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**, Paris, UNESCO, 2020, 219p.

UNESCO-UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **The United Nations World Water Development Report: water for people, water for life**. Paris, 2003.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. **CHIRPS: rainfall estimates from rain gauge and satellite observations**. Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations. 2021. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em: 01 set. 2021.

URTIGA, M. M.; MORAIS, D. C. Pre-negotiation framework to promote cooperative negotiations in water resource conflicts through value creation approach. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 3, n. 3–4, p. 339–356, 2015.

USSAMI, K. A.; MARTINS GUILHOTO, J. J. Economic and water dependence among regions: The case of Alto Tiete, Sao Paulo State, Brazil. **Economia**, v. 19, n. 3, p. 350–376, 2018.

VALADARES, A. P. **Mapeamento pedológico digital por mineração de dados: bases de treinamento para o nível de reconhecimento**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2017.

VÉLEZ, A. S. S.; NÚÑEZ, R. M. G.; TRUJANO, A. P. **La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales**. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003. 49 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975) **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, SP: McGraw-Hill. 245 p.

VOLLMER, D. et al. Integrating the social, hydrological and ecological dimensions of freshwater health: The Freshwater Health Index. **Science of the Total Environment**, v. 627, p. 304–313, 2018.

WAN, Z. New refinements and validation of the MODIS Land-Surface Temperature/Emissivity products. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 1, p. 59–74, 2008.

- WANG, H.; CHEN, L.; YU, X. Distinguishing human and climate influences on streamflow changes in Luan River basin in China. **Catena**, v. 136, p. 182–188, 2016.
- WANG, W.; FU, J. Global assessment of predictability of water availability: A bivariate probabilistic Budyko analysis. **Journal of Hydrology**, v. 557, p. 643–650, 2018.
- WANG, Y. et al. The increasing contribution of potential evapotranspiration to severe droughts in the Yellow River basin. **Journal of Hydrology**, v. 605, n. October 2021, p. 127310, 2022.
- WOLFF, W. Avaliação e nova proposta de regionalização hidrológica para o Estado de São Paulo. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. doi:10.11606/D.11.2013.tde-08042013-102503.
- WOLFF, W. **Regionalização de Vazões**. 2021. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/wolff/rv/>. Acesso em: 24 ago. 2021.
- WOLFF, W.; DUARTE, S.; MINGOTI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 21–33, 2014.
- WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Risks Report**. Geneva: World Economic Forum, 2016. 98 p.
- WU, F. et al. Scenario-Based Impact Assessment of Land Use/Cover and Climate Changes on Watershed Hydrology in Heihe River Basin of Northwest China. **Advances in Meteorology**, v. 2015, 2015.
- WURBS, R.; ZHANG, Y. Changing surface water availability in Texas. **World Environmental and Water Resources Congress 2015: Floods, Droughts, and Ecosystems - Proceedings of the 2015 World Environmental and Water Resources Congress**, n.2014, p. 2081–2090, 2015.
- WWAP - United Nations World Water Assessment Programme/UN-Water. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris, UNESCO. 2018.
- XAVIER, A. L. dos S. **A contribuição dos Comitês de Bacia Estadual e Federal à gestão das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, em São Paulo: ações mais relevantes, perspectivas e desafios (1993-2006)**. 2006. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- YANG, D.; YANG, Y.; XIA, J. Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. **Geography and Sustainability**, v. 2, n. 2, p. 115–122, 2021.
- YAŞAR KORKANÇ, S. Effects of the land use/cover on the surface runoff and soil loss in the Niğde-Akkaya Dam Watershed, Turkey. **Catena**, v. 163, n. August 2017, p. 233–243, 2018.
- YIN, L. et al. Improving terrestrial evapotranspiration estimation across China during 2000–2018 with machine learning methods. **Journal of Hydrology**, v. 600, n. October 2020, p. 126538, 2021.
- YU, Z. et al. Preface: Hydrological processes and water security in a changing world. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 383, n. 4, p. 3–4, 2020.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A - Cartas topográficas utilizadas para a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação**

**Tabela 33** - Cartas topográficas utilizadas para a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.

<b>Cartas topográficas utilizadas para a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação</b>			
<b>Nome da Folha</b>	<b>Código</b>	<b>Nome da Folha</b>	<b>Código</b>
Americana	SF-23-Y-A-V-3	Indaiatuba	SF-23-Y-C-II-2
Amparo	SF-23-Y-A-VI-1	Itaquaquecetuba	SF-23-Y-D-I-3
Araras	SF-23-Y-A-II-3	Itirapina	SF-23-Y-A-I-3
Atibaia	SF-23-Y-C-III-2	Jundiaí	SF-23-Y-C-III-1
Barra Bonita	SF-22-Z-B-VI-1	Leme	SF-23-Y-A-II-1
Bragança Paulista	SF-23-Y-A-VI-4	Limeira	SF-23-Y-A-V-1
Brotas	SF-22-Z-B-III-4	Mogi-Guaçu	SF-23-Y-A-III-3
Camanducaia	SF-23-Y-B-IV-4	Monteiro Lobato	SF-23-Y-B-V-3
Cambuí	SF-23-Y-B-IV-2	Munhoz	SF-23-Y-B-IV-1
Campinas	SF-23-Y-A-V-4	Paraisópolis	SF-23-Y-B-V-1
Capivari	SF-23-Y-A-IV-4	Piracaia	SF-23-Y-D-I-1
Conchal	SF-23-Y-A-II-4	Piracicaba	SF-23-Y-A-IV-2
Corumbataí	SF-23-Y-A-I-2	Rio Claro	SF-23-Y-A-I-4
Cosmópolis	SF-23-Y-A-V-2	Santa Maria da Serra	SF-22-Z-B-VI-2
Dois Córregos	SF-22-Z-B-III-3	São Carlos	SF-23-Y-A-I-1
Extrema	SF-23-Y-B-IV-3	São Pedro	SF-23-Y-A-IV-1
Ibitiruma	SF-23-Y-A-IV-3	Socorro	SF-23-Y-A-VI-2
Igaratá	SF-23-Y-D-I-2	Valinhos	SF-23-Y-A-VI-3

**APÊNDICE B - Dados morfométricos das 180 sub-bacias hidrográficas considerados na análise de agrupamentos, o dendrograma e o Mapa das Sub-bacias Hidrográficas de 4ª ordem de ramificação**

As siglas apresentadas na Tabela 34 estão descritas abaixo:

<b>Siglas</b>	<b>Descrição</b>
<b>A</b>	Área da sub-bacia hidrográfica em km <sup>2</sup>
<b>Dd</b>	Densidade de drenagem em km/km <sup>2</sup>
<b>Dh</b>	Densidade hidrográfica em canais/km <sup>2</sup>
<b>Ic</b>	Índice de circularidade
<b>N_SBH</b>	Numeração da Sub-bacia Hidrográfica
<b>SBH-OE</b>	Sub-bacias Hidrográficas Objeto de Estudo

A Figura 84 apresenta o dendrograma elaborado na análise de agrupamentos, enquanto a Figura 85 apresenta a delimitação das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. A numeração (N\_SBH) da Tabela 34 corresponde as respectivas sub-bacias hidrográficas no mapa.



**Tabela 34 -** Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação.

<b>SBH-OE</b>	<b>N_SBH</b>	<b>A</b>	<b>Dd</b>	<b>Dh</b>	<b>Ic</b>
SB(A)	1	98,71	1,60	1,34	0,46
-	2	28,60	1,62	1,47	0,54
-	3	14,19	1,64	1,34	0,62
-	4	11,59	1,77	1,12	0,52
-	5	25,26	1,70	1,19	0,61
-	6	46,55	1,34	1,10	0,56
-	7	93,84	1,38	0,98	0,47
SB(B)	8	98,42	1,38	1,06	0,39
-	9	57,87	1,26	0,88	0,42
-	10	77,59	1,09	0,50	0,38
-	11	32,14	1,05	0,65	0,44
-	12	278,56	0,98	0,33	0,43
-	13	37,55	1,33	0,67	0,43
-	14	281,48	0,84	0,26	0,28
-	15	47,68	0,85	0,31	0,49
-	16	39,94	1,03	0,28	0,47
SB(C)	17	116,27	0,79	0,22	0,43
SB(D)	18	115,56	0,91	0,44	0,55
-	19	142,91	1,40	1,09	0,37
-	20	37,71	1,27	0,82	0,60
-	21	211,43	0,82	0,34	0,32
-	22	33,41	2,26	2,19	0,44
-	23	10,76	2,36	2,23	0,69
-	24	54,75	0,91	0,31	0,60
-	25	23,37	1,24	0,64	0,64
-	26	282,03	0,94	0,48	0,33
-	27	48,55	0,92	0,33	0,42
-	28	201,08	0,94	0,36	0,32
-	29	82,91	1,04	0,35	0,47
-	30	90,36	1,01	0,43	0,48
-	31	274,28	0,88	0,38	0,42
-	32	304,07	0,89	0,38	0,41
-	33	8,53	1,46	1,29	0,73
-	34	85,64	1,06	0,57	0,49
-	35	143,48	0,87	0,40	0,36
-	36	152,88	1,09	0,64	0,38
-	37	18,98	2,17	2,16	0,52
-	38	6,39	2,33	2,50	0,66
-	39	3,19	4,37	7,21	0,77
-	40	5,24	3,79	4,96	0,54
-	41	22,42	2,34	2,36	0,42
-	42	15,16	2,01	1,71	0,44

Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 34 - Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).**

<b>SBH-OE</b>	<b>N_SBH</b>	<b>A</b>	<b>Dd</b>	<b>Dh</b>	<b>Ic</b>
-	43	5,62	3,13	3,56	0,55
-	44	8,02	3,67	4,74	0,38
-	45	8,41	2,15	2,02	0,56
-	46	41,60	2,93	3,17	0,32
-	47	15,87	2,24	2,33	0,32
-	48	12,43	2,12	1,85	0,49
SB(E)	49	20,37	2,35	2,21	0,45
-	50	29,78	2,49	2,28	0,39
-	51	23,92	2,45	2,26	0,39
-	52	28,18	2,00	1,92	0,52
-	53	12,65	2,16	2,53	0,66
-	54	18,95	2,12	1,85	0,62
-	55	11,83	2,24	2,37	0,42
-	56	26,23	2,47	2,33	0,40
-	57	10,69	3,86	5,61	0,59
-	58	43,24	1,87	1,55	0,45
-	59	7,01	2,40	2,14	0,51
-	60	10,87	2,46	2,58	0,53
-	61	12,38	2,63	2,66	0,37
SB(F)	62	19,83	2,42	2,37	0,47
-	63	33,48	2,54	2,42	0,43
-	64	16,83	2,56	2,73	0,47
-	65	6,75	3,23	4,30	0,59
-	66	10,09	2,69	2,97	0,39
-	67	23,05	2,83	3,25	0,39
-	68	16,02	3,40	4,49	0,39
-	69	32,42	3,25	4,07	0,54
-	70	6,23	2,59	2,41	0,42
-	71	7,05	2,93	2,55	0,46
SB(G)	72	10,96	2,86	3,29	0,57
-	73	13,37	2,70	2,69	0,40
-	74	25,65	2,57	2,49	0,52
-	75	15,72	2,98	3,24	0,42
-	76	26,61	2,20	1,80	0,46
-	77	9,29	2,66	2,80	0,46
-	78	54,35	2,44	2,21	0,37
-	79	6,93	3,02	3,75	0,56
-	80	232,70	1,15	0,67	0,39
-	81	57,30	1,00	0,54	0,51
-	82	32,29	1,51	1,30	0,49
-	83	42,02	1,11	0,88	0,40
-	84	18,31	3,85	5,57	0,37

Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 34 -** Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

<b>SBH-OE</b>	<b>N_SBH</b>	<b>A</b>	<b>Dd</b>	<b>Dh</b>	<b>Ic</b>
-	85	12,19	3,07	3,94	0,34
-	86	5,35	3,11	3,93	0,47
-	87	41,96	2,62	2,72	0,39
-	88	15,31	2,80	3,27	0,42
-	89	14,12	2,29	1,91	0,56
-	90	50,22	2,50	2,83	0,40
-	91	21,09	2,44	2,09	0,49
-	92	22,88	2,44	2,32	0,27
-	93	25,47	2,52	2,32	0,40
-	94	28,25	2,22	1,70	0,49
-	95	13,61	2,00	1,62	0,56
-	96	12,08	3,06	3,39	0,38
-	97	5,25	2,72	3,05	0,58
-	98	2,89	3,39	3,80	0,51
-	99	15,62	3,07	3,26	0,48
-	100	19,25	3,35	3,27	0,43
-	101	28,43	2,87	2,67	0,47
-	102	4,88	2,67	2,87	0,63
-	103	32,54	2,89	3,29	0,38
-	104	17,70	2,86	2,77	0,47
-	105	21,98	2,66	2,46	0,43
-	106	32,94	1,97	1,61	0,51
-	107	6,24	3,17	4,01	0,74
-	108	9,40	2,75	3,40	0,48
-	109	15,33	3,79	4,63	0,53
-	110	6,21	3,23	3,38	0,71
-	111	13,93	3,05	3,37	0,54
-	112	12,03	2,37	2,08	0,35
-	113	8,98	2,30	2,34	0,61
-	114	11,75	2,66	2,72	0,64
-	115	17,38	2,54	2,53	0,47
-	116	9,69	3,42	4,44	0,43
-	117	27,47	2,39	2,37	0,35
-	118	6,97	3,35	4,16	0,57
-	119	17,59	2,44	2,33	0,59
-	120	4,57	2,56	2,84	0,71
-	121	11,95	2,46	2,01	0,49
-	122	25,21	2,35	1,86	0,43
-	123	35,57	2,07	1,57	0,46
-	124	55,68	2,08	1,58	0,59
-	125	11,58	1,77	1,21	0,48
-	126	14,91	1,74	1,34	0,53

Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 34 -** Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

<b>SBH-OE</b>	<b>N_SBH</b>	<b>A</b>	<b>Dd</b>	<b>Dh</b>	<b>Ic</b>
-	127	16,39	2,03	1,83	0,62
-	128	19,66	2,86	2,90	0,42
-	129	14,51	2,63	2,34	0,49
-	130	14,56	3,29	3,98	0,48
-	131	26,06	3,07	3,34	0,45
<b>SB(H)</b>	132	10,53	3,08	3,33	0,51
-	133	19,78	2,88	2,98	0,44
-	134	34,61	2,71	2,17	0,42
-	135	22,62	2,76	2,56	0,50
-	136	38,39	2,69	2,60	0,41
-	137	7,12	2,70	2,53	0,49
-	138	13,18	2,88	3,11	0,49
-	139	90,65	2,62	2,32	0,34
-	140	36,37	1,74	1,24	0,46
-	141	55,00	1,79	1,20	0,29
-	142	6,53	3,44	4,13	0,51
-	143	70,90	2,88	2,93	0,32
-	144	12,18	2,99	3,37	0,43
-	145	8,91	2,14	1,68	0,51
-	146	27,40	1,53	1,17	0,38
-	147	9,59	1,93	1,67	0,53
-	148	35,37	1,77	1,61	0,36
-	149	41,69	1,82	1,42	0,59
-	150	45,26	2,38	2,14	0,41
-	151	156,13	2,19	1,93	0,29
-	152	5,18	3,40	5,79	0,46
-	153	16,46	2,91	2,49	0,62
-	154	48,31	2,13	1,93	0,50
-	155	18,48	2,15	1,89	0,42
-	156	81,73	1,94	1,63	0,36
-	157	45,16	1,75	1,37	0,38
-	158	13,83	2,05	1,74	0,61
-	159	28,98	1,85	1,38	0,46
-	160	17,58	1,96	1,48	0,47
-	161	15,06	2,32	2,12	0,43
-	162	20,09	2,71	2,74	0,36
-	163	17,77	1,87	1,13	0,58
-	164	21,48	1,97	1,68	0,36
-	165	16,89	2,17	1,78	0,41
-	166	48,96	1,66	1,14	0,45
-	167	17,86	1,91	1,57	0,27
-	168	26,27	2,00	1,68	0,38

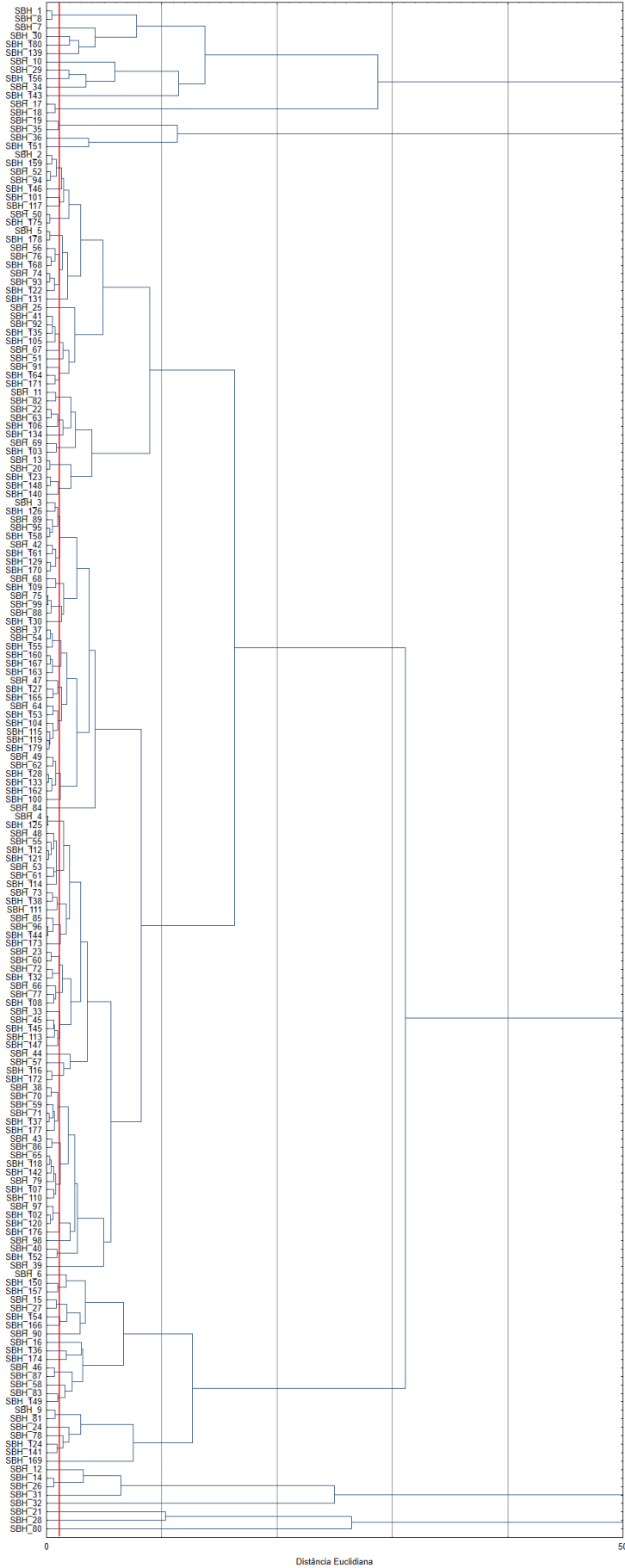
Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

**Tabela 34 -** Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

<b>SBH-OE</b>	<b>N_SBH</b>	<b>A</b>	<b>Dd</b>	<b>Dh</b>	<b>Ic</b>
-	169	63,29	1,84	1,07	0,51
-	170	14,57	2,30	2,20	0,55
-	171	21,68	1,65	1,06	0,53
-	172	9,68	3,41	4,86	0,64
-	173	11,86	3,41	4,64	0,30
-	174	40,10	2,54	2,64	0,33
-	175	29,98	2,30	2,17	0,35
-	176	4,08	2,98	3,43	0,53
-	177	7,67	2,47	2,48	0,56
-	178	25,51	1,57	1,29	0,53
-	179	17,52	2,59	2,34	0,45
-	180	88,38	1,30	0,64	0,38

Fonte: Adaptado de Lorandi et al. (2019).

# DENDROGRAMA



**Figura 84** - Dendrograma que apresenta a análise de agrupamento com as 180 sub-bacias hidrográficas. Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2020).

# SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS OBJETOS DE ESTUDO

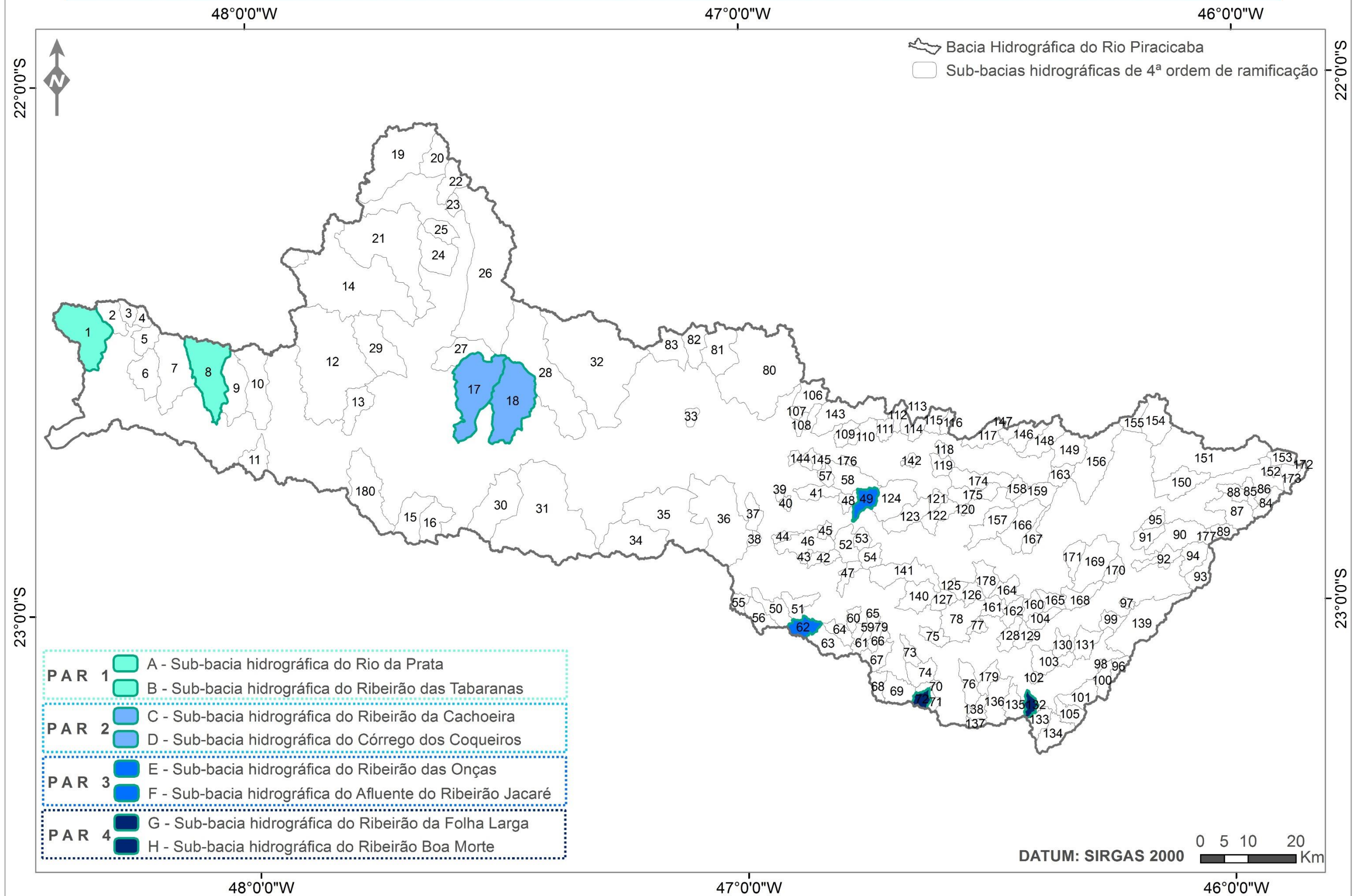


Figura 85 - Mapa das Sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

**APÊNDICE C - Valores dos 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba**



**Tabela 35 - Valores dos 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da BHRP.**

Sub-bacias hidrográficas	Área (Km <sup>2</sup> )	50% da $Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	70% da $Q_{95}$	$Q_{95}$
1	98,71	0,228	0,457	0,696	0,433	0,618
2	28,60	0,069	0,138	0,209	0,130	0,186
3	14,19	0,035	0,069	0,104	0,065	0,093
4	11,59	0,028	0,056	0,085	0,053	0,076
5	25,26	0,061	0,122	0,184	0,115	0,164
6	46,55	0,097	0,194	0,299	0,185	0,264
7	93,84	0,189	0,377	0,586	0,361	0,515
8	98,42	0,172	0,343	0,540	0,330	0,471
9	57,87	0,099	0,199	0,314	0,191	0,273
10	77,59	0,127	0,254	0,406	0,246	0,352
11	32,14	0,052	0,104	0,166	0,101	0,144
12	278,56	0,441	0,881	1,427	0,860	1,228
13	37,55	0,055	0,110	0,184	0,109	0,156
14	281,48	0,617	1,234	1,784	1,133	1,618
15	47,68	0,072	0,145	0,237	0,142	0,203
16	39,94	0,061	0,121	0,198	0,119	0,170
17	116,27	0,191	0,382	0,610	0,369	0,527
18	115,56	0,186	0,372	0,612	0,366	0,523
19	142,91	0,314	0,627	0,931	0,584	0,835
20	37,71	0,083	0,166	0,246	0,154	0,220
21	211,43	0,464	0,927	1,340	0,851	1,216
22	33,41	0,074	0,148	0,216	0,136	0,195
23	10,76	0,024	0,048	0,069	0,044	0,063
24	54,75	0,132	0,264	0,371	0,239	0,342
25	23,37	0,052	0,104	0,150	0,096	0,137
26	282,03	0,600	1,200	1,751	1,107	1,581
27	48,55	0,094	0,189	0,282	0,176	0,251
28	201,08	0,330	0,661	1,158	0,675	0,965
29	82,91	0,151	0,302	0,456	0,283	0,404
30	90,36	0,143	0,285	0,482	0,285	0,407
31	274,28	0,442	0,884	1,512	0,890	1,271
32	304,07	0,480	0,960	1,712	0,991	1,415
33	8,53	0,014	0,027	0,048	0,028	0,040
34	85,64	0,136	0,273	0,483	0,281	0,401
35	143,48	0,228	0,457	0,810	0,470	0,671
36	152,88	0,241	0,481	0,847	0,493	0,704
37	18,98	0,028	0,057	0,101	0,059	0,084
38	6,39	0,010	0,021	0,036	0,021	0,030
39	3,19	0,005	0,010	0,018	0,010	0,015
40	5,24	0,008	0,017	0,029	0,017	0,025
41	22,42	0,037	0,074	0,129	0,075	0,107
42	15,16	0,027	0,054	0,095	0,056	0,079
43	5,62	0,010	0,020	0,035	0,021	0,029
44	8,02	0,013	0,027	0,047	0,027	0,039
45	8,41	0,014	0,029	0,051	0,029	0,042
46	41,60	0,069	0,139	0,243	0,142	0,203
47	15,87	0,029	0,058	0,101	0,059	0,084
48	12,43	0,021	0,043	0,075	0,044	0,062
49	20,37	0,035	0,070	0,123	0,072	0,102
50	29,78	0,051	0,102	0,178	0,104	0,149
51	23,92	0,044	0,087	0,152	0,089	0,127
52	28,18	0,049	0,097	0,170	0,099	0,141
53	12,65	0,022	0,044	0,076	0,044	0,063

Fonte: Adaptado de Wolff (2013).

**Tabela 35** - Valores dos 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da BHRP. (Continuação).

Sub-bacias hidrográficas	Área (Km <sup>2</sup> )	50% da $Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	70% da $Q_{95}$	$Q_{95}$
54	18,95	0,033	0,065	0,115	0,067	0,095
55	11,83	0,020	0,041	0,071	0,042	0,059
56	26,23	0,045	0,090	0,158	0,092	0,132
57	10,69	0,019	0,038	0,065	0,038	0,055
58	43,24	0,077	0,153	0,264	0,155	0,221
59	7,01	0,013	0,025	0,044	0,026	0,037
60	10,87	0,020	0,039	0,069	0,040	0,057
61	12,38	0,022	0,045	0,077	0,045	0,065
62	19,83	0,036	0,072	0,124	0,073	0,104
63	33,48	0,061	0,121	0,210	0,123	0,176
64	16,83	0,030	0,061	0,106	0,062	0,089
65	6,75	0,012	0,024	0,042	0,025	0,035
66	10,09	0,017	0,034	0,059	0,035	0,050
67	23,05	0,039	0,078	0,136	0,080	0,114
68	16,02	0,032	0,063	0,107	0,063	0,091
69	32,42	0,064	0,128	0,216	0,128	0,183
70	6,23	0,009	0,018	0,031	0,018	0,026
71	7,05	0,011	0,022	0,039	0,023	0,033
72	10,96	0,017	0,035	0,061	0,035	0,051
73	13,37	0,022	0,044	0,076	0,045	0,064
74	25,65	0,037	0,073	0,131	0,076	0,108
75	15,72	0,024	0,047	0,084	0,049	0,069
76	26,61	0,032	0,063	0,117	0,067	0,095
77	9,29	0,010	0,020	0,039	0,021	0,031
78	54,35	0,072	0,145	0,269	0,152	0,218
79	6,93	0,012	0,023	0,041	0,024	0,034
80	232,70	0,398	0,796	1,364	0,802	1,146
81	57,30	0,098	0,196	0,336	0,198	0,282
82	32,29	0,054	0,108	0,188	0,110	0,157
83	42,02	0,070	0,140	0,245	0,143	0,204
84	18,31	0,024	0,047	0,097	0,053	0,076
85	12,19	0,016	0,033	0,071	0,038	0,054
86	5,35	0,007	0,014	0,029	0,016	0,022
87	41,96	0,051	0,102	0,207	0,113	0,162
88	15,31	0,019	0,038	0,082	0,044	0,063
89	14,12	0,018	0,035	0,068	0,038	0,054
90	50,22	0,056	0,112	0,222	0,123	0,175
91	21,09	0,024	0,047	0,093	0,051	0,074
92	22,88	0,025	0,049	0,098	0,054	0,077
93	25,47	0,032	0,064	0,116	0,067	0,095
94	28,25	0,036	0,071	0,129	0,074	0,106
95	13,61	0,016	0,032	0,065	0,036	0,051
96	12,08	0,012	0,024	0,048	0,026	0,038
97	5,25	0,005	0,011	0,022	0,012	0,017
98	2,89	0,003	0,006	0,012	0,006	0,009
99	15,62	0,016	0,031	0,066	0,035	0,050
100	19,25	0,019	0,038	0,077	0,042	0,060
101	28,43	0,023	0,046	0,093	0,051	0,073
102	4,88	0,004	0,008	0,015	0,008	0,012
103	32,54	0,029	0,059	0,121	0,066	0,094
104	17,70	0,017	0,034	0,072	0,038	0,055
105	21,98	0,018	0,035	0,072	0,039	0,056
106	32,94	0,059	0,117	0,197	0,117	0,167

Fonte: Adaptado de Wolff (2013).

**Tabela 35** - Valores dos 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da BHRP. (Continuação).

Sub-bacias hidrográficas	Área (Km <sup>2</sup> )	50% da $Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	70% da $Q_{95}$	$Q_{95}$
107	6,24	0,011	0,022	0,037	0,022	0,032
108	9,40	0,017	0,033	0,056	0,033	0,047
109	15,33	0,028	0,056	0,096	0,056	0,080
110	6,21	0,011	0,023	0,040	0,023	0,033
111	13,93	0,028	0,055	0,096	0,056	0,080
112	12,03	0,025	0,049	0,085	0,050	0,071
113	8,98	0,018	0,037	0,064	0,037	0,053
114	11,75	0,024	0,048	0,083	0,049	0,070
115	17,38	0,033	0,066	0,115	0,067	0,096
116	9,69	0,018	0,037	0,064	0,038	0,054
117	27,47	0,047	0,095	0,168	0,097	0,139
118	6,97	0,013	0,027	0,047	0,027	0,039
119	17,59	0,034	0,068	0,119	0,069	0,099
120	4,57	0,006	0,011	0,021	0,012	0,017
121	11,95	0,020	0,040	0,071	0,041	0,059
122	25,21	0,035	0,069	0,128	0,073	0,104
123	35,57	0,061	0,122	0,214	0,125	0,178
124	55,68	0,095	0,191	0,335	0,195	0,278
125	11,58	0,012	0,025	0,048	0,027	0,038
126	14,91	0,016	0,032	0,062	0,035	0,049
127	16,39	0,022	0,044	0,081	0,046	0,066
128	19,66	0,018	0,035	0,071	0,039	0,056
129	14,51	0,013	0,026	0,053	0,029	0,041
130	14,56	0,014	0,028	0,063	0,033	0,047
131	26,06	0,026	0,051	0,113	0,060	0,085
132	10,53	0,008	0,016	0,033	0,018	0,026
133	19,78	0,017	0,033	0,067	0,037	0,053
134	34,61	0,029	0,058	0,118	0,064	0,092
135	22,62	0,018	0,036	0,072	0,040	0,057
136	38,39	0,031	0,062	0,126	0,069	0,099
137	7,12	0,008	0,017	0,032	0,018	0,026
138	13,18	0,016	0,031	0,059	0,033	0,048
139	90,65	0,090	0,179	0,368	0,200	0,286
140	36,37	0,062	0,123	0,218	0,127	0,181
141	55,00	0,096	0,192	0,338	0,197	0,281
142	6,53	0,013	0,026	0,045	0,026	0,038
143	70,90	0,125	0,251	0,427	0,252	0,360
144	12,18	0,020	0,041	0,070	0,041	0,059
145	8,91	0,016	0,031	0,054	0,032	0,045
146	27,40	0,039	0,077	0,148	0,083	0,118
147	9,59	0,014	0,028	0,053	0,029	0,042
148	35,37	0,047	0,094	0,182	0,101	0,144
149	41,69	0,048	0,096	0,192	0,105	0,150
150	45,26	0,053	0,106	0,227	0,121	0,174
151	156,13	0,183	0,365	0,784	0,419	0,598
152	5,18	0,009	0,018	0,035	0,019	0,028
153	16,46	0,028	0,056	0,111	0,062	0,088
154	48,31	0,068	0,135	0,303	0,160	0,228
155	18,48	0,026	0,052	0,116	0,061	0,087
156	81,73	0,087	0,174	0,360	0,194	0,278
157	45,16	0,048	0,096	0,185	0,103	0,147
158	13,83	0,015	0,030	0,058	0,032	0,046

Fonte: Adaptado de Wolff (2013).

**Tabela 35** - Valores dos 50% da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$ , 70% da  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  das sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem da BHRP. (Continuação).

Sub-bacias hidrográficas	Área (Km <sup>2</sup> )	50% da $Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	70% da $Q_{95}$	$Q_{95}$
159	28,98	0,032	0,063	0,122	0,068	0,097
160	17,58	0,017	0,035	0,072	0,039	0,055
161	15,06	0,015	0,031	0,061	0,034	0,048
162	20,09	0,021	0,041	0,082	0,045	0,064
163	17,77	0,020	0,041	0,082	0,045	0,064
164	21,48	0,021	0,042	0,083	0,046	0,065
165	16,89	0,017	0,034	0,069	0,037	0,053
166	48,96	0,048	0,095	0,185	0,102	0,146
167	17,86	0,018	0,035	0,069	0,038	0,054
168	26,27	0,025	0,051	0,108	0,058	0,082
169	63,29	0,060	0,120	0,258	0,137	0,196
170	14,57	0,015	0,031	0,062	0,034	0,048
171	21,68	0,021	0,041	0,088	0,047	0,067
172	9,68	0,017	0,033	0,064	0,036	0,051
173	11,86	0,020	0,041	0,078	0,044	0,063
174	40,10	0,063	0,126	0,226	0,130	0,185
175	29,98	0,047	0,094	0,169	0,097	0,139
176	4,08	0,007	0,014	0,025	0,015	0,021
177	7,67	0,010	0,019	0,037	0,021	0,030
178	25,51	0,027	0,053	0,103	0,057	0,081
179	17,52	0,016	0,032	0,064	0,035	0,051
180	88,38	0,127	0,255	0,429	0,254	0,363

Fonte: Adaptado de Wolff (2013).

**APÊNDICE D - Registros das medições de velocidade de fluxo no canal de drenagem principal das SBH-OE**

Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata - SB(A)

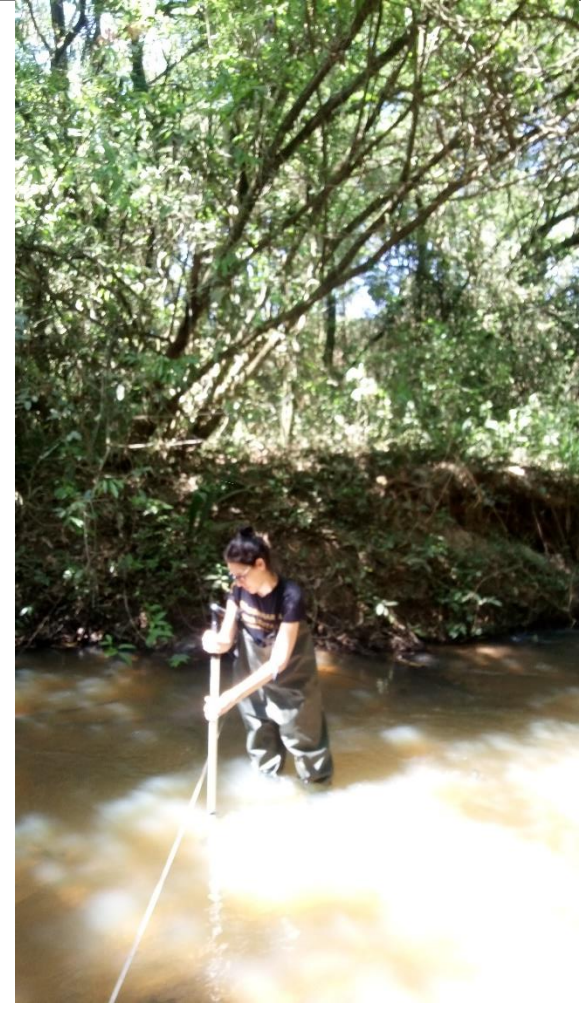
Julho/2019



Agosto/2019



Setembro/2019



Fuso 22S - Coordenadas UTM 776370,29 mE; 7505564,13 mS

Figura 86 - Medições de velocidade de fluxo na SB(A).

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas - SB(B)

Julho/2019

Agosto/2019

Novembro/2019



Fuso 23S - Coordenadas UTM 800492,47 mE; 7496422,42 mS

Figura 87 - Medições de velocidade de fluxo na SB(B).

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira - SB(C)

Agosto/2019



Outubro/2019



Abril/2020



Fuso 23S - Coordenadas UTM 234868,40 mE; 7489055,99 mS

Figura 88 - Medições de velocidade de fluxo na SB(C).



Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros - SB(D)

Junho/2019



Julho/2019



Dezembro/2019



Fuso 23S - Coordenadas UTM 242904,40 mE; 7490589,00 mS

Figura 89 - Medições de velocidade de fluxo na SB(D).

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças - SB(E)

Agosto/2019



Outubro/2019



Janeiro/2020



Fuso 23S - Coordenadas UTM 318120,79 mE; 7473211,14 mS

Figura 90 - Medições de velocidade de fluxo na SB(E).

Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão do Jacaré - SB(F)

Julho/2019



Agosto/2019



Janeiro/2020



Fuso 23S - Coordenadas UTM 310957,21 mE; 7451083,20 mS

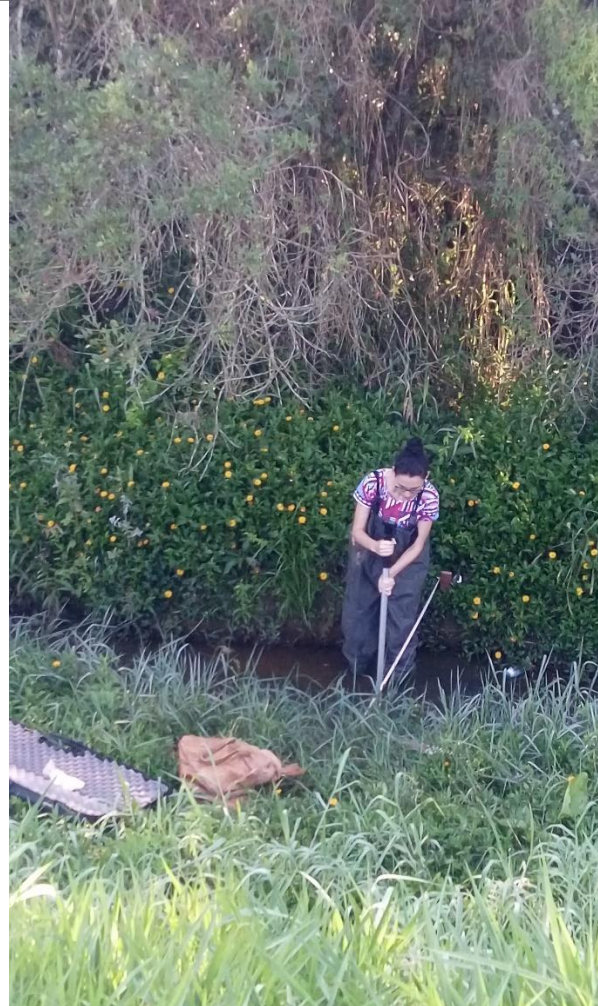
Figura 91 - Medições de velocidade de fluxo na SB(F).

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga - SB(G)

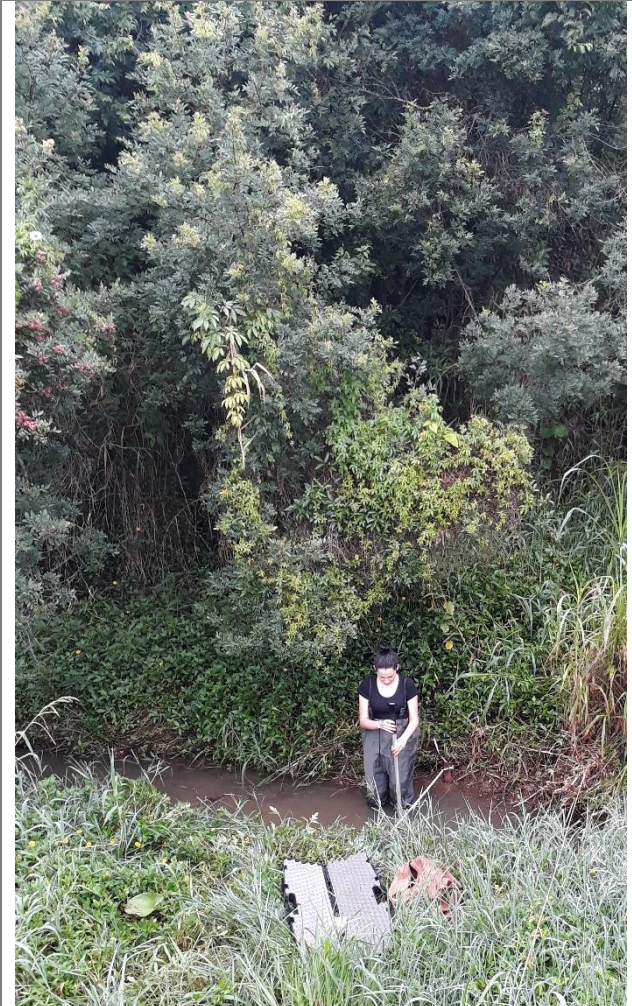
Julho/2019



Setembro/2019



Janeiro/2020

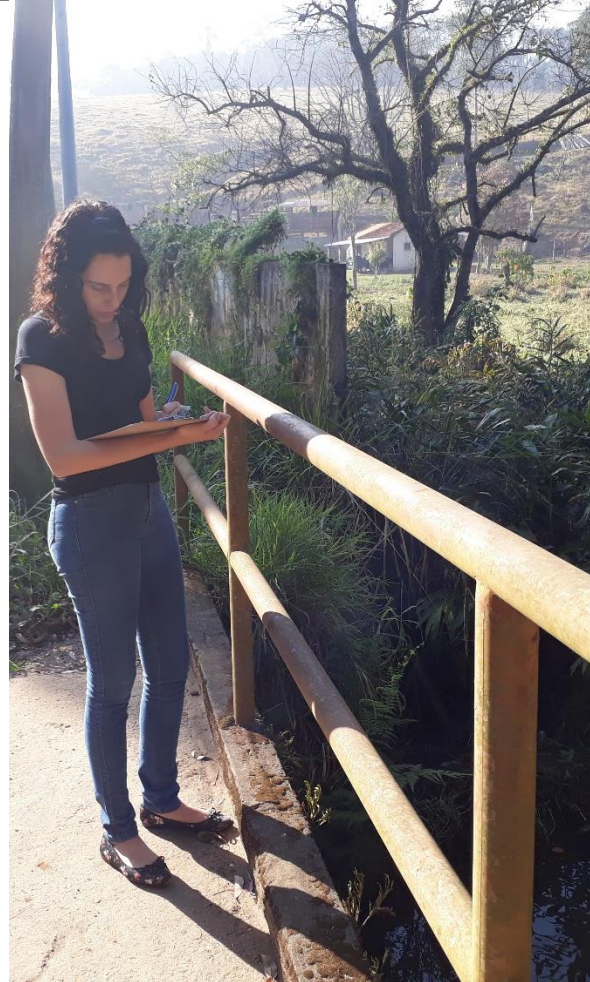


Fuso 23S - Coordenadas UTM 333482,46 mE; 7437087,65 mS

Figura 92 - Medições de velocidade de fluxo na SB(G).

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Morte - SB(H)

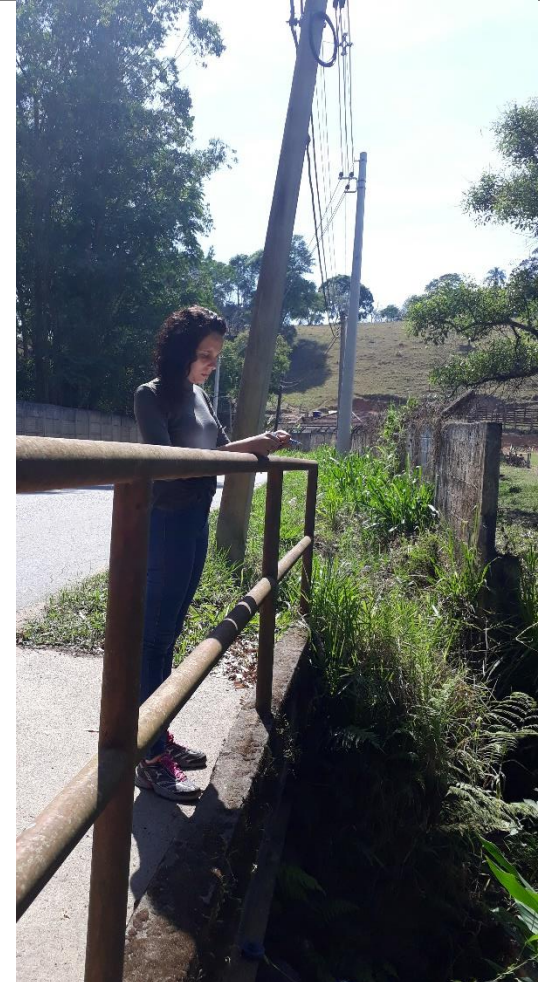
Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019



Fuso 23S - Coordenadas UTM 354246,40 mE; 7436418,86 mS

Figura 93 - Medições de velocidade de fluxo na SB(H)

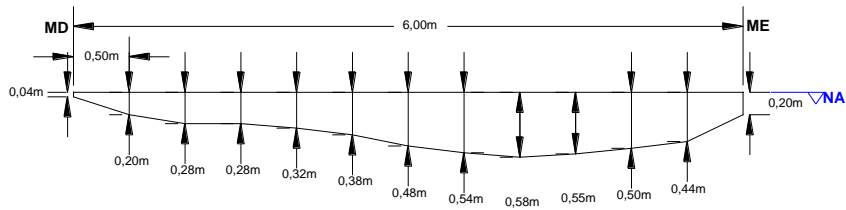
**APÊNDICE E - Perfis transversais do canal de drenagem principal das SBH-OE**

As siglas apresentadas nas Tabelas 36 a 43 estão descritas abaixo:

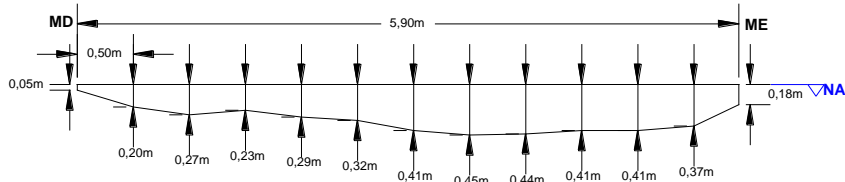
<b>Siglas</b>	<b>Descrição</b>
<b>AS</b>	Área da Seção Transversal do Rio (m <sup>2</sup> )
<b>LR</b>	Largura do Rio (m)
<b>M</b>	Mês referente à medição da velocidade de fluxo
<b>P</b>	Número de pontos onde foi aferida a velocidade de fluxo
<b>V</b>	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
<b>VF</b>	Velocidade de Fluxo em cada ponto (m/s)
<b>VFM</b>	Velocidade de Fluxo Média (m/s)

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(A)

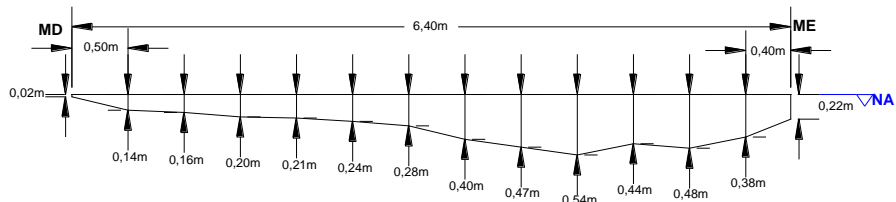
Maio/2019



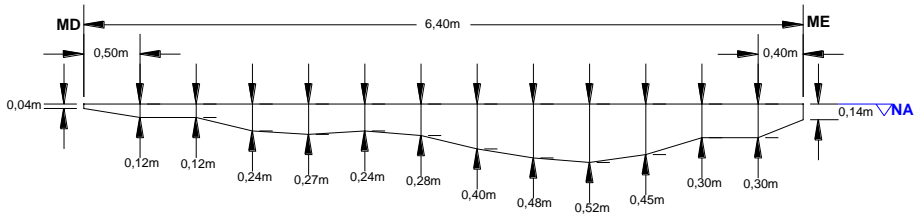
Junho/2019



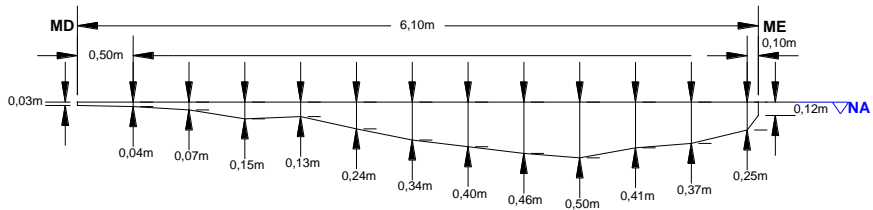
Julho/2019



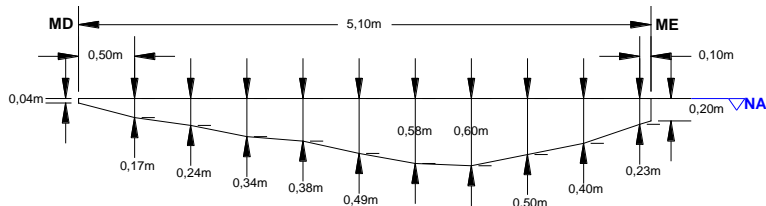
Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019

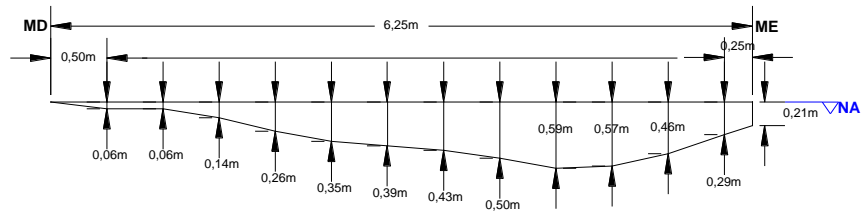


**Figura 94** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(A) para os meses de maio a outubro de 2019.

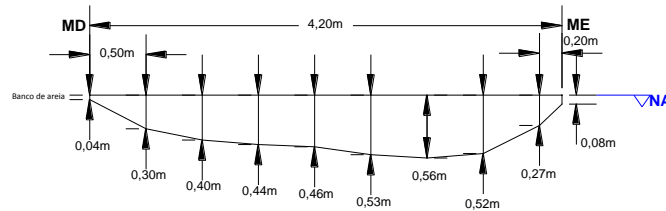


## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(A)

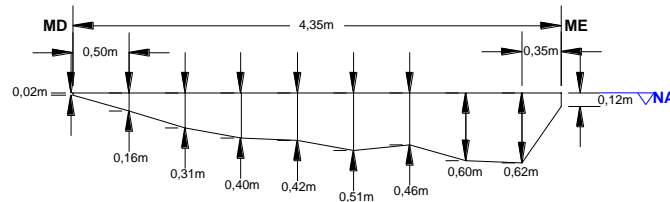
Novembro/2019



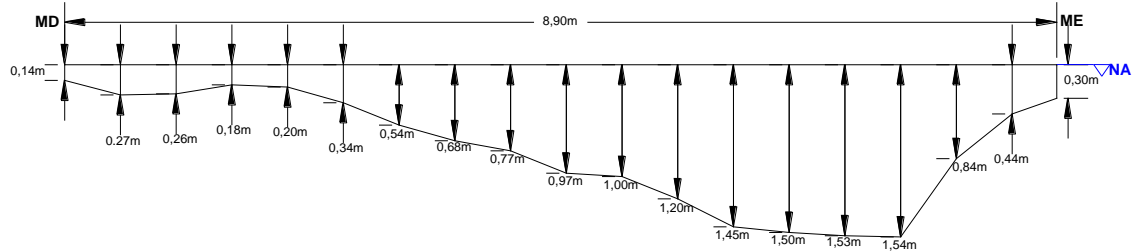
Dezembro/2019



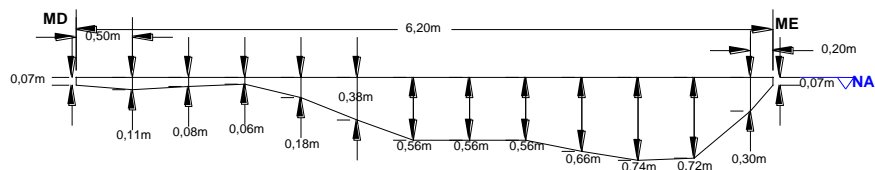
Janeiro/2020



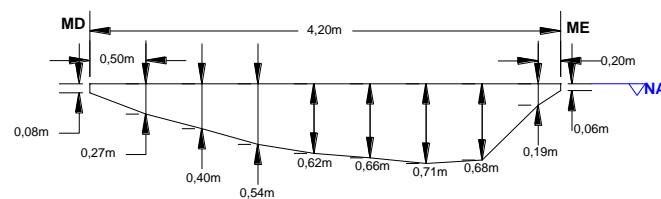
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 95** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(A) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 36 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(A).

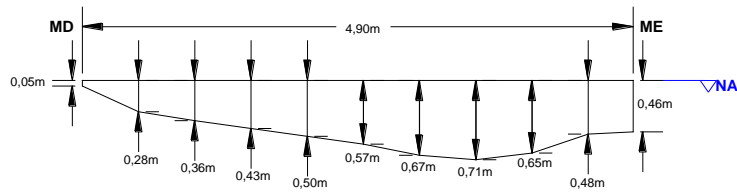
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VF	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Maio	6,00	2,3350	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,35	0,81		
			60%	0,00	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50	0,60	0,30	0,40	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50	0,60	0,30	0,40	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
Junho	5,90	1,9300	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,33	0,64		
			60%	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,60	0,50	0,50	0,60	0,20	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,60	0,50	0,50	0,60	0,20	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
Julho	6,40	2,0000	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,34	0,67		
			60%	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,20	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,20	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
Agosto	6,40	1,8830	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,34	0,63		
			60%	0,00	0,20	0,20	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,40	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,20	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,40	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
Setembro	6,10	1,6435	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,26	0,42		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,50	0,50	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,50	0,50	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
Outubro	5,10	1,9390	20%	.	.	.	.	.	.	.	0,60	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,33	0,64		
			60%	0,00	0,20	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	.	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

**Tabela 36 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(A). (Continuação).

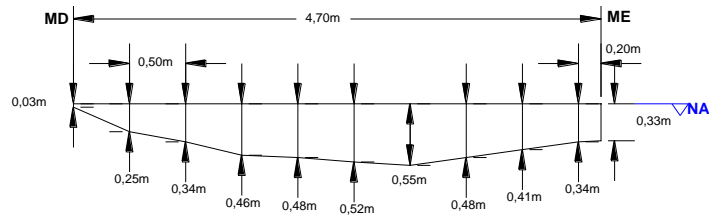
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Novembro	6,25	2,0400	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32	0,66		
			60%	0,00	0,10	0,20	0,20	0,30	0,50	0,60	0,50	0,60	0,70	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,20	0,20	0,30	0,50	0,60	0,50	0,60	0,70	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.			.	
Dezembro	4,20	1,7175	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,39	0,67		
			60%	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,70	0,40	0,50	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,70	0,40	0,50	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Janeiro	4,35	1,7195	20%	.	.	.	.	.	.	.	0,40	0,60	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,29	0,49		
			60%	0,00	0,10	0,40	0,50	0,50	0,20	0,20	.	.	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	0,40	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,10	0,40	0,50	0,50	0,20	0,20	0,40	0,55	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Fevereiro	8,90	6,9280	20%	.	.	.	.	.	.	.	0,40	0,40	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,60	0,60	.	.	.	0,45	3,09		
			60%	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	.	.	.	.	.	0,80	0,80	0,60	0,60	.	0,30	0,20	.				
			80%	.	.	.	.	.	.	.	0,30	0,40	0,70	0,60	0,70	0,40	0,80	0,60	0,70	0,60	.	.	.				
			VF	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	0,35	0,40	0,65	0,75	0,80	0,70	0,83	0,67	0,63	0,60	0,30	0,20	.				
Março	6,20	2,4345	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,80	0,90	0,80	.	.	.	.	.	.	.	0,43	1,04			
			60%	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,40	0,50	0,80	0,80	.	.	.	0,40	0,10	.	.	.	.	.			.		
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,60	0,60	0,50	.	.	.	.	.	.	.			.		
			VF	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,40	0,50	0,80	0,80	0,70	0,75	0,65	0,40	0,10	.	.	.	.	.			.		
Abril	4,20	2,0325	20%	.	.	.	.	0,60	0,60	0,60	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,34	0,68			
			60%	0,10	0,00	0,20	0,40	.	.	.	.	0,50	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.		
			80%	.	.	.	.	0,40	0,60	0,50	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.		
			VF	0,10	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,55	0,50	0,50	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.		

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(B)**

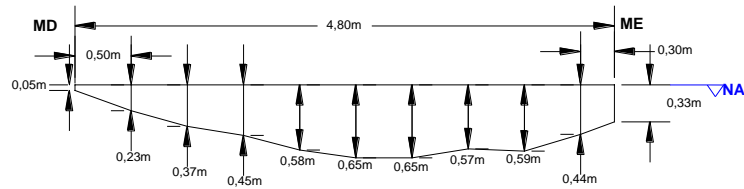
Maio/2019



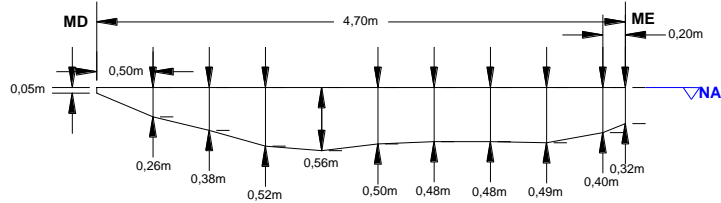
Junho/2019



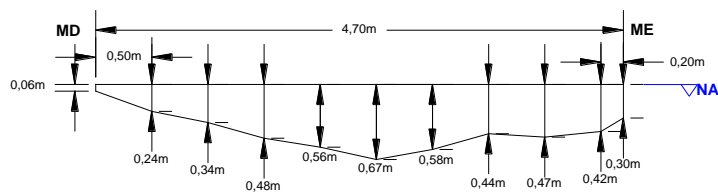
Julho/2019



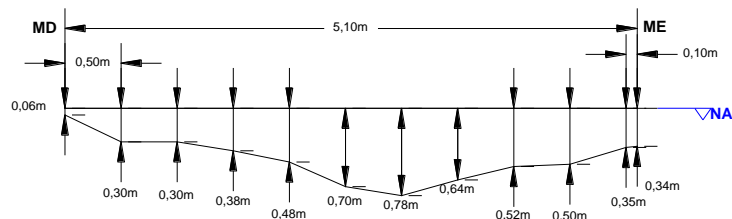
Agosto/2019



Setembro/2019



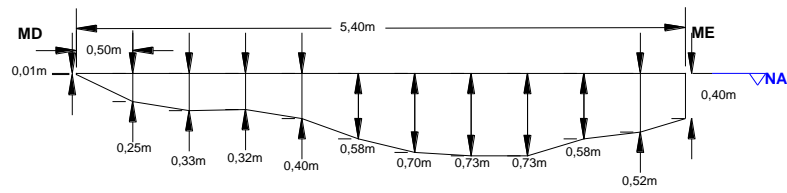
Outubro/2019



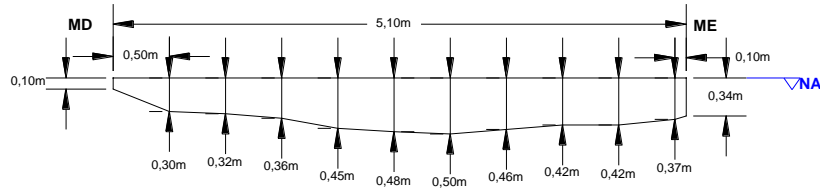
**Figura 96 - Perfis batimétricos do canal principal da SB(B) para os meses de maio a outubro de 2019.**

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(B)**

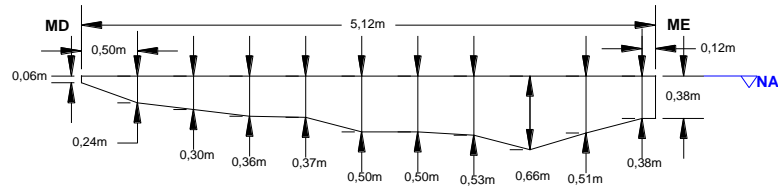
Novembro/2019



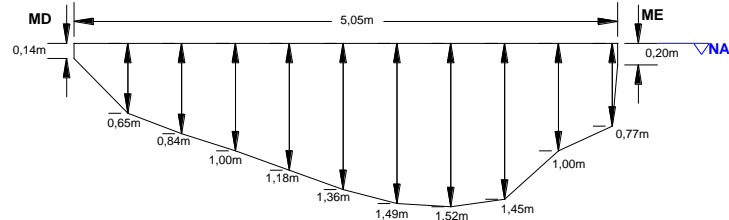
Dezembro/2019



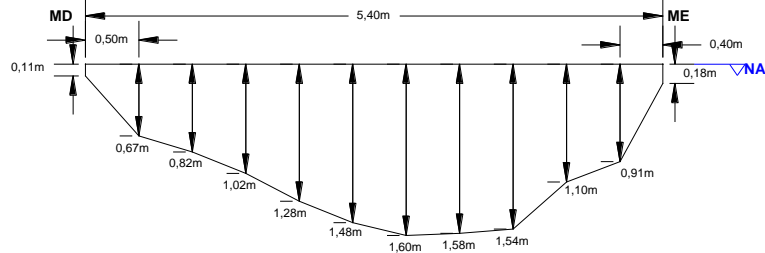
Janeiro/2020



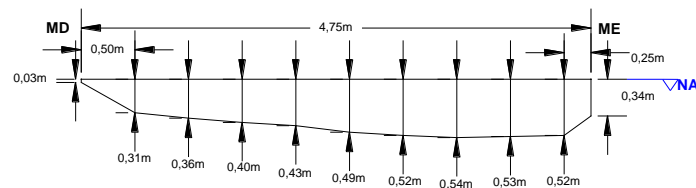
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 97** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(B) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 37 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(B).

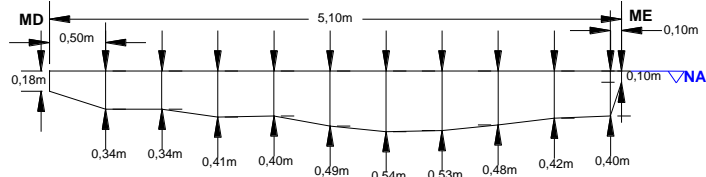
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Maio	4,90	2,4055	20%	.	.	.	.	.	.	0,60	0,30	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,30	0,72			
			60%	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,60	.	.	.	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.		
			80%	.	.	.	.	.	.	0,40	0,30	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			VF	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,60	0,50	0,30	0,10	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Junho	4,70	1,9045	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,28	0,54			
			60%	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,60	0,40	0,10	0,10	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,60	0,40	0,10	0,10	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
Julho	4,80	2,2830	20%	.	.	.	.	.	0,50	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,23	0,53			
			60%	0,00	0,20	0,40	0,60	0,50	.	.	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,60	0,50	0,45	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
Agosto	4,70	2,0195	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,22	0,44			
			60%	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
Setembro	4,70	2,0820	20%	.	.	.	.	.	0,60	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,25	0,52			
			60%	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	.	0,20	0,10	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,45	0,20	0,10	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
Outubro	5,10	2,4370	20%	.	.	.	.	.	0,80	0,70	0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,25	0,61			
			60%	0,00	0,10	0,40	0,50	0,60	.	.	.	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	0,20	0,30	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,10	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.

**Tabela 37 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(B) (Continuação).

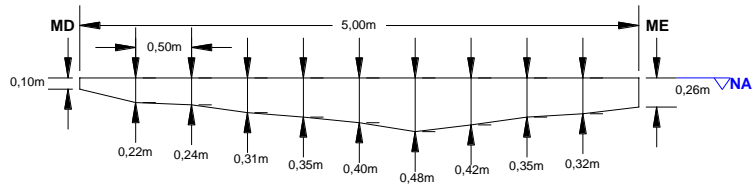
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Novembro	5,40	2,6265	20%	.	.	.	.	.	.	0,60	0,60	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,29	0,76			
			60%	0,00	0,10	0,40	0,60	0,50	0,60	.	.	.	0,10	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.		
			80%	.	.	.	.	.	.	0,20	0,20	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			VF	0,00	0,10	0,40	0,60	0,50	0,60	0,40	0,40	0,25	0,10	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Dezembro	5,10	2,0080	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,30	0,60			
			60%	0,00	0,20	0,60	0,40	0,60	0,60	0,50	0,40	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,60	0,40	0,60	0,60	0,50	0,40	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Janeiro	5,12	2,1406	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,29	0,62			
			60%	0,00	0,30	0,60	0,40	0,40	0,60	0,50	0,20	.	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,30	0,60	0,40	0,40	0,60	0,50	0,20	0,40	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Fevereiro	5,05	5,4968	20%	.	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60	0,60	0,50	0,50	0,30	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32	1,74			
			60%	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	0,10	0,20	0,40	0,40	0,40	0,50	0,40	0,40	0,30	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			VF	0,00	0,25	0,30	0,45	0,45	0,50	0,55	0,45	0,45	0,30	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Março	5,40	6,0180	20%	.	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,26	1,55			
			60%	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	0,00	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,50	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			VF	0,00	0,05	0,25	0,35	0,30	0,35	0,40	0,35	0,50	0,40	0,15	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
Abril	4,75	2,0350	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,37	0,76			
			60%	0,00	0,20	0,50	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	.
			VF	0,00	0,20	0,50	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(C)

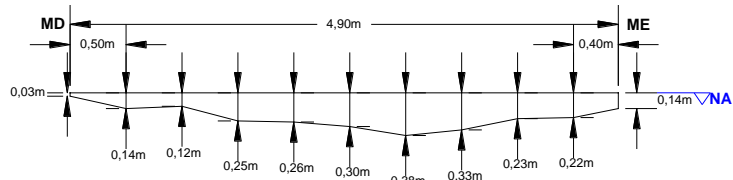
Maio/2019



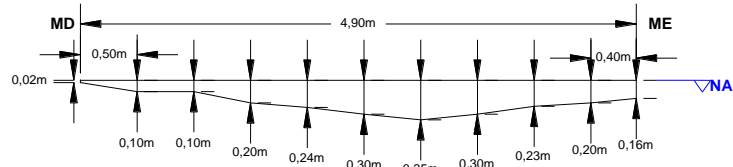
Junho/2019



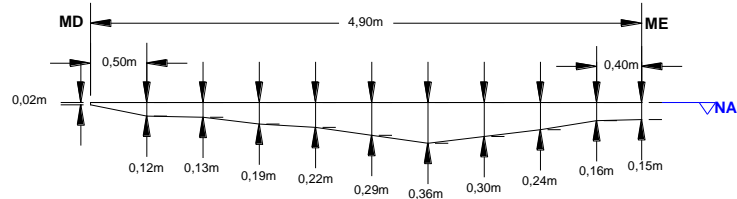
Julho/2019



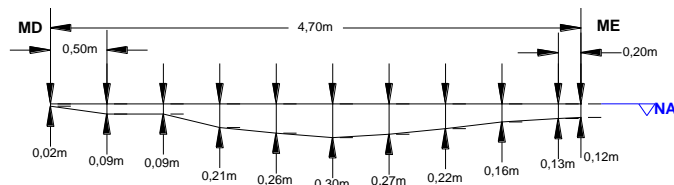
Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019

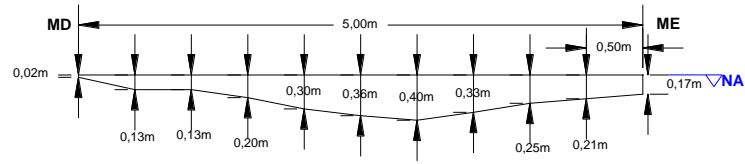


**Figura 98** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(C) para os meses de maio a outubro de 2019.

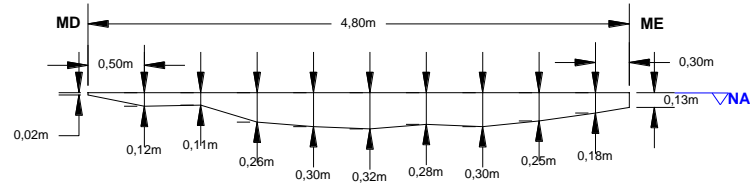


**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(C)**

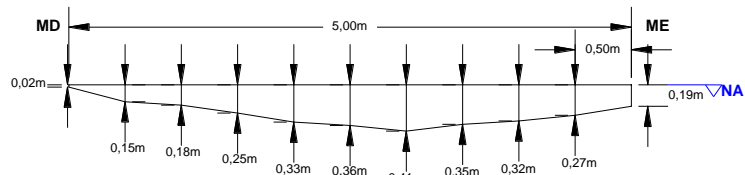
Novembro/2019



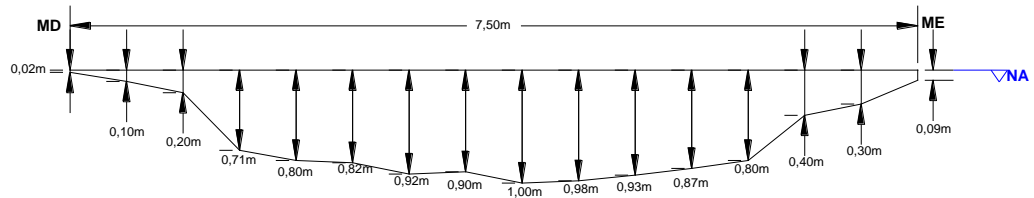
Dezembro/2019



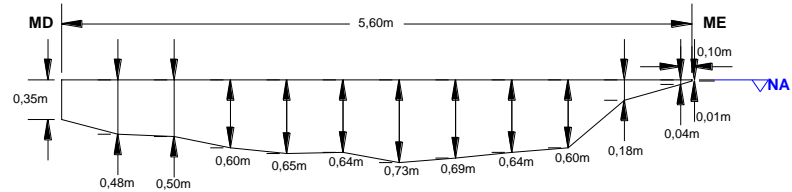
Janeiro/2020



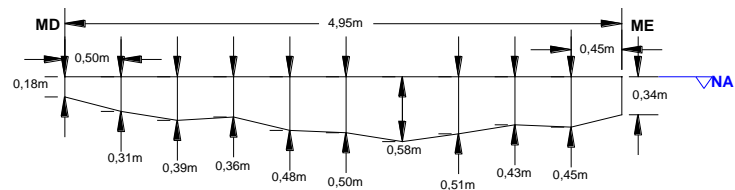
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 99** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(C) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 38 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(C).

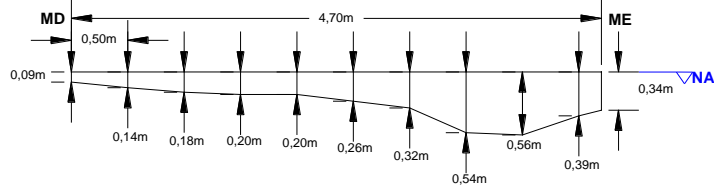
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Maio	5,10	2,1450	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,91	1,95		
			60%	1,00	1,10	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,80	0,80	0,20	0,50	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	1,00	1,10	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,80	0,80	0,20	0,50	.	.	.	.	.	.	.			.	
Junho	5,00	1,6350	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,70	1,14		
			60%	0,10	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	0,80	0,80	0,60	0,80	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,10	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	0,80	0,80	0,60	0,80	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Julho	4,90	1,1395	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62	0,70		
			60%	0,00	0,70	0,50	0,80	0,90	0,90	0,70	0,80	0,70	0,70	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,70	0,50	0,80	0,90	0,90	0,70	0,80	0,70	0,70	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Agosto	4,90	1,0370	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,52	0,54		
			60%	0,00	0,50	0,40	0,70	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,50	0,40	0,70	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Setembro	4,90	1,0320	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,53	0,54		
			60%	0,00	0,50	0,30	0,60	0,90	0,90	0,70	0,70	0,60	0,60	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,50	0,30	0,60	0,90	0,90	0,70	0,70	0,60	0,60	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Outubro	4,70	0,8625	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	0,31		
			60%	0,00	0,20	0,30	0,50	0,40	0,60	0,60	0,60	0,50	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,30	0,50	0,40	0,60	0,60	0,60	0,50	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

**Tabela 38** - Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(C) (Continuação).

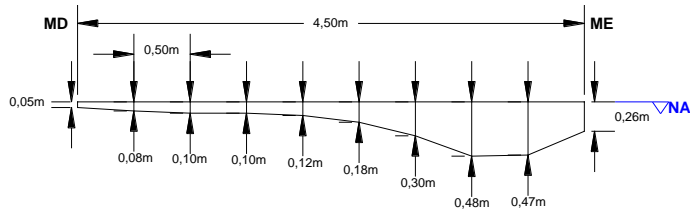
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Novembro	5,00	1,2025	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,52	0,62		
			60%	0,00	0,50	0,50	0,60	0,80	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,50	0,50	0,60	0,80	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Dezembro	4,80	1,0665	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38	0,41		
			60%	0,00	0,10	0,10	0,40	0,70	0,70	0,60	0,60	0,50	0,50	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,10	0,40	0,70	0,70	0,60	0,60	0,50	0,50	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Janeiro	5,00	1,3625	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,56	0,76		
			60%	0,00	0,60	0,60	0,50	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,60	0,60	0,50	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Fevereiro	7,50	4,8925	20%	.	.	.	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,70	0,60	.	.	.	.	.	.	0,63	3,07		
			60%	0,00	0,70	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,50	0,50	0,10	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,50	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,70	0,20	0,80	0,85	0,90	0,85	0,90	0,85	0,85	0,80	0,70	0,55	0,50	0,50	0,10	.	.	.	.			.	
Março	5,60	2,9550	20%	.	.	.	1,10	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,83	2,44		
			60%	1,00	1,00	1,10	.	.	.	.	.	.	.	0,80	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	0,80	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	1,00	1,00	1,10	0,95	1,05	1,05	1,00	0,85	0,85	0,80	0,80	0,30	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
Abril	4,95	2,1152	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,68	1,44		
			60%	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(D)

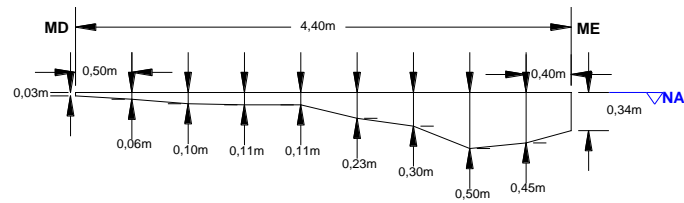
Maio/2019



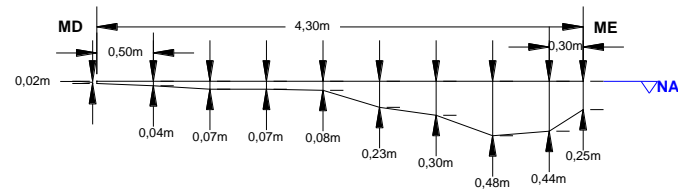
Junho/2019



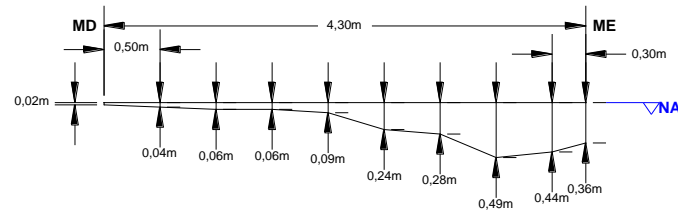
Julho/2019



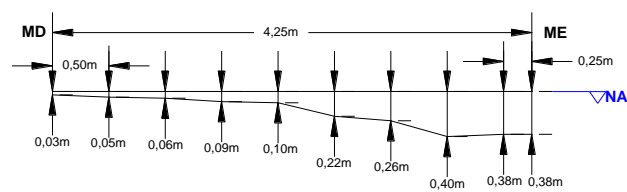
Agosto/2019



Setembro/2019



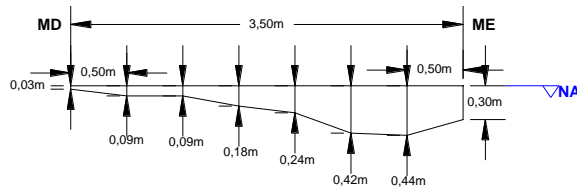
Outubro/2019



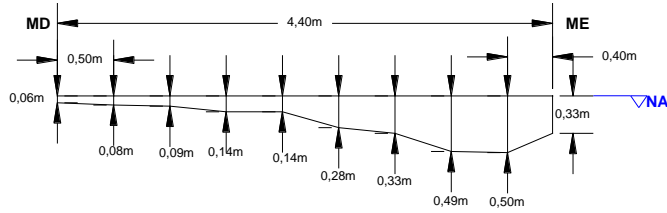
**Figura 100** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(D) para os meses de maio a outubro de 2019.

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(D)**

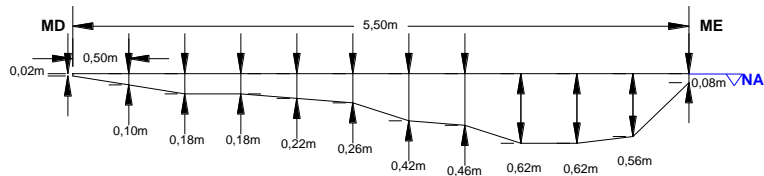
Novembro/2019



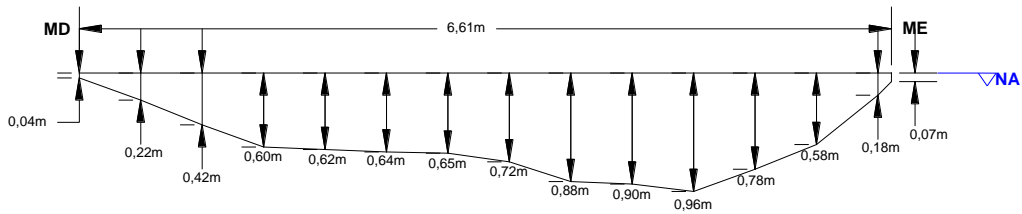
Dezembro/2019



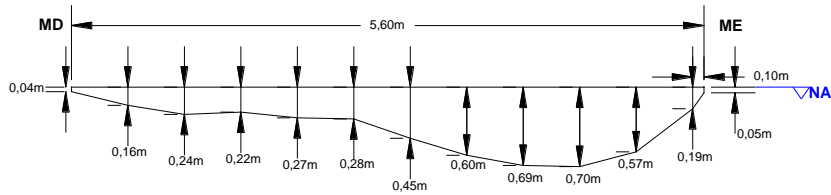
Janeiro/2020



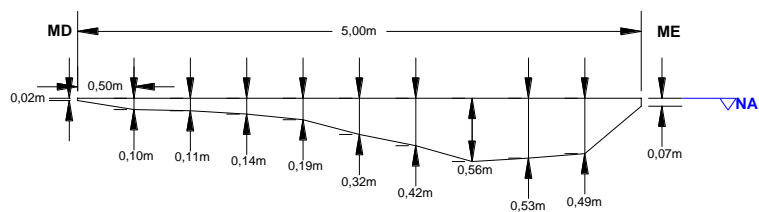
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 101** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(D) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 39 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(D).

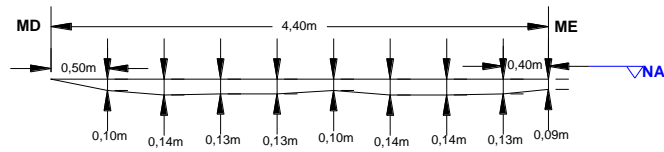
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Maio	4,70	1,3930	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,61	0,85		
			60%	0,10	0,40	0,60	0,60	0,70	0,90	1,00	0,90	1,00	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,10	0,40	0,60	0,60	0,70	0,90	1,00	0,90	1,00	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Junho	4,50	0,9925	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,46	0,46		
			60%	0,00	0,20	0,40	0,50	0,50	0,70	0,80	0,70	0,60	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,50	0,50	0,70	0,80	0,70	0,60	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Julho	4,40	0,9830	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,45	0,44		
			60%	0,00	0,20	0,20	0,50	0,60	0,60	0,80	0,70	0,80	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,20	0,50	0,60	0,60	0,80	0,70	0,80	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Agosto	4,30	0,8535	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38	0,32		
			60%	0,00	0,00	0,20	0,30	0,40	0,60	0,70	0,70	0,60	0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,20	0,30	0,40	0,60	0,70	0,70	0,60	0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Setembro	4,30	0,8650	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32	0,28		
			60%	0,00	0,00	0,20	0,10	0,40	0,60	0,70	0,60	0,50	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,20	0,10	0,40	0,60	0,70	0,60	0,50	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Outubro	4,25	0,7875	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32	0,25		
			60%	0,00	0,00	0,20	0,30	0,30	0,50	0,70	0,60	0,60	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,20	0,30	0,30	0,50	0,70	0,60	0,60	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.

**Tabela 39 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(D) (Continuação).

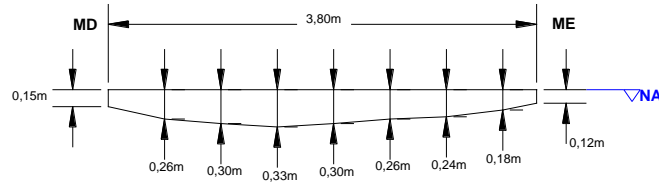
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Novembro	3,50	0,8125	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,39	0,31		
			60%	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,60	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Dezembro	4,40	1,0810	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,49	0,53		
			60%	0,00	0,00	0,40	0,50	0,50	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,40	0,50	0,50	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Janeiro	5,50	1,8350	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,80	0,80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,51	0,93		
			60%	0,00	0,10	0,50	0,50	0,60	0,80	0,90	0,90	.	.	0,40	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	0,60	0,60	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,50	0,50	0,60	0,80	0,90	0,90	0,70	0,70	0,40	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Fevereiro	6,61	4,0538	20%	.	.	.	1,00	1,70	1,70	1,60	1,70	1,40	1,00	0,80	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	0,70	2,85		
			60%	0,10	0,10	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	0,60	1,00	1,10	1,30	1,20	1,00	0,80	0,60	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,10	0,10	0,40	0,80	1,35	1,40	1,45	1,45	1,20	0,90	0,70	0,40	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.			.	
Março	5,60	2.1595	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	1,10	0,80	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,57	1,23		
			60%	0,00	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	1,00	.	.	.	0,50	0,20	0,10	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	1,10	1,00	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	1,00	1,10	0,90	0,70	0,50	0,20	0,10	.	.	.	.	.	.	.			.	
Abril	5,00	1,4525	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	0,51		
			60%	0,00	0,10	0,10	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80	0,60	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,10	0,10	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80	0,60	0,40	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(E)**

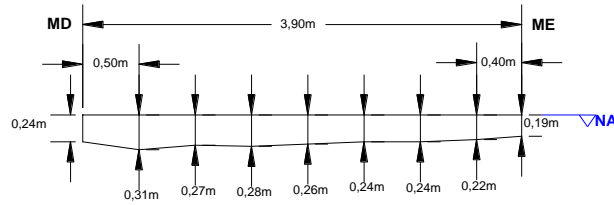
Maio/2019



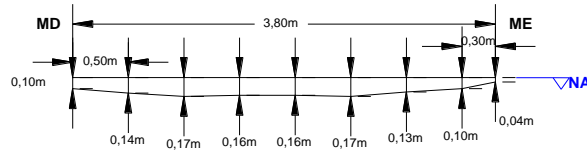
Junho/2019



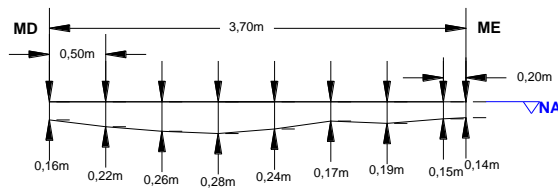
Julho/2019



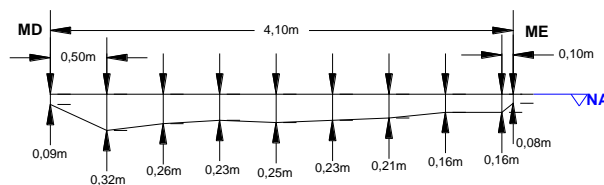
Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019

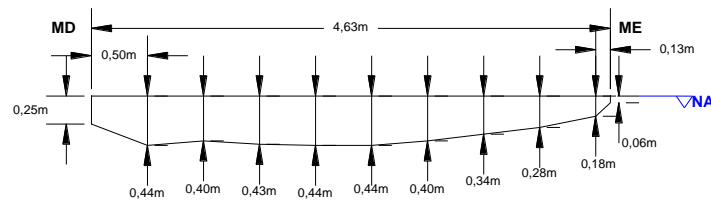


**Figura 102 - Perfis batimétricos do canal principal da SB(E) para os meses de maio a outubro de 2019.**

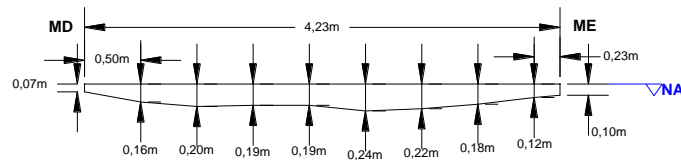


## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(E)

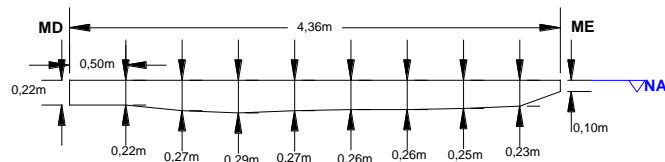
Novembro/2019



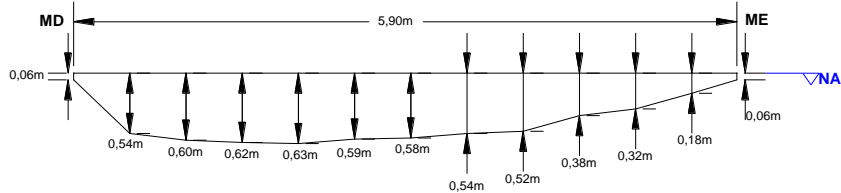
Dezembro/2019



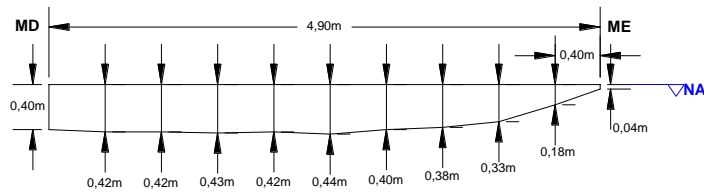
Janeiro/2020



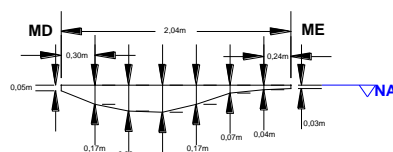
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 103** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(E) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 40 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(E).

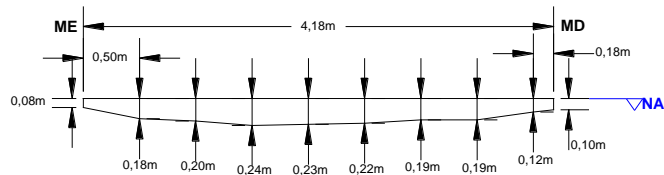
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Maio	4,40	0,5165	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,25	0,13		
			60%	0,00	0,20	0,20	0,50	0,40	0,50	0,40	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,20	0,20	0,50	0,40	0,50	0,40	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Junho	3,80	0,9725	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,02	0,02		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Julho	3,90	0,9970	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,03	0,03		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Agosto	3,80	0,5360	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,01	0,01		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Setembro	3,70	0,7865	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,02	0,02		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Outubro	4,10	0,9045	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,04	0,04		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

**Tabela 40 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(E) (Continuação).

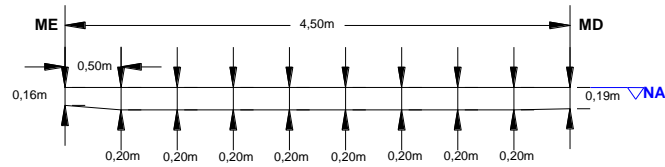
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Novembro	4,63	1,7081	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,13	0,22		
			60%	0,00	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Dezembro	4,23	0,7628	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,09	0,07		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Janeiro	4,36	1,0819	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,05	0,05		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Fevereiro	5,90	2,7680	20%	.	.	0,40	0,50	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,21	0,57		
			60%	0,00	0,00	.	.	.	0,60	0,60	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	0,20	0,10	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,30	0,30	0,60	0,60	0,60	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
Março	4,90	1,8090	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,05	0,08		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Abril	2,04	0,2859	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,11	0,03		
			60%	0,10	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,10	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(F)

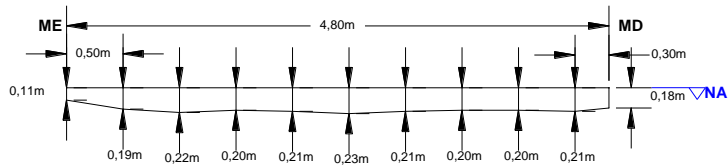
Maio/2019



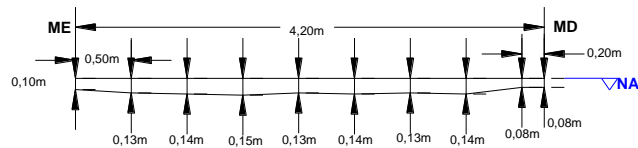
Junho/2019



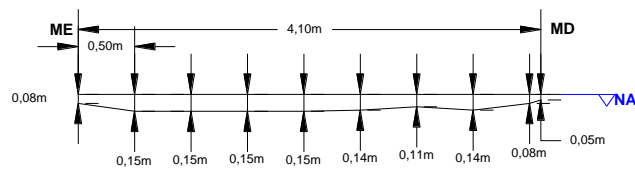
Julho/2019



Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019

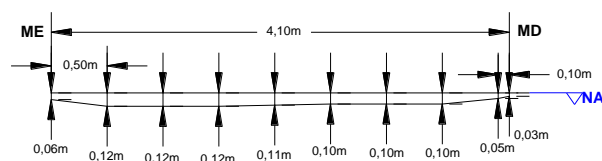
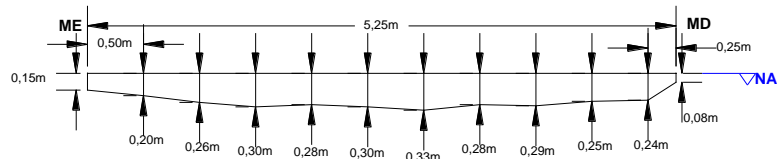


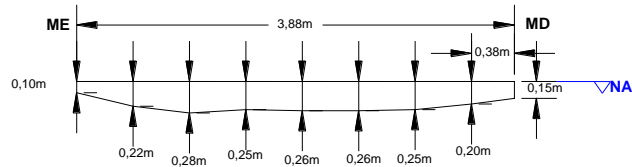
Figura 104 - Perfis batimétricos do canal principal da SB(F) para os meses de maio a outubro de 2019.

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(F)

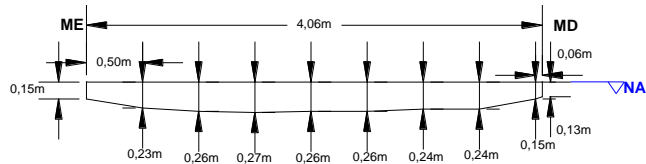
Novembro/2019



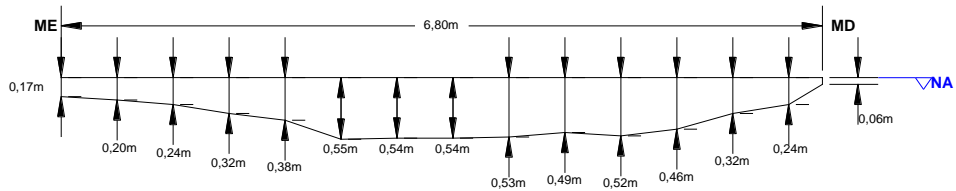
Dezembro/2019



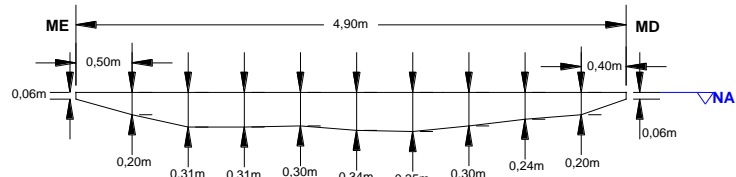
Janeiro/2020



Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020

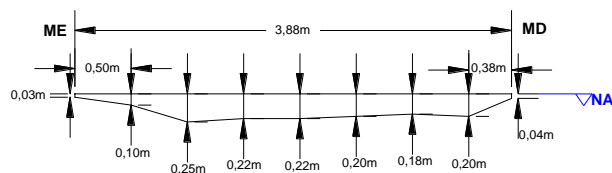


Figura 105 - Perfis batimétricos do canal principal da SB(F) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 41 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(F).

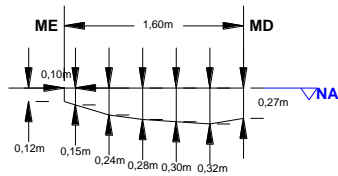
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Maio	4,18	0,7948	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,08	0,06		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Junho	4,50	0,8875	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,19	0,17		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,40	0,40	0,30	0,50	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,40	0,40	0,30	0,50	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Julho	4,80	0,9685	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,24	0,23		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,20	0,40	0,40	0,60	0,60	0,30	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,20	0,40	0,40	0,60	0,60	0,30	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Agosto	4,20	0,5410	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,14	0,08		
			60%	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Setembro	4,10	0,5415	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,15	0,08		
			60%	0,00	0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	0,30	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	0,30	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
Outubro	4,10	0,4165	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,11	0,05		
			60%	0,00	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.

**Tabela 41 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(F) (Continuação).

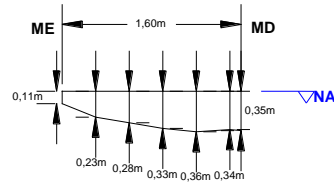
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Novembro	5,25	1,3825	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,25	0,35		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	1,20	0,90	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,20	1,20	0,90	0,10	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Dezembro	3,88	0,9015	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,13	0,12		
			60%	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Janeiro	4,06	0,9630	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,09	0,09		
			60%	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Fevereiro	6,80	2,6925	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,25	0,66		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,50	0,60	0,60	0,80	0,60	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.				
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,50	0,60	0,60	0,80	0,60	0,20	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.				
Março	4,90	1,2920	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,16	0,20		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,30	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			VF	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,40	0,40	0,30	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
Abril	3,88	0,6881	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,11	0,08		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
			VF	0,00	0,00	0,10	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(G)**

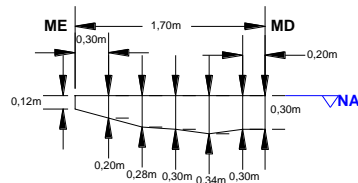
Maio/2019



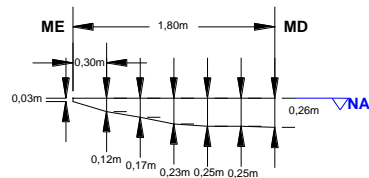
Junho/2019



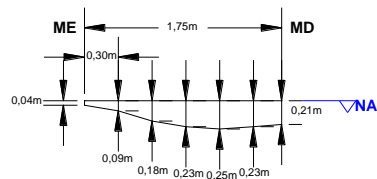
Julho/2019



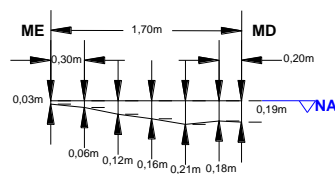
Agosto/2019



Setembro/2019



Outubro/2019

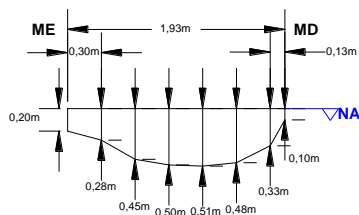


**Figura 106** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(G) para os meses de maio a outubro de 2019.

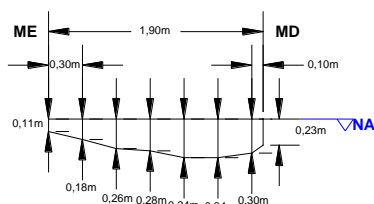


## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(G)

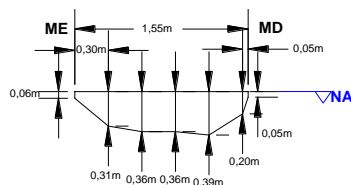
Novembro/2019



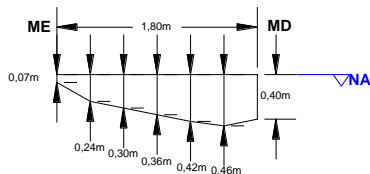
Dezembro/2019



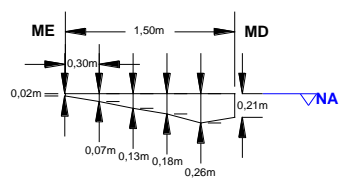
Janeiro/2020



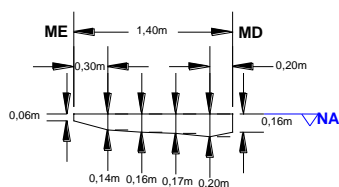
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 107** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(G) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 42 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(G).

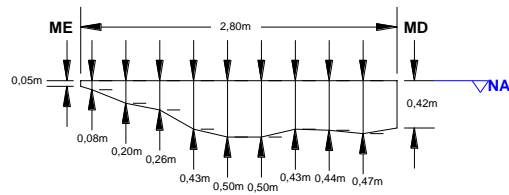
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																		VFM	V		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			19	20
Maio	1,60	0,4185	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,14	0,06	
			60%	0,00	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Junho	1,60	0,4620	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,10	0,05	
			60%	0,00	0,00	0,10	0,30	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,30	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Julho	1,70	0,4590	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,16	0,07	
			60%	0,00	0,10	0,20	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,10	0,20	0,50	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Agosto	1,80	0,3495	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,07	0,02	
			60%	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Setembro	1,75	0,3205	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,04	0,01	
			60%	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Outubro	1,70	0,2335	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,01	0,003	
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.

**Tabela 42 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(G) (Continuação).

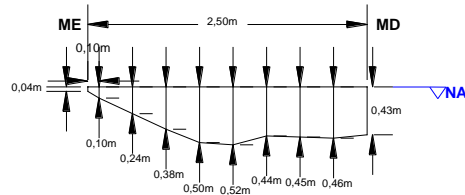
M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Novembro	1,93	0,7734	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	0,31	
			60%	0,10	0,10	0,60	1,20	0,90	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,10	0,10	0,60	1,20	0,90	0,20	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Dezembro	1,90	0,5080	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,15	0,08	
			60%	0,00	0,10	0,10	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,10	0,10	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Janeiro	1,55	0,4712	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,09	0,04	
			60%	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Fevereiro	1,80	0,6045	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,70	0,42	
			60%	0,00	0,50	0,80	1,00	0,90	1,00	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,50	0,80	1,00	0,90	1,00	0,70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Março	1,50	0,2265	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,30	0,07	
			60%	0,00	0,10	0,50	0,50	0,50	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,10	0,50	0,50	0,50	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Abril	1,40	0,2160	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,20	0,04	
			60%	0,00	0,30	0,30	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,30	0,30	0,40	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.

## Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(H)

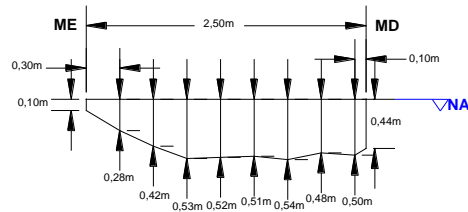
Maio/2019



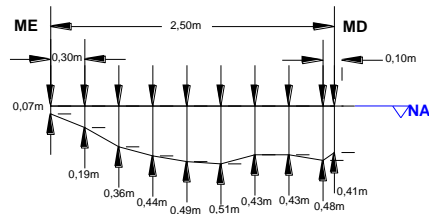
Junho/2019



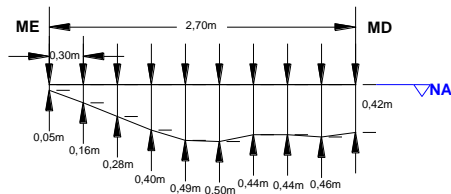
Julho/2019



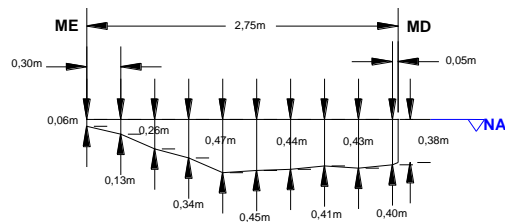
Agosto/2019



Setembro/2019



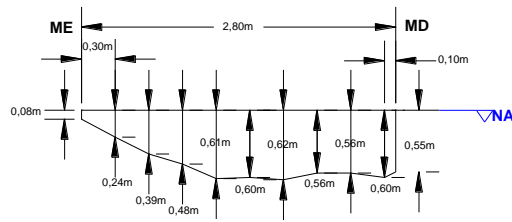
Outubro/2019



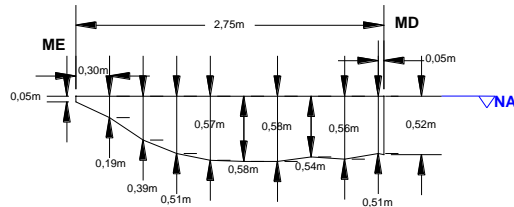
**Figura 108** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(H) para os meses de maio a outubro de 2019.

**Perfis batimétricos do curso d'água principal da SB(H)**

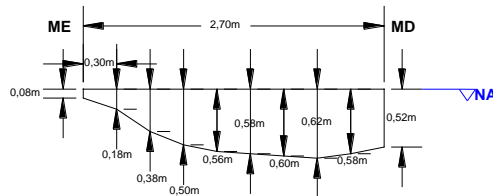
Novembro/2019



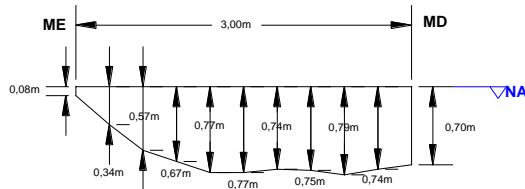
Dezembro/2019



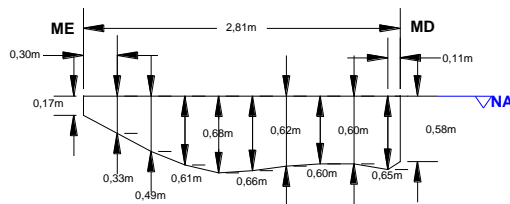
Janeiro/2020



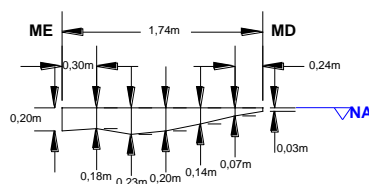
Fevereiro/2020



Março/2020



Abril/2020



**Figura 109** - Perfis batimétricos do canal principal da SB(H) para os meses de novembro de 2019 a abril de 2020.

**Tabela 43 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(H).

M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VFM	V	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Maio	2,80	1,0505	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,04	0,04		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.			.	
Junho	2,50	0,9835	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,06	0,06		
			60%	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Julho	2,50	1,1210	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,05	0,06		
			60%	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Agosto	2,50	0,9820	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,03	0,03		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Setembro	2,70	1,0215	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,02	0,02		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
Outubro	2,75	0,9675	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,03	0,03		
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.	.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.	

**Tabela 43 -** Medições de velocidade de fluxo e a vazão para cada mês analisado da SB(H) (Continuação).

M	LR	AS	VF	Velocidade de fluxo em cada ponto																				VF	V
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Novembro	2,80	1,3775	20%	.	.	.	.	0,10	0,20	0,10	.	.	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,08	0,11
			60%	0,00	0,00	0,00	0,10	.	.	.	0,10	0,10	.	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
			80%	.	.	.	.	0,10	0,10	0,10	.	.	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
			VF	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.		
Dezembro	2,75	1,2857	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,04	0,05	
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Janeiro	2,70	1,2900	20%	.	.	.	.	.	.	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,03	0,03	
			60%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	.	.	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	0,10	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,05	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Fevereiro	3,00	1,9590	20%	.	.	.	0,10	0,10	0,10	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.	0,20	0,39	
			60%	0,00	0,00	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	0,10	0,20	0,20	0,40	0,40	0,20	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VF	0,00	0,00	0,10	0,10	0,15	0,15	0,40	0,40	0,30	0,40	0,20	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Março	2,81	1,5677	20%	.	.	.	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,06	0,09	
			60%	0,00	0,00	0,00	.	.	.	.	.	.	.	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VFM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.			.
Abril	1,74	0,2775	20%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,11	0,03	
			60%	0,00	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			80%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.
			VFM	0,00	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			.

**APÊNDICE F - Registros do monitoramento pluviométrico realizado nas SBH-OE**



Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata - SB(A)	Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Tabaranas - SB(B)
	
<p>Fuso 22S - Coordenadas UTM 775986,92 mE; 7505627,74 mS</p>	<p>Fuso 22S - Coordenadas UTM 799980,57 mE; 7496814,03 mS</p>
Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira - SB(C)	Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Coqueiros - SB(D)
	
<p>Fuso 23S - Coordenadas UTM 239228,84 mE; 7502357,37 mS</p>	<p>Fuso 23S - Coordenadas UTM 244125,33 mE; 7491503,96 mS</p>

**Figura 110** - Pluviômetros digitais instalados nas SB(A), SB(B), SB(C), SB(D).

<p align="center"><b>Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Onças - SB(E)</b></p>	<p align="center"><b>Sub-bacia hidrográfica do Afluente do Ribeirão do Jacaré - SB(F)</b></p>
	
<p align="center">Fuso 23S - Coordenadas UTM 318078,53 mE; 7473238,75 mS</p>	<p align="center">Fuso 23S - Coordenadas UTM 308097,75 mE; 7449954,79 mS</p>
<p align="center"><b>Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Folha Larga - SB(G)</b></p>	<p align="center"><b>Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Morte - SB(H)</b></p>
	
<p align="center">Fuso 23S - Coordenadas UTM 332148,18 mE; 7436169,89 mS</p>	<p align="center">Fuso 23S - Coordenadas UTM 354466,74 mE; 7435095,50 mS</p>

**Figura 111** - Pluviômetros digitais instalados nas SB(E), SB(F), SB(G), SB(H).

**APÊNDICE G - Mapas de Pedologia e Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e  
descrição das classes de solos**

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Descrição	Profundidade	Textura_1	Textura_2
AF - Afloramento Rochoso + NEOSSOLO LITÓLICO indiscriminado	Raso	-	-
Área Urbana	-	-	-
Rios, Represas e Lagoas	-	-	-
CX1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico A moderado, textura média, fase relevo forte ondulado	Pouco Profundo	Média	-
CX2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado ou proeminente, textura indiscriminada, bem a imperfeitamente drenado, fase relevo suave ondulado	Pouco Profundo	Indiscriminada	-
CX4 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado, textura média + NEOSSOLO LITÓLICO A moderado, substrato sedimentos do Grupo Tubarão, ambos fase relevo ondulado	Pouco Profundo e Raso	Média	-
CX5 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado, textura média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO A moderado ou proeminente, textura arenosa/média, ambos fase relevo ondulado	Pouco Profundo e Profundo	Média	Arenosa/ Média
CX7 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado ou proeminente, textura indiscriminada, bem a imperfeitamente drenado + NEOSSOLO FLÚVICO e GLEISSOLO HÁPLICO/MELÂNICO, indiscriminados, todos fase relevo suave ondulado	Pouco Profundo	Indiscriminada	Indiscriminada
CX9 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico/Eutrófico, típico ou latossólico textura argilosa e média, A moderado e proeminente + ARGISSOLO AMARELO/VERMELHO-AMARELO Distrófico textura média/argilosa e argilosa, não rochoso e rochoso, ambos	Pouco Profundo e Profundo	Argilosa e Média	Média/ Argilosa e Argilosa
CX10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico/Eutrófico textura argilosa e média, A moderado e proeminente, fase não rochosa e rochosa, relevo forte ondulado	Pouco Profundo	Argilosa e Média	-
CX13 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico ou latossólico A moderado, textura argilosa ou argilosa com cascalho, fase substrato granitoides, relevo forte ondulado	Profundo e Muito Profundo	Argilosa	-
CX16 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb A moderado ou proeminente + LATOSSOLO AMARELO/VERMELHO-AMARELO típico ou cambissólico A moderado, ambos Distróficos, textura média ou argilosa, fase relevo forte ondulado	Pouco Profundo e Muito Profundo	Média e Argilosa	Média e Argilosa
CX21 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO textura argilosa ou média + NEOSSOLO LITÓLICO textura média, substrato granitoides, ambos Tb Distrófico A moderado, fase relevo forte ondulado e montanhoso	Pouco Profundo e Raso	Argilosa e Média	Média
CX24 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO textura média ou argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO textura média, substrato metassedimentos, ambos Tb Distróficos A moderado, fase relevo forte ondulado	Pouco Profundo e Raso	Média e Argilosa	Média
GM1 - Associação de GLEISSOLO MELÂNICO Ta/Tb Distrófico típico ou organossólico, textura indiscriminada + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico textura média e argilosa, ambos fase relevo plano	Pouco Profundo	Indiscriminada	Média e Argilosa
GM3 - Associação de GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico, textura argilosa + NEOSSOLO FLÚVICO Tb textura média + ORGANOSSOLO, ambos fase relevo plano	Pouco Profundo e Profundo	Argilosa	Média
GX2 - Complexo Indiscriminado de GLEISSOLO HÁPLICO ou MELÂNICO com ou sem ocorrência de ORGANOSSOLO, fase relevo plano	Pouco Profundo	Indiscriminada	-

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. (Continuação).

<b>Descrição</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Textura_1</b>	<b>Textura_2</b>
GX3 - Complexo de GLEISSOLO HÁPLICO e NEOSSOLO FLÚVICO, ambos Ta Eutrófico típico A moderado ou chernozêmico textura indiscriminada, ambos fase relevo plano	Pouco Profundo e Profundo	Indiscriminada	-
GX8 - Complexo de GLEISSOLO HÁPLICO/MELÂNICO + NEOSSOLO FLÚVICO, ambos indiscriminados + CAMBISSOLO HÁPLICO Eutrófico, Textura argilosa/média ou argilosa imperfeitamente drenado, todos fase relevo plano	Pouco Profundo e Profundo	Indiscriminada	Argilosa e Média
LV1 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo suave ondulado, fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV3 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico/Distroférico típico + NITOSSOLO VERMELHO Distroférico/Eutroférico, típico ambos A moderado e chernozêmico textura argilosa a muito argilosa, ambos fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
LV9 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico/Distroférico típico, A moderado e chernozêmico textura argilosa a muito argilosa, fase relevo ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV10 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico/Eutroférico típico, A moderado e chernozêmico textura argilosa a muito argilosa, fase relevo suave ondulado e ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV11 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV12 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico húmico textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV16 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado ou proeminente + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, álico, ambos textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo ondulado e suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
LV17 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distro/Acriférico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura média, álico, ambos fase relevo suave ondulado e ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Média
LV20 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, álico, relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
LV21 - LATOSSOLO VERMELHO ou VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado ou fraco textura média álico ou não álico, fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Média	-
LV23 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura média, álico + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, álico, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado	Muito Profundo	Média	Argilosa
LV25 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura argilosa, álico + LATOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa ou muito argilosa, ambos fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
LV27 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura argilosa, álico + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico ou Distroférico latossólico, A moderado textura argilosa a muito argilosa, ambos fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. (Continuação).

<b>Descrição</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Textura_1</b>	<b>Textura_2</b>
LV28 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura argilosa a muito argilosa, álico + ARGISSOLO VERMELHO indiscriminado, textura argilosa ou argilosa/muito argilosa, com ou sem cascalho, ambos fase relevo forte ondulado	Muito Profundo e Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
LVA1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado ou proeminente textura argilosa ou média, álico, fase relevo suave ondulado e ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Média	-
LVA3 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico, textura média ou argilosa, álico, fase relevo suave ondulado	Muito Profundo	Média e Argilosa	-
LVA4 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A proeminente ou húmico, textura argilosa cascalhenta, álico, fase pedregosa, relevo suave ondulado	Muito Profundo	Argilosa	-
LVA5 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico cambissólico, A moderado ou proeminente textura média ou argilosa, álico, fase relevo ondulado	Muito Profundo	Média e Argilosa	-
LVA6 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO, Distróficos típicos, A moderado ou fraco, textura média, álico ou não álico, fase relevo suave ondulado e ondulado	Muito Profundo	Média	-
LVA7 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura argilosa ou média, álico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, ambos fase relevo suave ondulado e ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Média	Arenosa
LVA8 - Grupamento indiferenciado de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos, A moderado textura média, intermediários para NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, ambos fase relevo ondulado	Muito Profundo e Profundo	Média	Arenosa
LVA10 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO Distrófico típico A moderado textura média ou argilosa, álico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura média ou argilosa, pedregoso ou não, ambos fase relevo forte ondulado e ondulado	Muito Profundo e Pouco Profundo	Média e Argilosa	Média e Argilosa
LVA12 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente textura média, álico + NITOSSOLO VERMELHO Distrito/Eutroférico latossólico, textura argilosa ou muito argilosa, ambos fase relevo ondulado	Muito Profundo	Média	Argilosa e Muito Argilosa
LVA16 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado textura argilosa, álico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura argilosa, rochoso ou não rochoso, ambos fase relevo forte ondulado	Muito Profundo e Pouco Profundo	Argilosa	Argilosa
LVA19 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa, álico + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A húmico textura argilosa, ambos fase relevo ondulado e forte ondulado	Muito Profundo	Argilosa	Argilosa
LVA20 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase relevo ondulado e forte ondulado	Muito Profundo	Argilosa	-
MT2 - CHERNOSSOLO ARGILÚVICO/HÁPLICO Órtico, textura argilosa, fase substrato sedimentos pelíticos, relevo ondulado	Profundo e Pouco Profundo	Argilosa	-
MT3 - Associação de CHERNOSSOLO ARGILÚVICO/HÁPLICO Órtico, textura argilosa, substrato sedimentos pelíticos + NEOSSOLO LITÓLICO Tb Eutrófico/Distrófico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, substrato sedimentos, ambos fase relevo ondulado	Pouco Profundo e Raso	Argilosa	-

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Continuação.

<b>Descrição</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Textura_1</b>	<b>Textura_2</b>
NV1 - NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A chernozêmico textura argilosa a muito argilosa, fase relevo suave ondulado e ondulado	Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
NV2 - NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo ondulado	Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
NV3 - NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico latossólico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo suave ondulado	Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	-
NV5 - Associação de NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico/Distroférico, A moderado textura argilosa a muito argilosa + LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa ou muito argilosa, ambos fase relevo ondulado	Muito Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
NV8 - Associação de NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Tb Eutrófico/Distrófico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, substrato sedimentos, ambos fase relevo ondulado	Profundo e Raso	Argilosa e Muito Argilosa	Indiscriminada
NV11 - Associação de NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abrupto, A moderado textura arenosa/argilosa ou média/argilosa, ambos fase relevo ondulado e forte ondulado	Profundo	Argilosa e Muito Argilosa	Arenosa/ Argilosa e Média/ Argilosa
OX3 - Associação de ORGANOSSOLO HÁPLICO + GLEISSOLO HÁPLICO ou MELÂNICO indiscriminados, ambos fase relevo plano	Pouco Profundo e Profundo	Indiscriminada	Indiscriminada
PV1 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico A moderado textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado	Profundo	Média/ Argilosa	
PV2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico nitossólico/chernossólico, textura média/argilosa, fase relevo ondulado	Profundo	Média/ Argilosa	-
PV7 - Grupamento indiscriminado de ARGISSOLO VERMELHO textura argilosa ou argilosa/muito argilosa com ou sem cascalho, todos fase relevo ondulado	Profundo	Argilosa e Argilosa/ Muito Argilosa	-
PV8 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO, textura argilosa ou argilosa/muito argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado textura argilosa, ambos fase relevo ondulado	Profundo	Argilosa e Argilosa/ Muito Argilosa	Argilosa
PV10 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO, textura argilosa ou argilosa/muito argilosa + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado textura argilosa ou muito argilosa, ambos fase relevo ondulado	Profundo	Argilosa e Argilosa/ Muito Argilosa	Argilosa e Argilosa/ Muito Argilosa
PVA3 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico A moderado, textura argilosa ou média, fase relevo ondulado e forte ondulado	Profundo	Argilosa e Média	-
PVA5 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico ou distrófico abrupto, A moderado textura média/argilosa, ou esossolítico textura arenosa/argilosa ou arenosa/média, ambos fase relevo ondulado	Profundo e Muito Profundo	Média/ Argilosa Arenosa/ Argilosa e Arenosa/ Média	-
PVA7 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico ou Distrófico abrupto, esossolítico ou não, textura média/argilosa, arenosa/argilosa ou arenosa/média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média ou média/argilosa	Profundo e Muito Profundo	Média/ Argilosa	Média e Média/ Argilosa

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. (Continuação).

<b>Descrição</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Textura_1</b>	<b>Textura_2</b>
PVA11 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abruptico ou não abruptico, A moderado ou proeminente, textura arenosa/argilosa ou média/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO, A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura média	Profundo e Raso	Arenosa/ Argilosa e Média/ Argilosa	Média
PVA12 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abruptico ou não abruptico, arênicos ou esossuarênicos, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média + NEOSSOLO LITÓLICO textura média, fase sedimentos Grupo Tubarão e Passa Dois, ambos Eutróficos	Profundo e Raso	Arenosa/ Média	Média
PVA14 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, álico ou não álico, A moderado ou fraco textura arenosa/média ou média, fase relevo ondulado e suave ondulado	Profundo	Arenosa/ Média e Média	-
PVA15 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado ou proeminente, textura média, argilosa ou média/argilosa, fase relevo ondulado e forte ondulado	Profundo	Média, Argilosa e Média/ Argilosa	-
PVA16 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO Distrófico latossólico, A moderado textura argilosa ou argilosa/muito argilosa, fase relevo forte ondulado e ondulado	Profundo e Muito Profundo	Argilosa e Argilosa/ Muito Argilosa	-
PVA19 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico esossuarênico abruptico, A moderado, textura arenosa/média, álico, fase relevo ondulado	Profundo	Arenosa/ Média	-
PVA21 - Grupamento de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura argilosa com cascalho e/ou cascalhento, todos fase relevo ondulado e forte ondulado	Profundo	Argilosa	-
PVA 22 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO típico, A moderado textura média ou média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO típico, A moderado textura média ou arenosa/média, ambos Distróficos, fase relevo ondulado	Profundo	Média e Média/ Argilosa	Média e Arenosa/ Média
PVA23 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO abruptico, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média ou média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO típico, A moderado, textura média ou média/argilosa, álico, ambos Distróficos	Profundo	Arenosa/ Média e Média/ Argilosa	Média e Média/ Argilosa
PVA24 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abruptico text. arenosa/média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO text. arenosa/média e média, ambos Distróficos, A moderado, fase relevo ondulado	Profundo	Arenosa/ Média	Arenosa/ Média e Média
PVA25 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO esossuarênico abruptico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO típico, ambos Distróficos, A moderado, textura arenosa/média, álicos, fase relevo ondulado	Profundo	Arenosa/ Média	Arenosa/ Média
PVA26 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abruptico ou típico, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO típico, A moderado, textura média, álico, ambos Distróficos, fase relevo forte ondulado e ondulado	Profundo	Arenosa/ Média	Média
PVA27 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico, A moderado, textura média/argilosa, álico + LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado textura argilosa a muito argilosa, álico + NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico	Profundo e Muito Profundo	Média/ Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
PVA28 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO típico, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média + CAMBISSOLO HÁPLICO A moderado textura média, ambos Distróficos, fase relevo ondulado	Profundo e Pouco Profundo	Arenosa/ Média	Média

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).



**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. (Continuação).

Descrição	Profundidade	Textura_1	Textura_2
PVA29 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO indiscriminado, com cascalho ou cascalhento + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico, A moderado, textura média, substrato Complexo Cristalino, ambos fase relevo ondulado e forte ondulado	Pouco Profundo e Raso	Indiscriminada	Média
PVA31 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO latossólico ou típico, álico ou não álico, A moderado ou fraco textura argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO típico A moderado, textura argilosa, ambos Distrófico	Profundo e Muito Profundo	Argilosa e Média/Argilosa	Argilosa
PVA32 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado ou proeminente, textura média/argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO, A moderado, textura argilosa, ambos fase relevo forte ondulado	Profundo e Muito Profundo	Média/Argilosa	Argilosa
PVA38 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa e argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb, textura média e argilosa, ambos A moderado, rochosos, fase relevo forte ondulado	Profundo e Pouco Profundo	Média/Argilosa e Argilosa	Média e Argilosa
PVA39 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO Distrófico/Eutrófico típico, A moderado ou proeminente, textura média/argilosa e argilosa, rochosos, fase relevo forte ondulado	Profundo	Média/Argilosa e Argilosa	-
RL1 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa ou muito argilosa, fase substrato basalto/diabásio, relevo regional ondulado localmente escarpado	Raso	Argilosa e Muito Argilosa	-
RL2 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, textura arenosa ou média, fase substrato sedimentos do Grupo Bauru, relevo regional ondulado localmente escarpado	Raso	Arenosa e Média	-
RL3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou proeminente, textura média, fase substrato sedimentos do Grupo Passa Dois, relevo ondulado	Raso	Média	-
RL4 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou chernozêmico, textura média, fase substrato sedimentos das Formações Botucatu e Pirambóia, relevo regional ondulado localmente escarpado	Raso	Média	-
RL5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura média, fase substrato sedimentos do Grupo Tubarão, relevo ondulado	Raso	Média	-
RL6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, textura média ou argilosa, fase substrato rochas indiscriminadas do Complexo Cristalino, relevo forte ondulado	Raso	Média e Argilosa	
RL8 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, A moderado ou chernozêmico + CHERNOSSOLO ARGILÚVICO/HÁPLICO Férrico ou Órtico, ambos textura argilosa, fase substrato basalto ou diabásio, relevo forte ondulado	Raso e Profundo	Argilosa	Argilosa
RL9 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, textura arenosa ou média, substrato arenito Botucatu-Pirambóia + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou chernozêmico, textura argilosa	Raso	Arenosa e Média	Argilosa
RL12 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, A moderado ou chernozêmico, substrato basalto ou diabásio + NITOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado + LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, todos textura argilosa	Raso e Profundo	Argilosa	Argilosa e Muito Argilosa
RL13 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico/Distrófico abrupto, A moderado ou proeminente, textura arenosa/argilosa ou média/argilosa	Raso e Profundo	Média	Arenosa/Argilosa e Média/Argilosa

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

**Tabela 44** - Descrição das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. (Continuação).

<b>Descrição</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Textura_1</b>	<b>Textura_2</b>
RL14 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO, A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abrupto, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média, ambos Eutróficos/Distróficos, fase relevo ondulado e suave	Raso e Profundo	Argilosa	Arenosa/ Média
RL15 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico, textura média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico/Distrófico abrupto ou não abrupto, espessoarênico, textura arenosa/média, pouco profundo, ambos A moderado ou proeminente	Raso e pouco Profundo	Média	Arenosa/ Média
RL18 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura média, substrato sedimentos do Grupo Tubarão + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico A moderado textura média, ambos fase relevo ondulado	Raso e pouco Profundo	Média	Média
RL23 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico textura média ou argilosa, com ou sem cascalho, fase substrato granitóides, relevo montanhoso e escarpado + Afloramento Rochoso	Raso	Média e Argilosa	-
RQ2 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, álico, fase relevo ondulado	Muito Profundo	Arenosa	-
RQ3 - Associação de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, álico + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura média, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado	Muito Profundo	Arenosa	Média
SX1 - Grupamento indiscriminado de PLANOSSOLO HÁPLICO Ta, A moderado, todos fase relevo plano	Profundo	Indiscriminada	-

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

# PEDOLOGIA

48°3'0"W

47°24'0"W

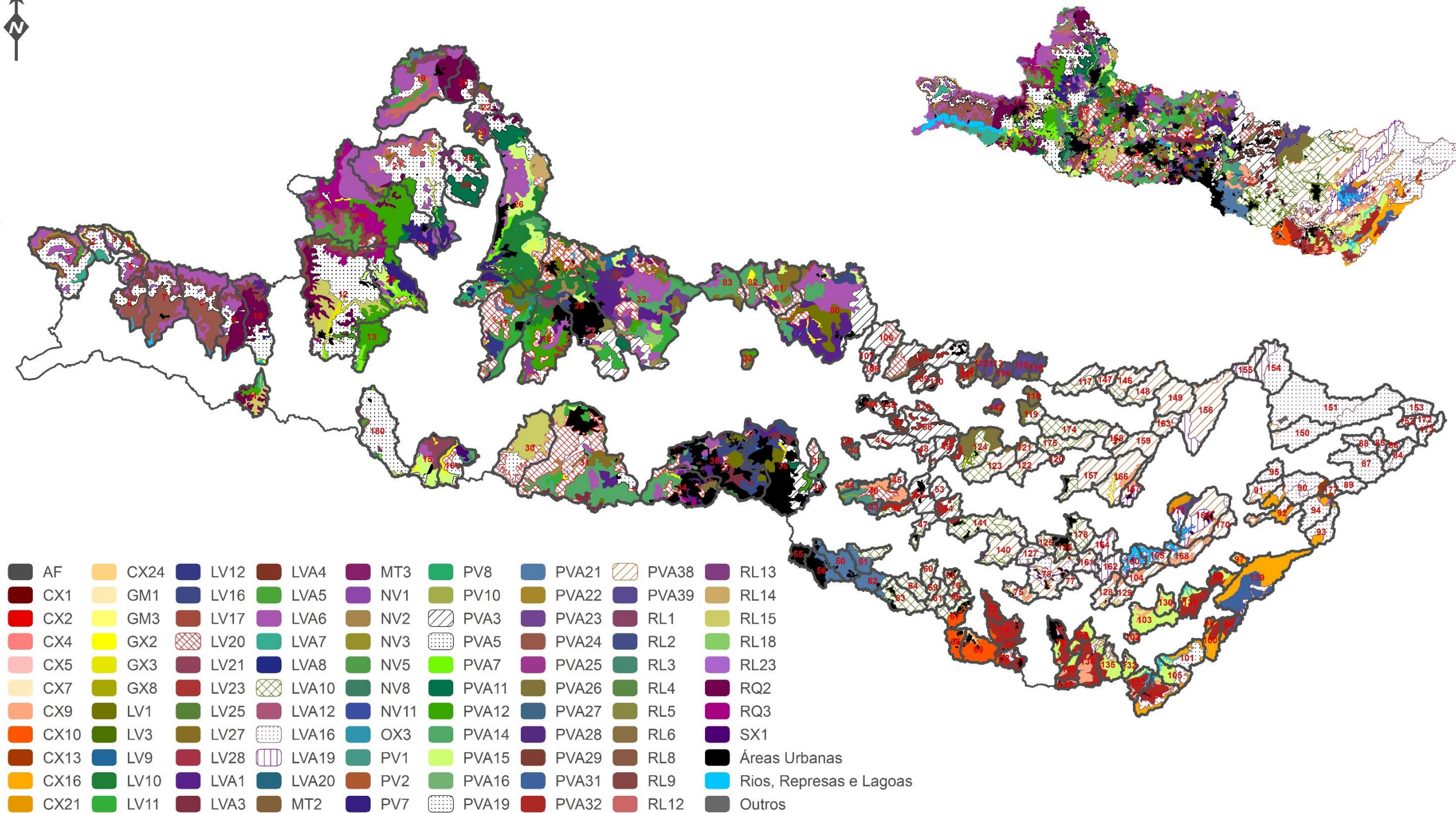
46°45'0"W

46°6'0"W



22°24'0"S

23°3'0"S



Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

DATUM: SIRGAS 2000

0 25 50 100 Km

Figura 112 - Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado de Rossi (2017) e IBGE (2019).

# GEOLOGIA

48°3'0"W

47°24'0"W

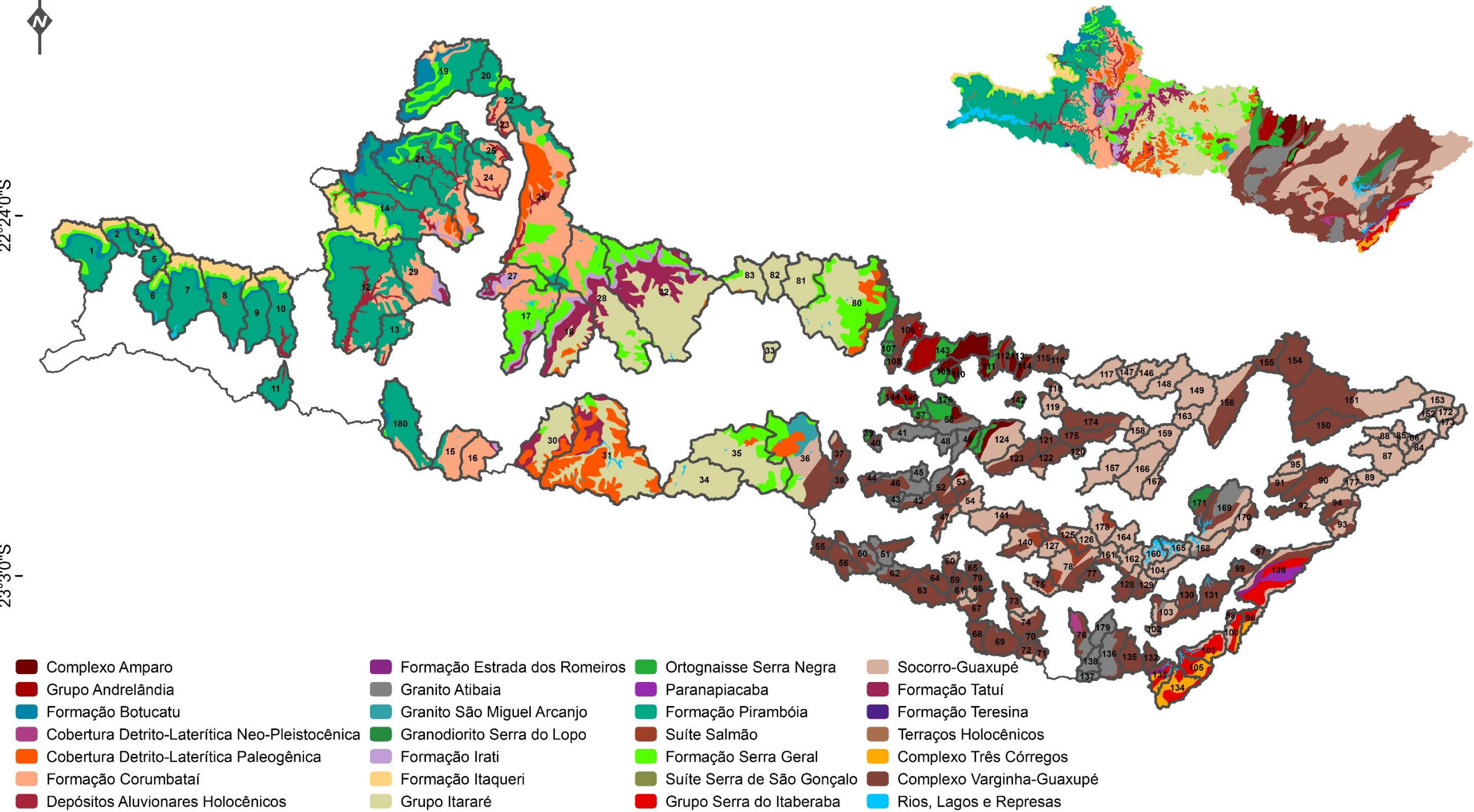
46°45'0"W

46°6'0"W



22°24'0"S

23°3'0"S



Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

DATUM: SIRGAS 2000



Figura 113 - Mapa das Unidades Litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Fonte: Adaptado do IBGE (2019).

**APÊNDICE H - Carta de Potencial ao Escoamento Superficial para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e os Planos de Informações utilizados para a sua elaboração**

# PLANOS DE INFORMAÇÃO USADOS PARA A ELABORAÇÃO DA CARTA DE POTENCIAL AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

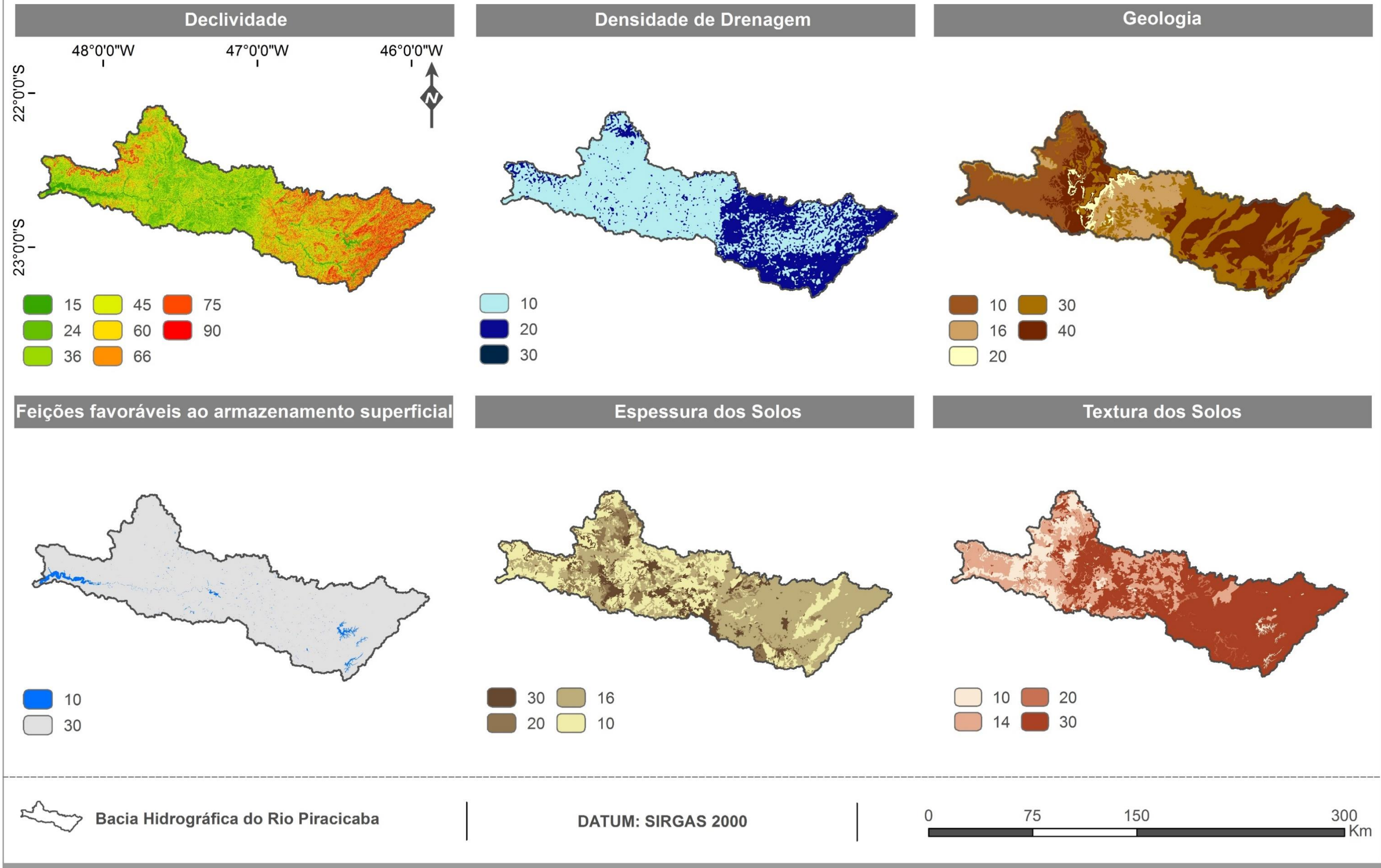


Figura 114 - Planos de informação utilizados para elaboração da Carta de Potencial ao escoamento Superficial para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

# CARTA DE POTENCIAL AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

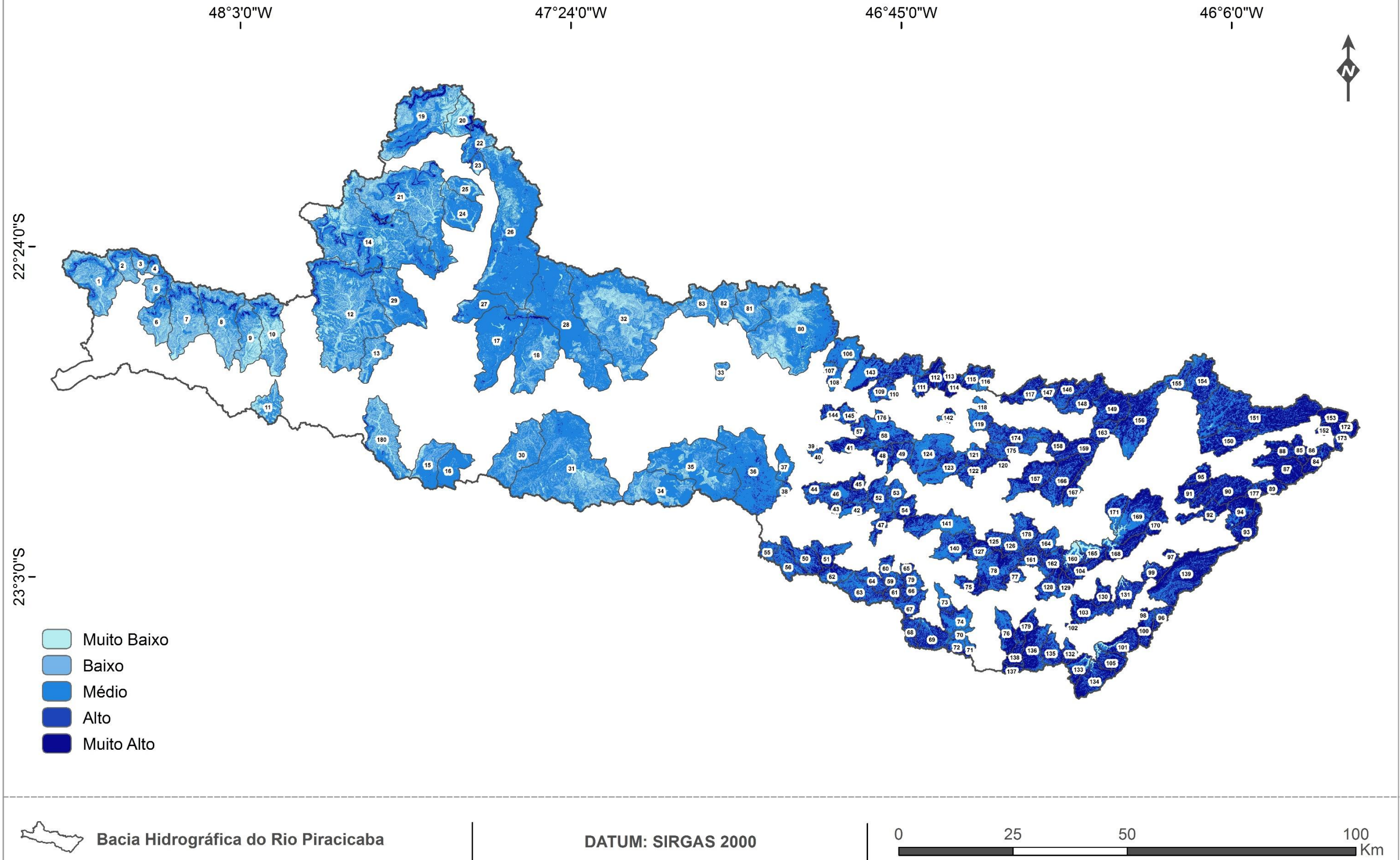
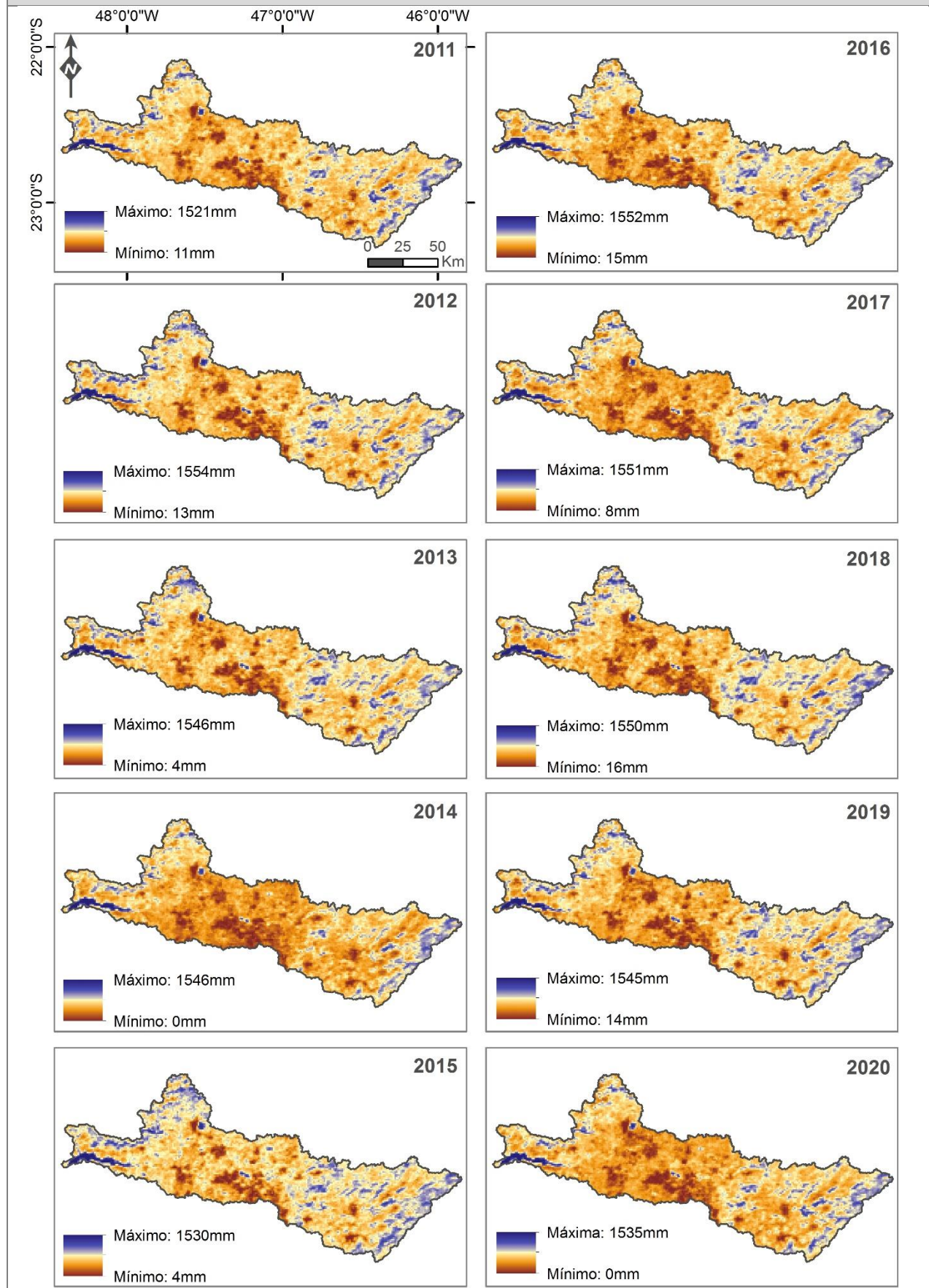


Figura 115 - Carta de Potencial ao escoamento Superficial.

**APÊNDICE I - Mapas de Evapotranspiração Real e Pluviosidade para os anos 2011 a 2020  
que foram usados nas COHS-SC, COHS-SS e COHS-MA**

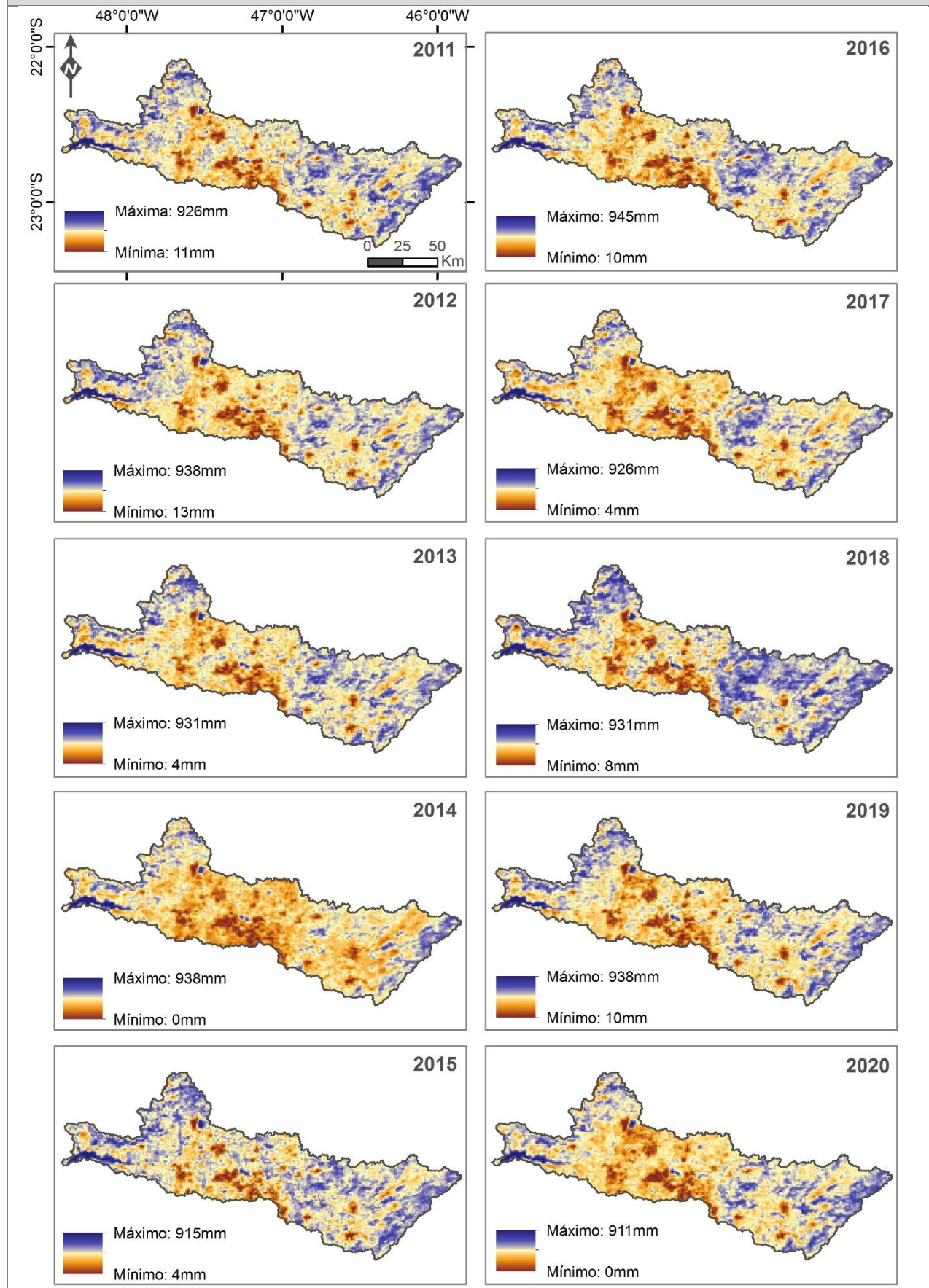


## Mapas de Evapotranspiração Real (ETa) Anual Acumulada



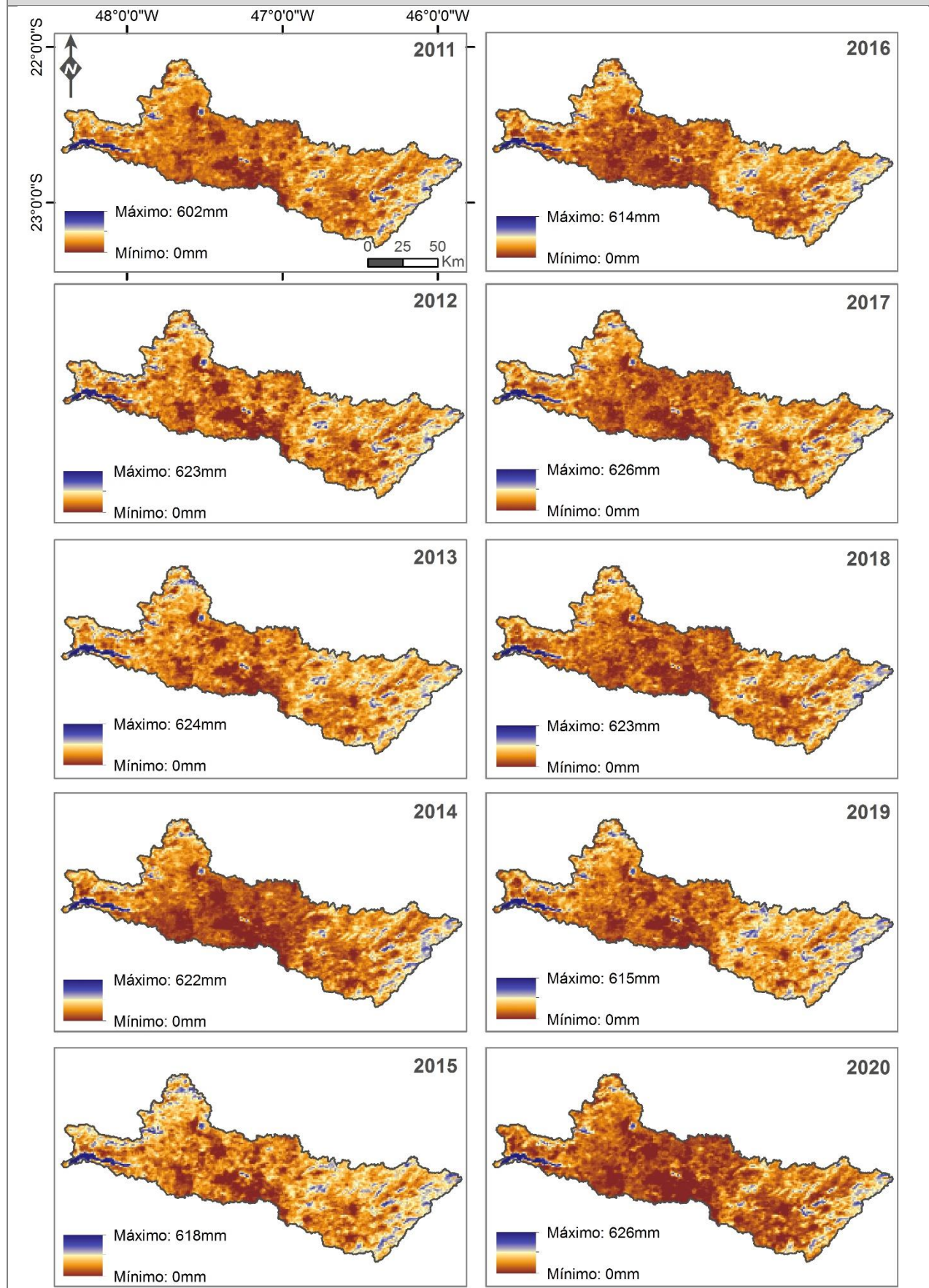
**Figura 116** - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) anual acumulada da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

### Mapas de Evapotranspiração Real (ETa) do Semestre Chuvoso



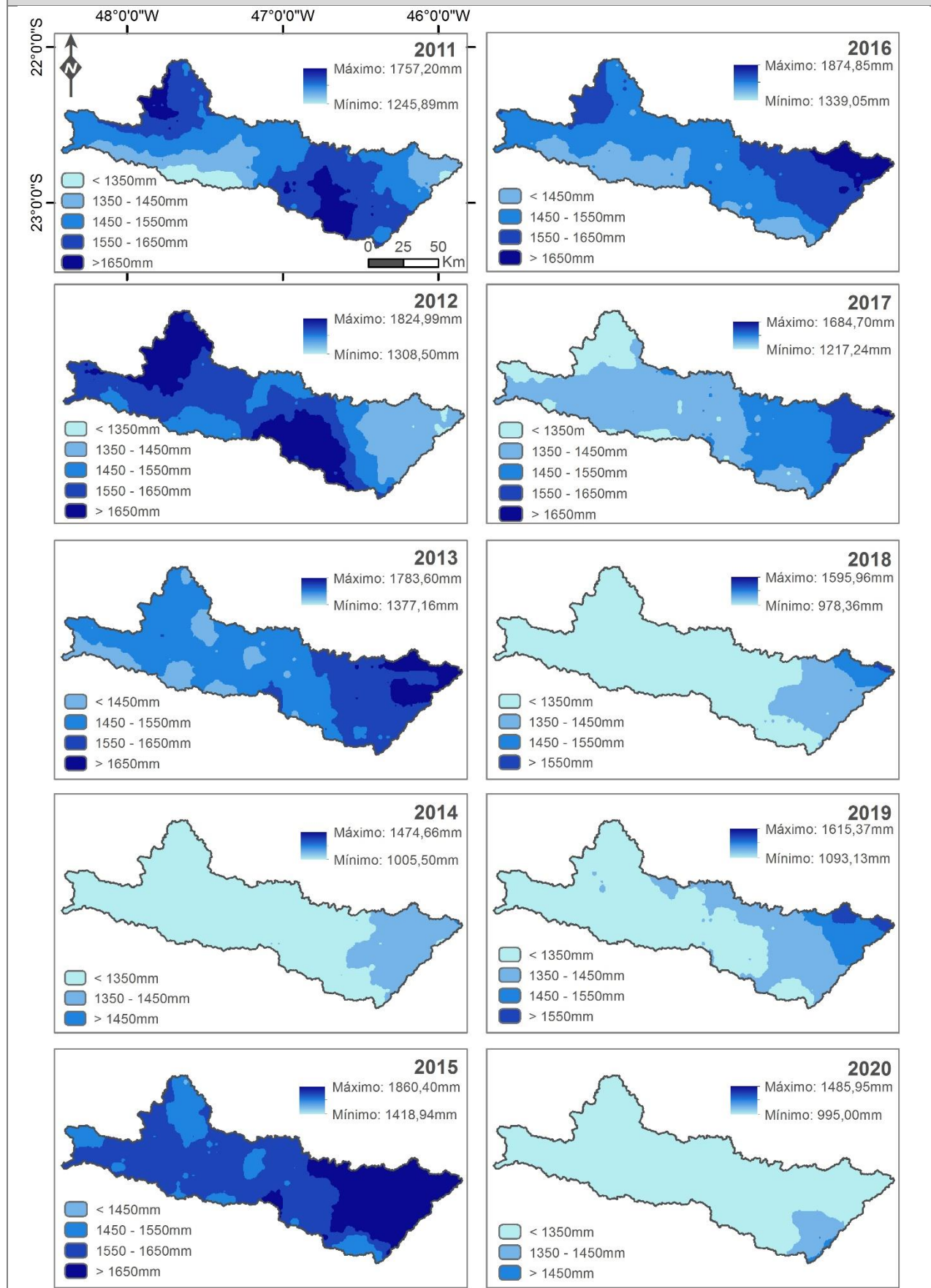
**Figura 117** - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) do semestre chuvoso da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

## Mapas de Evapotranspiração Real (ETa) do Semestre Seco



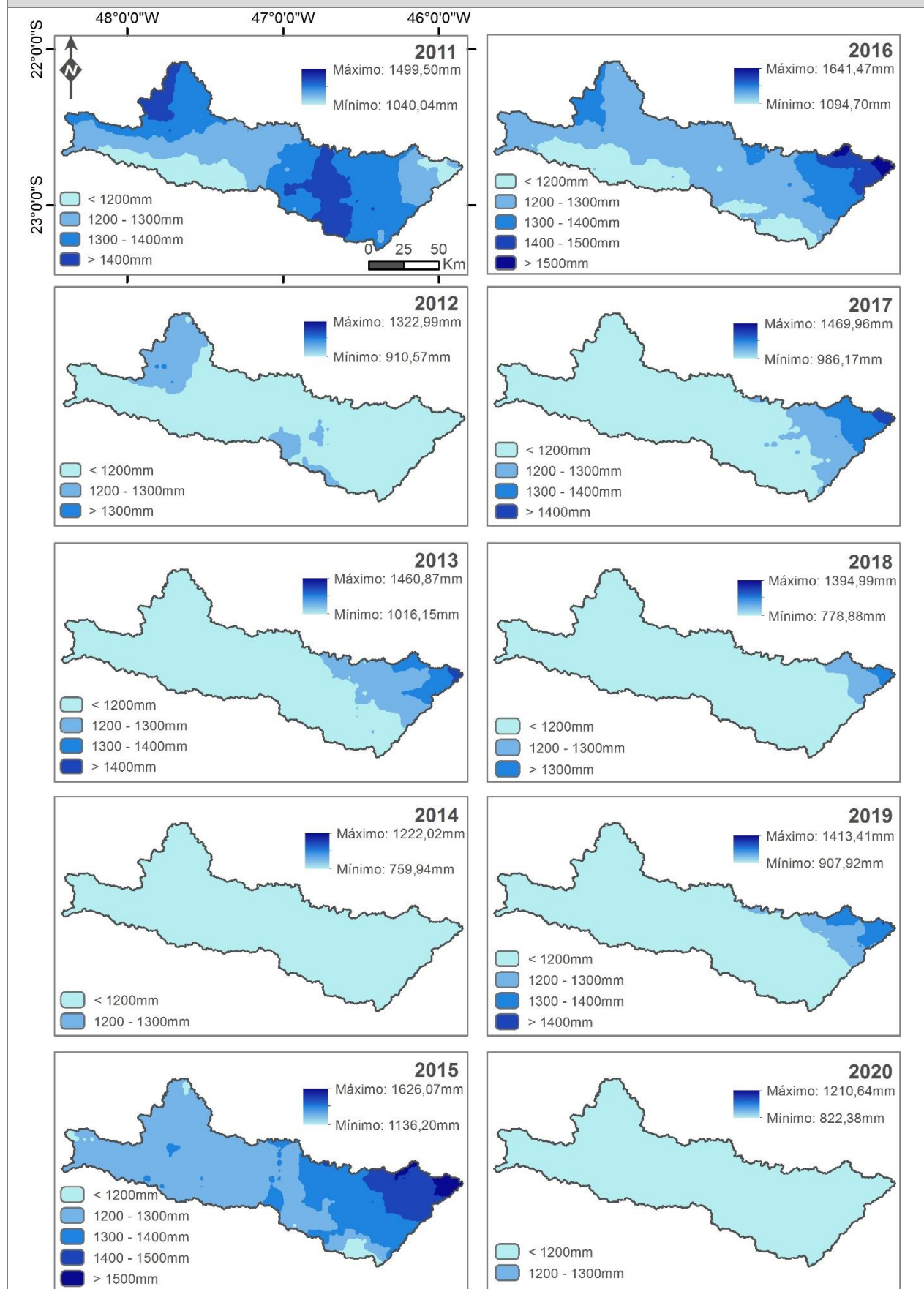
**Figura 118** - Mapas de Evapotranspiração real (ETa) do semestre seco da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

## Mapas de Precipitação Anual Acumulada



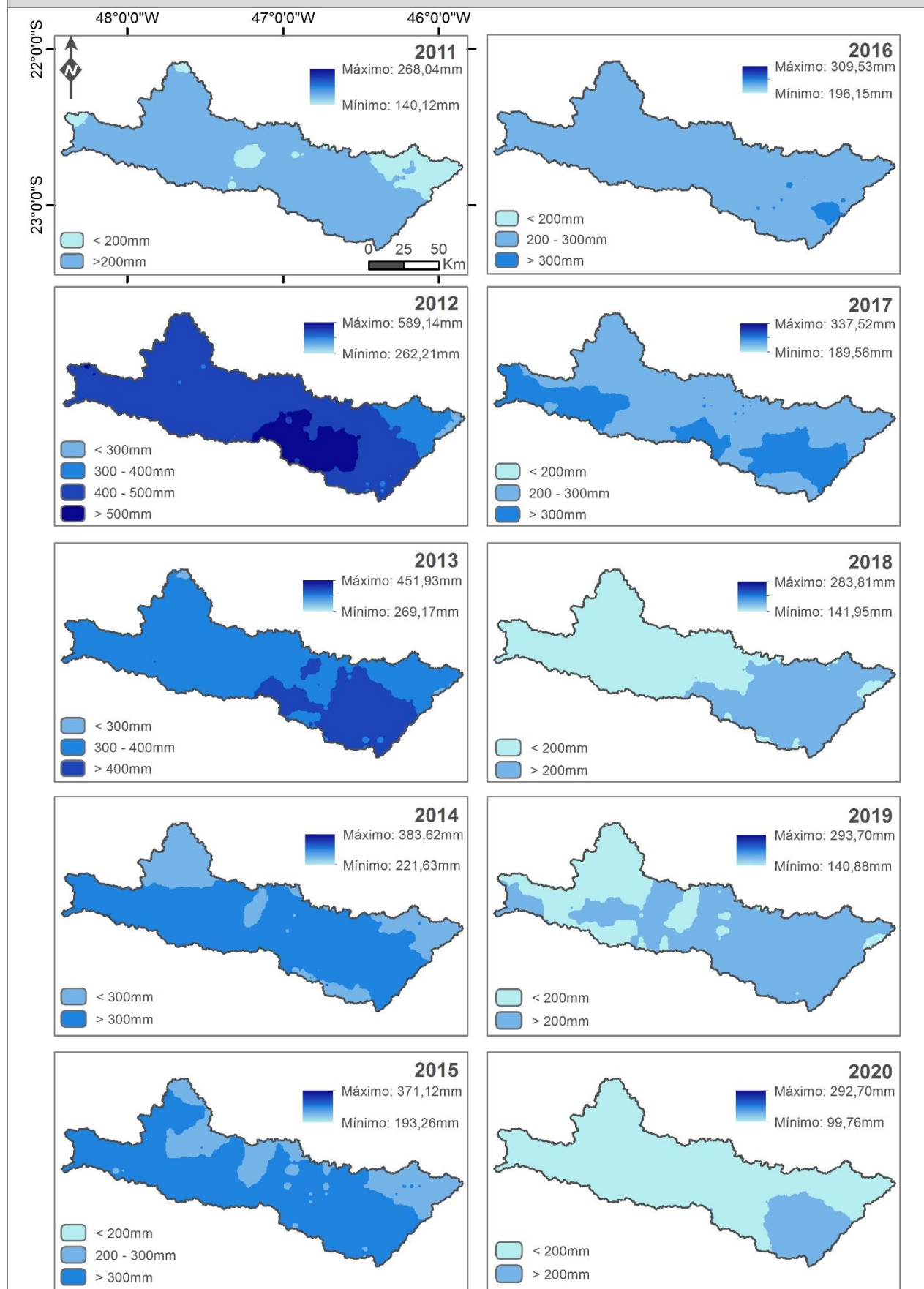
**Figura 119** - Mapas de Precipitação anual acumulada da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

## Mapas de Precipitação do Semestre Chuvoso



**Figura 120** - Mapas de Precipitação do semestre chuvoso da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

### Mapas de Precipitação do Semestre Seco



**Figura 121** - Mapas de Precipitação do semestre seco da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, no período de 2011 a 2020.

**APÊNDICE J - Quantificação das classes de potencial ao escoamento superficial e da diferença entre a pluviosidade e evapotranspiração para as 180 sub-bacias hidrográficas**

**Tabela 45 -** Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas.

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 -169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(1)	2,66	2,70	15,17	15,37	44,58	45,16	18,86	19,11	8,44	8,55	6,09	6,17	2,48	2,51	0,43	0,43	0,00	0,00
SB(2)	0,76	2,67	3,28	11,45	12,65	44,22	5,77	20,18	2,91	10,18	2,23	7,81	0,90	3,14	0,10	0,35	0,00	0,00
SB(3)	0,22	1,55	1,20	8,46	5,14	36,22	3,43	24,17	1,73	12,19	1,75	12,33	0,61	4,30	0,11	0,78	0,00	0,00
SB(4)	0,11	0,96	0,83	7,14	3,43	29,59	2,64	22,80	1,77	15,30	1,78	15,34	0,85	7,36	0,17	1,51	0,00	0,00
SB(5)	0,67	2,64	2,63	10,43	10,49	41,51	5,09	20,15	3,28	12,99	2,18	8,64	0,74	2,91	0,18	0,73	0,00	0,00
SB(6)	1,54	3,31	7,57	16,26	21,34	45,84	7,19	15,44	4,34	9,31	3,37	7,25	1,18	2,55	0,02	0,04	0,00	0,00
SB(7)	2,95	3,15	14,87	15,84	46,46	49,51	13,69	14,59	6,29	6,71	6,01	6,40	3,28	3,49	0,29	0,31	0,00	0,00
SB(8)	1,70	1,73	13,95	14,18	46,53	47,27	19,31	19,62	8,22	8,35	5,64	5,73	2,53	2,57	0,54	0,55	0,00	0,00
SB(9)	2,91	5,03	16,80	29,03	20,70	35,77	10,85	18,75	2,63	4,54	2,86	4,94	0,90	1,56	0,22	0,38	0,00	0,00
SB(10)	3,40	4,39	21,66	27,92	27,16	35,00	16,20	20,88	3,40	4,38	3,22	4,15	2,41	3,10	0,14	0,18	0,00	0,00
SB(11)	1,24	3,86	8,91	27,72	9,97	31,03	6,95	21,62	5,03	15,65	0,04	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(12)	2,12	0,76	41,13	14,77	96,23	34,54	78,63	28,23	40,34	14,48	14,55	5,22	5,56	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(13)	0,62	1,65	4,37	11,64	16,83	44,82	8,33	22,18	6,30	16,78	1,09	2,90	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(14)	5,82	2,07	37,23	13,23	75,58	26,85	79,01	28,06	47,51	16,88	25,80	9,17	9,64	3,42	0,89	0,32	0,00	0,00
SB(15)	0,57	1,20	2,55	5,35	16,00	33,57	13,82	28,98	12,25	25,69	2,44	5,11	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(16)	0,00	0,00	0,02	0,04	3,37	8,43	17,63	44,15	15,27	38,24	3,51	8,78	0,14	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(17)	1,72	1,48	0,54	0,46	9,89	8,51	53,50	46,02	38,77	33,34	9,92	8,53	1,88	1,62	0,05	0,04	0,00	0,00
SB(18)	0,00	0,00	9,21	7,97	35,66	30,86	40,70	35,23	21,90	18,95	6,30	5,45	1,61	1,39	0,18	0,15	0,00	0,00
SB(19)	5,28	3,69	18,62	13,03	39,94	27,95	33,14	23,19	18,52	12,96	16,76	11,73	6,21	4,35	3,55	2,48	0,89	0,62
SB(20)	2,62	6,95	14,33	38,00	8,73	23,15	7,90	20,95	1,28	3,39	0,97	2,57	1,04	2,76	0,84	2,23	0,00	0,00
SB(21)	4,16	1,97	25,01	11,83	71,32	33,74	59,76	28,26	31,53	14,91	12,75	6,03	4,69	2,22	2,18	1,03	0,03	0,01
SB(22)	0,15	0,45	2,06	6,16	5,87	17,58	7,77	23,24	8,57	25,69	4,88	14,60	3,06	9,15	0,77	2,29	0,28	0,84
SB(23)	0,00	0,00	0,85	7,89	1,31	12,20	2,03	18,86	4,15	38,58	1,67	15,50	0,74	6,86	0,01	0,11	0,00	0,00
SB(24)	0,19	0,35	4,59	8,39	10,09	18,42	13,69	25,01	21,56	39,37	4,55	8,32	0,08	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(25)	0,06	0,26	2,69	11,51	6,96	29,78	6,49	27,77	5,94	25,42	1,22	5,22	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(26)	2,43	0,86	15,77	5,59	38,76	13,74	94,19	33,40	99,05	35,13	29,33	10,40	2,35	0,83	0,15	0,05	0,00	0,00
SB(27)	0,03	0,06	1,10	2,27	3,63	7,48	15,52	31,97	20,50	42,21	6,67	13,74	1,10	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(28)	0,66	0,33	2,97	1,48	26,90	13,38	85,14	42,34	68,68	34,15	15,92	7,92	0,79	0,39	0,02	0,01	0,00	0,00
SB(29)	0,53	0,64	4,45	5,37	15,15	18,28	24,69	29,78	23,73	28,62	12,35	14,89	1,99	2,40	0,02	0,02	0,00	0,00
SB(30)	0,01	0,01	3,98	4,40	34,57	38,26	39,32	43,52	12,03	13,31	0,44	0,49	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(31)	1,97	0,72	14,83	5,41	89,85	32,76	133,98	48,84	28,99	10,57	4,32	1,58	0,34	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(32)	0,44	0,14	43,83	14,41	119,16	39,19	108,18	35,58	27,52	9,05	4,68	1,54	0,26	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(33)	0,00	0,00	0,45	5,32	3,91	45,84	3,63	42,55	0,53	6,17	0,01	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(34)	0,53	0,62	7,48	8,73	28,38	33,15	27,30	31,88	20,48	23,91	1,46	1,70	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(35)	0,20	0,14	9,62	6,70	31,74	22,12	58,00	40,43	38,11	26,56	5,27	3,67	0,54	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00



**Tabela 45** - Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 -169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(36)	0,32	0,21	0,76	0,50	9,76	6,38	40,58	26,54	59,21	38,73	33,98	22,23	8,05	5,27	0,22	0,14	0,00	0,00
SB(37)	0,07	0,39	0,18	0,96	0,84	4,42	5,17	27,23	6,66	35,06	5,50	28,99	0,56	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(38)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,22	3,37	2,17	34,04	2,99	46,86	0,99	15,43	0,01	0,16	0,00	0,00
SB(39)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,31	0,11	3,45	0,62	19,47	1,64	51,38	0,80	25,08	0,01	0,31	0,00	0,00
SB(40)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,31	5,85	0,98	18,68	2,39	45,68	1,48	28,17	0,08	1,58	0,00	0,00
SB(41)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,33	1,47	1,98	8,83	7,26	32,38	9,84	43,89	2,99	13,34	0,00	0,00
SB(42)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20	0,96	6,33	3,40	22,43	5,36	35,35	4,57	30,15	0,84	5,54	0,00	0,00
SB(43)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,26	0,52	9,20	1,62	28,78	2,62	46,66	0,85	15,10	0,00	0,00
SB(44)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,50	0,41	5,11	1,58	19,70	2,84	35,41	2,85	35,54	0,30	3,74	0,00	0,00
SB(45)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,48	0,64	7,61	1,92	22,83	4,18	49,70	1,63	19,38	0,00	0,00
SB(46)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,43	2,38	5,72	7,92	19,04	14,01	33,68	15,25	36,66	1,86	4,47	0,00	0,00
SB(47)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,46	0,87	5,51	2,08	13,11	5,19	32,69	6,51	40,98	1,15	7,24	0,00	0,01
SB(48)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,19	1,50	1,23	9,91	3,98	31,99	6,22	50,07	0,80	6,44	0,00	0,00
SB(49)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,73	0,73	3,59	2,72	13,36	6,53	32,04	8,36	41,06	1,88	9,22	0,00	0,00
SB(50)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	0,92	3,09	4,63	15,55	11,37	38,18	10,68	35,86	2,12	7,12	0,01	0,03
SB(51)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	1,09	4,56	3,91	16,36	8,48	35,43	8,14	34,04	2,29	9,58	0,00	0,00
SB(52)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,60	1,22	4,33	4,86	17,25	11,51	40,84	9,02	32,01	1,40	4,97	0,00	0,00
SB(53)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,56	4,42	2,70	21,36	5,89	46,59	3,31	26,15	0,17	1,35	0,00	0,00
SB(54)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,42	2,21	2,17	11,43	6,76	35,67	8,24	43,54	1,33	7,00	0,00	0,00
SB(55)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,34	2,87	3,37	28,49	5,34	45,15	2,74	23,16	0,03	0,25	0,00	0,00
SB(56)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,11	0,65	2,48	5,58	21,27	12,30	46,90	7,32	27,91	0,35	1,33	0,00	0,00
SB(57)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	3,74	1,57	14,69	3,52	32,93	4,50	42,09	0,70	6,55	0,00	0,00
SB(58)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	2,39	5,53	7,97	18,43	18,28	42,27	13,38	30,94	1,09	2,53	0,00	0,00
SB(59)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,19	0,39	5,58	1,14	16,21	2,71	38,66	2,68	38,25	0,08	1,11	0,00	0,00
SB(60)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,18	0,29	2,67	1,83	16,84	4,54	41,76	3,90	35,88	0,29	2,67	0,00	0,00
SB(61)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,63	5,09	1,32	10,66	4,08	32,96	5,86	47,33	0,47	3,80	0,00	0,00
SB(62)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,96	4,83	3,32	16,74	7,14	36,01	6,71	33,84	1,67	8,42	0,00	0,00
SB(63)	0,00	0,00	0,01	0,04	0,11	0,32	2,50	7,46	7,01	20,93	13,43	40,13	10,18	30,40	0,24	0,72	0,00	0,00
SB(64)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,89	5,29	2,76	16,40	6,65	39,51	6,40	38,03	0,11	0,65	0,00	0,00
SB(65)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,22	3,32	0,89	13,16	2,54	37,57	2,94	43,52	0,16	2,35	0,00	0,04
SB(66)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20	0,42	4,19	1,66	16,41	3,80	37,66	3,72	36,84	0,47	4,70	0,00	0,00
SB(67)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	1,01	4,38	4,07	17,66	7,87	34,14	9,47	41,08	0,61	2,65	0,00	0,00
SB(68)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,24	1,27	7,93	2,78	17,36	3,89	24,29	7,95	49,58	0,09	0,59	0,00	0,01
SB(69)	0,00	0,00	0,15	0,46	0,18	0,56	2,26	6,97	4,93	15,21	7,26	22,39	17,33	53,45	0,31	0,96	0,00	0,00
SB(70)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,57	9,18	1,71	27,45	3,00	48,06	0,87	14,00	0,08	1,23	0,00	0,00

**Tabela 45 -** Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 -169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(71)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,33	0,42	5,98	1,48	20,99	2,49	35,20	2,15	30,55	0,46	6,49	0,03	0,46
SB(72)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,60	0,79	7,19	2,52	23,03	4,04	36,92	3,42	31,21	0,12	1,05	0,00	0,00
SB(73)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,67	2,04	15,26	4,07	30,44	4,69	35,08	2,40	17,95	0,08	0,60	0,00	0,00
SB(74)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,55	2,61	10,18	6,89	26,86	9,42	36,71	6,26	24,41	0,33	1,29	0,00	0,00
SB(75)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,63	4,02	1,68	10,70	4,01	25,49	6,97	44,37	2,41	15,32	0,00	0,00
SB(76)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,49	1,30	4,89	5,27	19,80	6,82	25,63	9,97	37,46	3,07	11,54	0,05	0,19
SB(77)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,48	5,19	1,25	13,41	2,84	30,58	4,21	45,30	0,50	5,40	0,00	0,00
SB(78)	0,01	0,02	0,04	0,07	0,07	0,13	2,09	3,85	7,81	14,37	18,31	33,69	20,00	36,79	6,02	11,08	0,00	0,00
SB(79)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,24	0,38	5,42	1,19	17,19	2,86	41,30	2,42	34,97	0,06	0,88	0,00	0,00
SB(80)	0,73	0,31	34,49	14,82	65,05	27,95	80,65	34,67	35,47	15,24	14,20	6,10	2,11	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(81)	0,02	0,03	3,95	6,89	21,76	37,98	28,19	49,20	3,19	5,57	0,19	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(82)	0,01	0,03	2,54	7,87	12,07	37,38	15,18	47,01	2,35	7,28	0,14	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(83)	0,16	0,38	4,39	10,45	17,07	40,62	17,92	42,65	2,40	5,71	0,08	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(84)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	1,16	6,34	2,61	14,27	7,53	41,15	7,00	38,21	0,00	0,00
SB(85)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	5,41	1,75	14,36	4,79	39,29	4,99	40,94	0,00	0,00
SB(86)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	5,07	0,92	17,17	2,32	43,41	1,84	34,35	0,00	0,00
SB(87)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,21	1,99	4,74	5,19	12,37	16,00	38,13	18,68	44,53	0,01	0,02
SB(88)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,08	0,51	1,12	7,34	2,65	17,29	6,92	45,19	4,53	29,60	0,00	0,00
SB(89)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,29	0,09	0,62	1,13	7,99	2,37	16,79	6,23	44,13	4,26	30,18	0,00	0,00
SB(90)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	2,41	3,41	6,79	8,85	17,63	26,56	52,87	10,19	20,30	0,00	0,00
SB(91)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	1,14	0,96	4,55	3,42	16,21	11,13	52,79	5,34	25,31	0,00	0,00
SB(92)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	6,02	1,37	5,98	4,07	17,80	11,64	50,89	4,42	19,31	0,00	0,00
SB(93)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	3,10	1,75	6,87	3,19	12,52	10,60	41,63	8,77	34,43	0,37	1,45
SB(94)	0,00	0,00	0,08	0,29	0,05	0,16	1,44	5,09	2,21	7,82	5,11	18,10	11,28	39,95	7,25	25,66	0,83	2,93
SB(95)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	2,34	0,96	7,05	2,62	19,24	6,43	47,27	3,28	24,10	0,00	0,00
SB(96)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,83	6,83	1,42	11,76	3,23	26,70	4,98	41,26	1,62	13,42	0,00	0,00
SB(97)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	2,26	0,22	4,17	0,79	15,01	2,82	53,74	1,30	24,82	0,00	0,00
SB(98)	0,01	0,25	0,01	0,35	0,00	0,13	0,07	2,42	0,08	2,80	0,34	11,75	1,19	41,21	1,19	41,09	0,00	0,00
SB(99)	0,24	1,54	0,12	0,77	0,10	0,64	0,45	2,88	0,90	5,76	3,48	22,28	6,59	42,19	3,74	23,94	0,00	0,00
SB(100)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,95	4,96	1,24	6,44	3,46	17,99	7,95	41,27	5,64	29,31	0,00	0,00
SB(101)	1,15	4,05	0,32	1,12	0,25	0,89	1,12	3,93	2,14	7,54	4,71	16,58	12,12	42,62	6,62	23,27	0,00	0,00
SB(102)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,02	0,35	7,17	0,94	19,26	2,31	47,35	1,23	25,20	0,00	0,00
SB(103)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	4,70	3,05	9,37	7,13	21,91	14,99	46,07	5,84	17,95	0,00	0,00
SB(104)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,17	1,47	8,31	3,69	20,85	7,97	45,02	4,54	25,65	0,00	0,00
SB(105)	0,96	4,39	0,11	0,48	0,11	0,50	0,70	3,21	1,89	8,59	4,04	18,39	9,88	44,90	4,29	19,54	0,00	0,00

**Tabela 45** - Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 -169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(106)	0,03	0,08	0,24	0,71	0,56	1,71	5,66	17,18	13,66	41,49	10,47	31,78	2,31	7,01	0,01	0,04	0,00	0,00
SB(107)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,84	0,35	5,65	2,18	34,89	3,04	48,69	0,61	9,84	0,01	0,09	0,00	0,00
SB(108)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,21	1,24	13,19	3,96	42,12	3,30	35,11	0,87	9,26	0,01	0,11	0,00	0,00
SB(109)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,71	4,65	2,46	16,04	5,98	38,98	5,74	37,43	0,43	2,84	0,00	0,00
SB(110)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	4,17	1,17	18,78	2,66	42,82	1,88	30,33	0,23	3,75	0,01	0,15
SB(111)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	2,66	1,55	11,13	4,40	31,59	5,28	37,89	1,84	13,21	0,49	3,52
SB(112)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	2,24	0,77	6,40	2,01	16,71	5,32	44,22	2,48	20,62	1,18	9,81
SB(113)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	2,34	0,48	5,35	1,57	17,48	4,68	52,11	1,67	18,60	0,37	4,12
SB(114)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	1,17	0,76	6,43	2,33	19,85	5,16	43,96	2,19	18,62	1,17	9,97
SB(115)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	1,27	0,88	5,06	2,10	12,08	5,37	30,90	7,24	41,65	1,48	8,52	0,09	0,52
SB(116)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	1,31	0,51	5,27	1,08	11,11	3,67	37,91	3,85	39,74	0,44	4,59	0,01	0,07
SB(117)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	1,30	2,95	10,74	7,57	27,54	12,77	46,50	3,82	13,92	0,00	0,00
SB(118)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	2,44	0,67	9,61	1,59	22,81	3,68	52,80	0,80	11,48	0,06	0,86	0,00	0,00
SB(119)	0,01	0,05	0,06	0,35	0,26	1,45	1,20	6,82	3,35	19,07	7,93	45,08	4,51	25,66	0,27	1,52	0,00	0,00
SB(120)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,20	0,39	8,49	1,05	22,91	2,41	52,78	0,67	14,62	0,00	0,00
SB(121)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1,02	1,12	9,41	1,94	16,27	4,45	37,18	4,13	34,52	0,19	1,60	0,00	0,00
SB(122)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	5,06	3,00	11,89	7,87	31,23	12,25	48,59	0,82	3,23	0,00	0,00
SB(123)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11	2,72	7,65	8,69	24,43	13,63	38,32	9,29	26,12	1,20	3,37	0,00	0,00
SB(124)	0,00	0,00	0,06	0,11	0,54	0,97	5,27	9,46	11,52	20,69	26,49	47,58	10,83	19,45	0,97	1,74	0,00	0,00
SB(125)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	1,38	1,33	11,49	3,84	33,16	5,37	46,37	0,88	7,60	0,00	0,00
SB(126)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,29	1,95	2,06	13,82	5,42	36,35	5,80	38,90	1,32	8,85	0,00	0,00
SB(127)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,33	0,45	2,76	2,21	13,51	5,16	31,45	6,22	38,00	2,29	13,95	0,00	0,00
SB(128)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,85	4,32	2,18	11,08	5,87	29,84	8,81	44,81	1,93	9,82	0,00	0,00
SB(129)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,69	4,76	2,06	14,20	4,41	30,39	5,49	37,83	1,85	12,75	0,00	0,00
SB(130)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	3,75	1,10	7,56	2,78	19,08	8,22	56,46	1,91	13,15	0,00	0,00
SB(131)	0,84	3,22	0,21	0,79	0,19	0,72	1,14	4,39	1,97	7,58	6,77	25,98	10,27	39,39	4,67	17,93	0,00	0,00
SB(132)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,49	0,57	5,37	0,98	9,34	2,34	22,19	5,55	52,71	1,04	9,89	0,00	0,01
SB(133)	1,22	6,16	0,23	1,17	0,22	1,11	0,82	4,17	1,91	9,67	5,00	25,27	8,23	41,62	2,14	10,80	0,01	0,03
SB(134)	0,49	1,42	0,17	0,50	0,13	0,37	1,32	3,81	2,49	7,20	6,27	18,10	17,59	50,84	6,15	17,76	0,00	0,00
SB(135)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	1,30	5,75	2,40	10,61	6,33	27,98	10,60	46,86	1,97	8,71	0,00	0,00
SB(136)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,21	1,38	3,59	3,07	8,00	8,17	21,28	16,63	43,32	8,78	22,87	0,28	0,73
SB(137)	0,02	0,28	0,04	0,56	0,03	0,42	0,25	3,51	0,62	8,71	1,08	15,17	3,47	48,74	1,57	22,05	0,04	0,56
SB(138)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,27	2,03	0,85	6,45	1,76	13,38	7,85	59,49	2,40	18,22	0,05	0,42
SB(139)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	5,71	6,30	5,60	6,18	15,88	17,52	39,75	43,85	23,68	26,12	0,00	0,00
SB(140)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,13	0,36	2,15	5,91	7,58	20,85	14,04	38,61	11,19	30,77	1,27	3,48	0,00	0,00

**Tabela 45 -** Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 -169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(141)	0,00	0,00	0,03	0,05	0,07	0,13	3,44	6,26	13,41	24,39	21,00	38,19	14,38	26,14	2,65	4,81	0,02	0,03
SB(142)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	1,65	0,51	7,84	0,65	9,93	3,18	48,67	1,82	27,86	0,26	4,05	0,00	0,00
SB(143)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,31	5,46	7,70	15,20	21,44	24,93	35,17	21,47	30,28	3,13	4,41	0,49	0,69
SB(144)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,22	1,82	1,64	13,44	4,78	39,22	4,51	37,01	0,81	6,68	0,22	1,81
SB(145)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,56	0,46	5,16	2,03	22,78	3,68	41,31	2,36	26,49	0,32	3,59	0,01	0,11
SB(146)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,04	3,78	3,23	11,78	8,18	29,85	13,38	48,83	1,57	5,75	0,00	0,00
SB(147)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	1,56	0,81	8,45	2,43	25,34	4,63	48,28	1,57	16,37	0,00	0,00
SB(148)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	1,30	3,87	10,94	9,81	27,74	17,95	50,75	3,28	9,27	0,00	0,00
SB(149)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,68	1,63	3,40	8,16	8,60	20,63	21,11	50,63	7,86	18,85	0,00	0,00
SB(150)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	3,56	3,61	7,98	9,74	21,52	24,95	55,12	5,35	11,82	0,00	0,00
SB(151)	0,00	0,00	0,12	0,08	0,32	0,20	5,75	3,68	15,58	9,98	37,91	24,28	72,03	46,14	24,42	15,64	0,00	0,00
SB(152)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	5,79	0,65	12,55	2,01	38,80	2,22	42,86	0,00	0,00
SB(153)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,65	3,97	1,43	8,66	5,86	35,63	8,51	51,70	0,00	0,00
SB(154)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	2,56	5,30	5,02	10,39	15,76	32,62	21,70	44,92	3,11	6,44	0,00	0,00
SB(155)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,65	1,43	7,75	2,15	11,61	8,64	46,71	4,53	24,51	1,62	8,77	0,00	0,00
SB(156)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,15	3,85	4,72	9,47	11,58	24,87	30,43	35,96	43,99	7,46	9,13	0,00	0,00
SB(157)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,13	1,12	2,48	5,95	13,18	12,93	28,63	19,69	43,60	5,41	11,98	0,00	0,00
SB(158)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,58	1,02	7,38	3,01	21,76	7,46	53,94	2,26	16,34	0,00	0,00
SB(159)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	1,34	1,98	6,84	5,93	20,46	15,68	54,12	5,00	17,24	0,00	0,00
SB(160)	5,03	28,65	0,42	2,38	0,33	1,87	0,62	3,55	2,59	14,73	3,23	18,38	4,43	25,18	0,93	5,26	0,00	0,00
SB(161)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	2,86	1,90	12,62	4,54	30,15	7,02	46,60	1,17	7,77	0,00	0,00
SB(162)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	1,15	5,73	3,07	15,28	4,24	21,10	10,51	52,32	1,11	5,51	0,00	0,00
SB(163)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,37	2,07	1,77	9,93	4,32	24,33	8,98	50,57	2,32	13,06	0,00	0,00
SB(164)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	1,18	5,49	5,08	23,65	6,92	32,22	7,72	35,94	0,55	2,56	0,00	0,00
SB(165)	3,46	20,49	0,50	2,96	0,36	2,13	0,72	4,26	1,81	10,72	3,97	23,51	4,41	26,10	1,66	9,83	0,00	0,00
SB(166)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,49	1,00	6,00	12,26	12,75	26,05	23,77	48,56	5,93	12,10	0,00	0,00
SB(167)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,22	0,82	4,59	2,21	12,37	5,09	28,50	7,30	40,88	2,40	13,44	0,00	0,00
SB(168)	1,68	6,40	0,29	1,10	0,24	0,91	0,42	1,60	1,81	6,89	4,90	18,65	11,64	44,31	5,29	20,14	0,00	0,00
SB(169)	1,36	2,15	0,37	0,58	0,46	0,73	3,44	5,44	8,86	14,00	15,93	25,17	23,48	37,09	9,39	14,84	0,00	0,00
SB(170)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	3,98	0,93	6,38	2,72	18,67	7,73	53,06	2,61	17,91	0,00	0,00
SB(171)	0,54	2,49	0,17	0,78	0,28	1,29	0,80	3,69	1,82	8,39	9,35	43,14	7,89	36,39	0,83	3,83	0,00	0,00
SB(172)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	3,93	1,16	11,98	3,74	38,64	4,40	45,45	0,00	0,00
SB(173)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,80	6,72	1,92	16,22	5,31	44,79	3,82	32,17	0,00	0,00
SB(174)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	6,20	5,43	13,54	13,48	33,61	17,70	44,13	1,01	2,52	0,00	0,00
SB(175)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,15	2,09	6,98	5,15	17,19	11,78	39,31	10,56	35,21	0,35	1,16	0,00	0,00

**Tabela 45 -** Quantificação de cada classe do potencial ao escoamento superficial das sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Muito Baixo				Baixo				Médio				Alto				Muito Alto	
	<89		90 - 109		110 - 129		130 - 149		150 - 169		170 - 189		190 - 209		210 - 229		230 - 240	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
SB(176)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	4,25	0,65	15,84	1,44	35,35	1,62	39,72	0,20	4,79	0,00	0,00
SB(177)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,76	0,70	9,10	1,09	14,24	3,79	49,39	2,03	26,51	0,00	0,00
SB(178)	0,00	0,00	0,13	0,50	0,04	0,17	0,75	2,96	4,56	17,86	9,66	37,86	9,46	37,09	0,91	3,56	0,00	0,00
SB(179)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	0,21	1,19	1,22	6,97	2,84	16,23	9,44	53,85	3,48	19,85	0,30	1,72
SB(180)	0,17	0,20	14,02	15,87	42,71	48,31	20,04	22,68	6,90	7,80	2,94	3,32	1,12	1,27	0,41	0,47	0,07	0,08

**Tabela 46 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre chuvoso) nas sub-bacias hidrográficas.

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Chuvoso (2011-2020)														
Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm		Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm		
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%		Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	
SB(1)	25,81	26,15	72,90	73,85	0,00	0,00	SB(91)	0,00	0,00	21,09	100,00	0,00	0,00	
SB(2)	5,27	18,42	23,33	81,58	0,00	0,00	SB(92)	0,00	0,00	22,88	100,00	0,00	0,00	
SB(3)	7,33	51,67	6,86	48,33	0,00	0,00	SB(93)	0,00	0,00	25,47	100,00	0,00	0,00	
SB(4)	8,75	75,46	2,84	24,54	0,00	0,00	SB(94)	0,00	0,00	28,25	100,00	0,00	0,00	
SB(5)	17,49	69,24	7,77	30,76	0,00	0,00	SB(95)	0,00	0,00	13,61	100,00	0,00	0,00	
SB(6)	25,14	54,00	21,41	46,00	0,00	0,00	SB(96)	0,00	0,00	12,08	100,00	0,00	0,00	
SB(7)	27,67	29,48	66,17	70,52	0,00	0,00	SB(97)	0,35	6,63	4,90	93,37	0,00	0,00	
SB(8)	32,49	33,01	65,93	66,99	0,00	0,00	SB(98)	0,00	0,00	2,89	100,00	0,00	0,00	
SB(9)	10,32	17,84	47,55	82,16	0,00	0,00	SB(99)	0,00	0,00	15,62	100,00	0,00	0,00	
SB(10)	21,96	28,30	55,63	71,70	0,00	0,00	SB(100)	0,68	3,52	18,57	96,48	0,00	0,00	
SB(11)	3,19	9,91	28,95	90,09	0,00	0,00	SB(101)	4,59	16,13	23,85	83,87	0,00	0,00	
SB(12)	42,50	15,26	233,88	83,96	2,18	0,78	SB(102)	0,00	0,00	4,88	100,00	0,00	0,00	
SB(13)	3,92	10,44	33,63	89,56	0,00	0,00	SB(103)	0,00	0,00	32,54	100,00	0,00	0,00	
SB(14)	13,33	4,74	268,04	95,22	0,11	0,04	SB(104)	0,03	0,17	17,67	99,83	0,00	0,00	
SB(15)	0,00	0,00	47,68	100,00	0,00	0,00	SB(105)	2,96	13,46	19,03	86,54	0,00	0,00	
SB(16)	0,00	0,00	39,94	100,00	0,00	0,00	SB(106)	0,00	0,00	32,94	100,00	0,00	0,00	
SB(17)	0,00	0,00	109,86	94,49	6,41	5,51	SB(107)	0,00	0,00	6,24	100,00	0,00	0,00	
SB(18)	0,00	0,00	96,46	83,47	19,10	16,53	SB(108)	0,00	0,00	9,40	100,00	0,00	0,00	
SB(19)	13,67	9,57	128,78	90,11	0,46	0,32	SB(109)	1,10	7,19	14,23	92,81	0,00	0,00	
SB(20)	13,82	36,65	23,89	63,35	0,00	0,00	SB(110)	0,74	11,91	5,47	88,09	0,00	0,00	
SB(21)	29,83	14,11	181,60	85,89	0,00	0,00	SB(111)	0,96	6,89	12,97	93,11	0,00	0,00	
SB(22)	17,45	52,23	15,96	47,77	0,00	0,00	SB(112)	3,39	28,18	8,64	71,82	0,00	0,00	

**Tabela 46 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre chuvoso) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Chuvoso (2011-2020)													
Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm		Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%		Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(23)	5,51	51,21	5,25	48,79	0,00	0,00	SB(113)	3,38	37,61	5,60	62,39	0,00	0,00
SB(24)	2,20	4,02	52,55	95,98	0,00	0,00	SB(114)	1,32	11,20	10,43	88,80	0,00	0,00
SB(25)	0,00	0,00	23,37	100,00	0,00	0,00	SB(115)	0,00	0,00	17,38	100,00	0,00	0,00
SB(26)	36,89	13,08	223,60	79,28	21,54	7,64	SB(116)	0,00	0,00	9,69	100,00	0,00	0,00
SB(27)	0,00	0,00	47,46	97,76	1,09	2,24	SB(117)	0,00	0,00	27,47	100,00	0,00	0,00
SB(28)	0,00	0,00	146,02	72,62	55,06	27,38	SB(118)	0,00	0,00	6,97	100,00	0,00	0,00
SB(29)	3,07	3,70	79,54	95,94	0,30	0,36	SB(119)	0,00	0,00	17,59	100,00	0,00	0,00
SB(30)	0,00	0,00	90,36	100,00	0,00	0,00	SB(120)	1,08	23,72	3,49	76,28	0,00	0,00
SB(31)	7,64	2,79	229,58	83,70	37,06	13,51	SB(121)	0,00	0,00	11,95	100,00	0,00	0,00
SB(32)	0,00	0,00	299,48	98,49	4,59	1,51	SB(122)	0,00	0,00	25,21	100,00	0,00	0,00
SB(33)	0,00	0,00	8,53	100,00	0,00	0,00	SB(123)	0,00	0,00	35,57	100,00	0,00	0,00
SB(34)	0,00	0,00	42,08	49,14	43,56	50,86	SB(124)	4,73	8,49	50,95	91,51	0,00	0,00
SB(35)	0,00	0,00	59,40	41,40	84,08	58,60	SB(125)	0,00	0,00	7,76	67,01	3,82	32,99
SB(36)	0,66	0,43	93,56	61,20	58,66	38,37	SB(126)	0,00	0,00	6,97	46,76	7,94	53,24
SB(37)	0,00	0,00	18,98	100,00	0,00	0,00	SB(127)	1,10	6,72	15,29	93,28	0,00	0,00
SB(38)	0,00	0,00	6,06	94,86	0,33	5,14	SB(128)	0,00	0,00	19,66	100,00	0,00	0,00
SB(39)	0,00	0,00	3,19	100,00	0,00	0,00	SB(129)	1,07	7,40	13,44	92,60	0,00	0,00
SB(40)	0,00	0,00	5,24	100,00	0,00	0,00	SB(130)	0,00	0,00	12,00	82,43	2,56	17,57
SB(41)	2,94	13,12	19,48	86,88	0,00	0,00	SB(131)	1,29	4,95	24,77	95,05	0,00	0,00
SB(42)	12,66	83,51	2,50	16,49	0,00	0,00	SB(132)	0,01	0,09	10,52	99,91	0,00	0,00
SB(43)	1,67	29,69	3,95	70,31	0,00	0,00	SB(133)	4,91	24,81	14,87	75,19	0,00	0,00
SB(44)	2,71	33,79	5,31	66,21	0,00	0,00	SB(134)	6,12	17,68	28,49	82,32	0,00	0,00
SB(45)	1,96	23,32	6,45	76,68	0,00	0,00	SB(135)	0,00	0,00	22,62	100,00	0,00	0,00
SB(46)	3,41	8,20	38,19	91,80	0,00	0,00	SB(136)	19,04	49,60	18,83	49,05	0,52	1,35
SB(47)	1,38	8,70	14,49	91,30	0,00	0,00	SB(137)	6,99	98,19	0,13	1,81	0,00	0,00
SB(48)	9,95	80,04	2,48	19,96	0,00	0,00	SB(138)	11,51	87,33	1,67	12,67	0,00	0,00
SB(49)	14,29	70,15	6,08	29,85	0,00	0,00	SB(139)	3,36	3,71	87,29	96,29	0,00	0,00
SB(50)	5,62	18,87	21,72	72,94	2,44	8,19	SB(140)	0,00	0,00	36,37	100,00	0,00	0,00
SB(51)	2,34	9,78	21,51	89,93	0,07	0,29	SB(141)	4,10	7,45	50,90	92,55	0,00	0,00
SB(52)	2,00	7,10	25,56	90,70	0,62	2,20	SB(142)	1,09	16,69	5,44	83,31	0,00	0,00
SB(53)	0,00	0,00	12,65	100,00	0,00	0,00	SB(143)	0,00	0,00	69,89	98,58	1,01	1,42
SB(54)	1,88	9,92	17,07	90,08	0,00	0,00	SB(144)	0,00	0,00	11,22	92,12	0,96	7,88
SB(55)	0,00	0,00	5,11	43,21	6,72	56,79	SB(145)	0,02	0,22	8,89	99,78	0,00	0,00
SB(56)	1,09	4,15	16,12	61,47	9,02	34,38	SB(146)	0,00	0,00	27,40	100,00	0,00	0,00
SB(57)	1,10	10,31	9,59	89,69	0,00	0,00	SB(147)	0,00	0,00	9,59	100,00	0,00	0,00

**Tabela 46 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre chuvoso) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Chuvoso (2011-2020)													
Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm		Sub-bacias	300-600mm		600-900mm		900-1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%		Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(58)	0,06	0,15	43,16	99,81	0,02	0,04	SB(148)	0,00	0,00	35,37	100,00	0,00	0,00
SB(59)	0,00	0,00	7,01	100,00	0,00	0,00	SB(149)	0,00	0,00	41,69	100,00	0,00	0,00
SB(60)	0,00	0,00	10,87	100,00	0,00	0,00	SB(150)	0,00	0,00	44,02	97,26	1,24	2,74
SB(61)	0,00	0,00	12,38	100,00	0,00	0,00	SB(151)	0,00	0,00	151,81	97,23	4,32	2,77
SB(62)	10,28	51,85	9,55	48,15	0,00	0,00	SB(152)	0,00	0,00	5,18	100,00	0,00	0,00
SB(63)	0,00	0,00	33,48	100,00	0,00	0,00	SB(153)	0,00	0,00	16,42	99,76	0,04	0,24
SB(64)	0,00	0,00	16,83	100,00	0,00	0,00	SB(154)	0,00	0,00	42,35	87,66	5,96	12,34
SB(65)	0,00	0,00	6,75	100,00	0,00	0,00	SB(155)	0,00	0,00	17,78	96,21	0,70	3,79
SB(66)	0,00	0,00	10,09	100,00	0,00	0,00	SB(156)	0,00	0,00	81,73	100,00	0,00	0,00
SB(67)	0,00	0,00	21,34	92,59	1,71	7,41	SB(157)	10,00	22,14	35,16	77,86	0,00	0,00
SB(68)	0,00	0,00	16,02	100,00	0,00	0,00	SB(158)	0,00	0,00	13,83	100,00	0,00	0,00
SB(69)	0,00	0,00	32,42	100,00	0,00	0,00	SB(159)	1,74	5,99	27,24	94,01	0,00	0,00
SB(70)	0,00	0,00	6,23	100,00	0,00	0,00	SB(160)	2,49	14,16	15,09	85,84	0,00	0,00
SB(71)	0,00	0,00	7,05	100,00	0,00	0,00	SB(161)	0,00	0,00	15,07	100,00	0,00	0,00
SB(72)	0,00	0,00	10,96	100,00	0,00	0,00	SB(162)	0,00	0,00	20,09	100,00	0,00	0,00
SB(73)	0,00	0,00	13,37	100,00	0,00	0,00	SB(163)	0,00	0,00	17,77	100,00	0,00	0,00
SB(74)	0,00	0,00	25,65	100,00	0,00	0,00	SB(164)	0,14	0,65	21,34	99,35	0,00	0,00
SB(75)	0,00	0,00	15,72	100,00	0,00	0,00	SB(165)	1,47	8,73	15,41	91,27	0,00	0,00
SB(76)	0,91	3,42	16,68	62,68	9,02	33,90	SB(166)	1,07	2,19	47,89	97,81	0,00	0,00
SB(77)	0,00	0,00	9,29	100,00	0,00	0,00	SB(167)	0,00	0,00	17,86	100,00	0,00	0,00
SB(78)	0,00	0,00	52,84	97,22	1,51	2,78	SB(168)	0,00	0,00	26,25	99,94	0,02	0,06
SB(79)	0,00	0,00	6,93	100,00	0,00	0,00	SB(169)	2,76	4,36	50,70	80,11	9,83	15,53
SB(80)	0,00	0,00	231,41	99,44	1,29	0,56	SB(170)	0,00	0,00	13,43	92,17	1,14	7,83
SB(81)	0,00	0,00	57,30	100,00	0,00	0,00	SB(171)	8,88	40,97	12,80	59,03	0,00	0,00
SB(82)	0,02	0,06	32,27	99,94	0,00	0,00	SB(172)	0,00	0,00	9,66	99,80	0,02	0,20
SB(83)	0,00	0,00	42,02	100,00	0,00	0,00	SB(173)	0,00	0,00	11,68	98,46	0,18	1,54
SB(84)	0,00	0,00	18,31	100,00	0,00	0,00	SB(174)	2,37	5,91	37,73	94,09	0,00	0,00
SB(85)	0,00	0,00	12,19	100,00	0,00	0,00	SB(175)	2,64	8,81	27,34	91,19	0,00	0,00
SB(86)	0,00	0,00	5,35	100,00	0,00	0,00	SB(176)	0,00	0,00	1,72	42,16	2,36	57,84
SB(87)	0,00	0,00	41,96	100,00	0,00	0,00	SB(177)	0,00	0,00	7,67	100,00	0,00	0,00
SB(88)	0,00	0,00	15,31	100,00	0,00	0,00	SB(178)	0,00	0,00	22,21	87,06	3,30	12,94
SB(89)	0,00	0,00	14,12	100,00	0,00	0,00	SB(179)	5,45	31,11	12,07	68,89	0,00	0,00
SB(90)	0,00	0,00	50,22	100,00	0,00	0,00	SB(180)	4,70	5,32	83,68	94,68	0,00	0,00

**Tabela 47 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre seco) nas sub-bacias hidrográficas.

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Seco (2011-2020)									
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		Sub-bacias	<300mm		300-600mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%		Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(1)	98,71	100,00	0,00	0,00	SB(91)	21,09	100,00	0,00	0,00
SB(2)	28,60	100,00	0,00	0,00	SB(92)	22,88	100,00	0,00	0,00
SB(3)	14,19	100,00	0,00	0,00	SB(93)	25,47	100,00	0,00	0,00
SB(4)	11,59	100,00	0,00	0,00	SB(94)	28,25	100,00	0,00	0,00
SB(5)	25,26	100,00	0,00	0,00	SB(95)	13,61	100,00	0,00	0,00
SB(6)	46,55	100,00	0,00	0,00	SB(96)	12,08	100,00	0,00	0,00
SB(7)	93,84	100,00	0,00	0,00	SB(97)	5,25	100,00	0,00	0,00
SB(8)	98,42	100,00	0,00	0,00	SB(98)	2,89	100,00	0,00	0,00
SB(9)	57,87	100,00	0,00	0,00	SB(99)	15,62	100,00	0,00	0,00
SB(10)	77,59	100,00	0,00	0,00	SB(100)	19,25	100,00	0,00	0,00
SB(11)	32,14	100,00	0,00	0,00	SB(101)	28,43	100,00	0,00	0,00
SB(12)	278,56	100,00	0,00	0,00	SB(102)	4,88	100,00	0,00	0,00
SB(13)	37,55	100,00	0,00	0,00	SB(103)	32,54	100,00	0,00	0,00
SB(14)	281,48	100,00	0,00	0,00	SB(104)	17,7	100,00	0,00	0,00
SB(15)	47,68	100,00	0,00	0,00	SB(105)	21,98	100,00	0,00	0,00
SB(16)	39,94	100,00	0,00	0,00	SB(106)	32,94	100,00	0,00	0,00
SB(17)	116,27	100,00	0,00	0,00	SB(107)	6,24	100,00	0,00	0,00
SB(18)	115,56	100,00	0,00	0,00	SB(108)	9,4	100,00	0,00	0,00
SB(19)	142,91	100,00	0,00	0,00	SB(109)	15,33	100,00	0,00	0,00
SB(20)	37,71	100,00	0,00	0,00	SB(110)	6,21	100,00	0,00	0,00
SB(21)	211,43	100,00	0,00	0,00	SB(111)	13,93	100,00	0,00	0,00
SB(22)	33,41	100,00	0,00	0,00	SB(112)	12,03	100,00	0,00	0,00
SB(23)	10,76	100,00	0,00	0,00	SB(113)	8,98	100,00	0,00	0,00
SB(24)	54,75	100,00	0,00	0,00	SB(114)	11,75	100,00	0,00	0,00
SB(25)	23,37	100,00	0,00	0,00	SB(115)	17,38	100,00	0,00	0,00
SB(26)	282,03	100,00	0,00	0,00	SB(116)	9,69	100,00	0,00	0,00
SB(27)	48,55	100,00	0,00	0,00	SB(117)	27,47	100,00	0,00	0,00
SB(28)	201,08	100,00	0,00	0,00	SB(118)	6,97	100,00	0,00	0,00
SB(29)	82,91	100,00	0,00	0,00	SB(119)	17,59	100,00	0,00	0,00
SB(30)	90,36	100,00	0,00	0,00	SB(120)	4,57	100,00	0,00	0,00
SB(31)	274,28	100,00	0,00	0,00	SB(121)	11,95	100,00	0,00	0,00
SB(32)	304,07	100,00	0,00	0,00	SB(122)	25,21	100,00	0,00	0,00
SB(33)	8,53	100,00	0,00	0,00	SB(123)	35,57	100,00	0,00	0,00
SB(34)	85,49	99,82	0,15	0,18	SB(124)	55,68	100,00	0,00	0,00
SB(35)	139,62	97,31	3,86	2,69	SB(125)	9,53	82,30	2,05	17,70
SB(36)	145,71	95,31	7,17	4,69	SB(126)	9,14	61,30	5,77	38,70



**Tabela 47 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre seco) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

<b>Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Seco (2011-2020)</b>									
<b>Sub-bacias</b>	<b>&lt;300mm</b>		<b>300-600mm</b>		<b>Sub-bacias</b>	<b>&lt;300mm</b>		<b>300-600mm</b>	
	<b>Área(km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Área(km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>		<b>Área(km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Área(km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
SB(37)	18,98	100,00	0,00	0,00	SB(127)	16,39	100,00	0,00	0,00
SB(38)	6,39	100,00	0,00	0,00	SB(128)	19,66	100,00	0,00	0,00
SB(39)	3,19	100,00	0,00	0,00	SB(129)	14,51	100,00	0,00	0,00
SB(40)	5,24	100,00	0,00	0,00	SB(130)	13,91	95,54	0,65	4,46
SB(41)	22,42	100,00	0,00	0,00	SB(131)	26,06	100,00	0,00	0,00
SB(42)	15,16	100,00	0,00	0,00	SB(132)	10,53	100,00	0,00	0,00
SB(43)	5,62	100,00	0,00	0,00	SB(133)	19,78	100,00	0,00	0,00
SB(44)	8,02	100,00	0,00	0,00	SB(134)	34,61	100,00	0,00	0,00
SB(45)	8,41	100,00	0,00	0,00	SB(135)	22,62	100,00	0,00	0,00
SB(46)	41,60	100,00	0,00	0,00	SB(136)	38,39	100,00	0,00	0,00
SB(47)	15,87	100,00	0,00	0,00	SB(137)	7,12	100,00	0,00	0,00
SB(48)	12,43	100,00	0,00	0,00	SB(138)	13,18	100,00	0,00	0,00
SB(49)	20,37	100,00	0,00	0,00	SB(139)	90,65	100,00	0,00	0,00
SB(50)	29,78	99,77	0,07	0,23	SB(140)	36,37	100,00	0,00	0,00
SB(51)	23,92	100,00	0,00	0,00	SB(141)	55	100,00	0,00	0,00
SB(52)	28,18	100,00	0,00	0,00	SB(142)	6,53	100,00	0,00	0,00
SB(53)	12,65	100,00	0,00	0,00	SB(143)	70,9	100,00	0,00	0,00
SB(54)	18,95	100,00	0,00	0,00	SB(144)	12,18	100,00	0,00	0,00
SB(55)	8,53	72,10	3,30	27,90	SB(145)	8,91	100,00	0,00	0,00
SB(56)	25,99	99,09	0,24	0,91	SB(146)	27,4	100,00	0,00	0,00
SB(57)	10,69	100,00	0,00	0,00	SB(147)	9,59	100,00	0,00	0,00
SB(58)	43,24	100,00	0,00	0,00	SB(148)	35,37	100,00	0,00	0,00
SB(59)	7,01	100,00	0,00	0,00	SB(149)	41,69	100,00	0,00	0,00
SB(60)	10,87	100,00	0,00	0,00	SB(150)	45,26	100,00	0,00	0,00
SB(61)	12,38	100,00	0,00	0,00	SB(151)	156,13	100,00	0,00	0,00
SB(62)	19,83	100,00	0,00	0,00	SB(152)	5,18	100,00	0,00	0,00
SB(63)	33,48	100,00	0,00	0,00	SB(153)	16,46	100,00	0,00	0,00
SB(64)	16,83	100,00	0,00	0,00	SB(154)	48,31	100,00	0,00	0,00
SB(65)	6,75	100,00	0,00	0,00	SB(155)	18,48	100,00	0,00	0,00
SB(66)	10,09	100,00	0,00	0,00	SB(156)	81,73	100,00	0,00	0,00
SB(67)	23,05	100,00	0,00	0,00	SB(157)	45,16	100,00	0,00	0,00
SB(68)	16,02	100,00	0,00	0,00	SB(158)	13,83	100,00	0,00	0,00
SB(69)	32,42	100,00	0,00	0,00	SB(159)	28,98	100,00	0,00	0,00
SB(70)	6,23	100,00	0,00	0,00	SB(160)	17,58	100,00	0,00	0,00
SB(71)	7,05	100,00	0,00	0,00	SB(161)	15,06	100,00	0,00	0,00
SB(72)	10,96	100,00	0,00	0,00	SB(162)	20,09	100,00	0,00	0,00

**Tabela 47** - Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (semestre seco) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Semestre Seco (2011-2020)									
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		Sub-bacias	<300mm		300-600mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%		Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(73)	13,37	100,00	0,00	0,00	SB(163)	17,77	100,00	0,00	0,00
SB(74)	25,65	100,00	0,00	0,00	SB(164)	21,48	100,00	0,00	0,00
SB(75)	15,72	100,00	0,00	0,00	SB(165)	16,89	100,00	0,00	0,00
SB(76)	24,49	92,03	2,12	7,97	SB(166)	48,96	100,00	0,00	0,00
SB(77)	9,29	100,00	0,00	0,00	SB(167)	17,86	100,00	0,00	0,00
SB(78)	54,35	100,00	0,00	0,00	SB(168)	26,27	100,00	0,00	0,00
SB(79)	6,93	100,00	0,00	0,00	SB(169)	63,29	100,00	0,00	0,00
SB(80)	232,70	100,00	0,00	0,00	SB(170)	14,57	100,00	0,00	0,00
SB(81)	57,30	100,00	0,00	0,00	SB(171)	21,68	100,00	0,00	0,00
SB(82)	32,29	100,00	0,00	0,00	SB(172)	9,68	100,00	0,00	0,00
SB(83)	42,02	100,00	0,00	0,00	SB(173)	11,86	100,00	0,00	0,00
SB(84)	18,31	100,00	0,00	0,00	SB(174)	40,1	100,00	0,00	0,00
SB(85)	12,19	100,00	0,00	0,00	SB(175)	29,98	100,00	0,00	0,00
SB(86)	5,35	100,00	0,00	0,00	SB(176)	4,08	100,00	0,00	0,00
SB(87)	41,96	100,00	0,00	0,00	SB(177)	7,67	100,00	0,00	0,00
SB(88)	15,31	100,00	0,00	0,00	SB(178)	23,72	92,98	1,79	7,02
SB(89)	14,12	100,00	0,00	0,00	SB(179)	17,52	100,00	0,00	0,00
SB(90)	50,22	100,00	0,00	0,00	SB(180)	88,38	100,00	0,00	0,00

**Tabela 48** - Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas.

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)										
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(1)	0,00	0,00	14,95	15,15	71,34	72,27	12,42	12,58	0,00	0,00
SB(2)	0,00	0,00	0,00	0,00	23,42	81,89	5,18	18,11	0,00	0,00
SB(3)	0,00	0,00	4,75	33,47	8,99	63,36	0,45	3,17	0,00	0,00
SB(4)	0,00	0,00	1,94	16,70	8,52	73,55	1,13	9,75	0,00	0,00
SB(5)	0,00	0,00	7,48	29,61	16,17	64,00	1,61	6,39	0,00	0,00
SB(6)	0,53	1,14	13,69	29,40	22,21	47,72	10,12	21,74	0,00	0,00
SB(7)	0,76	0,81	21,19	22,58	50,61	53,93	21,28	22,68	0,00	0,00
SB(8)	0,00	0,00	22,77	23,13	59,36	60,32	16,29	16,55	0,00	0,00
SB(9)	0,00	0,00	10,67	18,44	39,95	69,03	7,25	12,53	0,00	0,00
SB(10)	0,00	0,00	8,17	10,53	56,56	72,90	12,86	16,57	0,00	0,00
SB(11)	0,17	0,53	1,00	3,11	19,98	62,17	10,99	34,19	0,00	0,00
SB(12)	3,29	1,18	33,00	11,85	179,09	64,29	62,22	22,34	0,96	0,34

**Tabela 48 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)										
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(13)	0,00	0,00	0,18	0,49	35,63	94,88	1,74	4,63	0,00	0,00
SB(14)	0,00	0,00	21,65	7,69	205,72	73,09	54,11	19,22	0,00	0,00
SB(15)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,13	19,15	38,55	80,85	0,00	0,00
SB(16)	0,00	0,00	0,00	0,00	8,67	21,71	31,27	78,29	0,00	0,00
SB(17)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,31	10,58	99,78	85,82	4,18	3,60
SB(18)	0,00	0,00	0,00	0,00	31,32	27,11	71,97	62,28	12,27	10,61
SB(19)	0,24	0,17	28,64	20,04	75,52	52,84	38,51	26,95	0,00	0,00
SB(20)	0,54	1,43	14,04	37,24	20,93	55,50	2,20	5,83	0,00	0,00
SB(21)	0,00	0,00	20,64	9,76	155,31	73,46	35,48	16,78	0,00	0,00
SB(22)	1,68	5,03	13,97	41,81	17,76	53,16	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(23)	0,00	0,00	3,65	33,92	7,11	66,08	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(24)	0,00	0,00	0,46	0,84	53,55	97,81	0,74	1,35	0,00	0,00
SB(25)	0,00	0,00	0,00	0,00	23,37	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(26)	10,88	3,86	22,10	7,83	154,23	54,68	82,93	29,41	11,89	4,22
SB(27)	0,00	0,00	0,00	0,00	11,45	23,58	37,10	76,42	0,00	0,00
SB(28)	0,00	0,00	0,00	0,00	29,01	14,43	135,45	67,36	36,62	18,21
SB(29)	0,00	0,00	3,13	3,78	31,64	38,16	48,14	58,06	0,00	0,00
SB(30)	0,00	0,00	0,00	0,00	65,49	72,48	24,87	27,52	0,00	0,00
SB(31)	0,00	0,00	0,62	0,23	101,52	37,01	140,76	51,32	31,38	11,44
SB(32)	0,00	0,00	0,00	0,00	109,87	36,13	193,92	63,78	0,28	0,09
SB(33)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,71	90,44	0,82	9,56	0,00	0,00
SB(34)	0,00	0,00	0,00	0,00	8,97	10,47	39,91	46,61	36,76	42,92
SB(35)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,77	75,09	52,33	67,29	46,90
SB(36)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,51	2,30	99,82	65,29	49,55	32,41
SB(37)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,44	65,56	6,54	34,44	0,00	0,00
SB(38)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,89	6,20	97,11	0,00	0,00
SB(39)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	81,58	0,59	18,42	0,00	0,00
SB(40)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(41)	0,00	0,00	0,71	3,15	14,98	66,82	6,73	30,03	0,00	0,00
SB(42)	0,00	0,00	8,80	58,05	5,25	34,63	1,11	7,32	0,00	0,00
SB(43)	0,00	0,00	0,23	4,09	3,31	58,90	2,08	37,01	0,00	0,00
SB(44)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,26	65,64	2,76	34,36	0,00	0,00
SB(45)	0,00	0,00	1,45	17,26	6,96	82,74	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(46)	0,00	0,00	1,74	4,18	33,41	80,32	6,45	15,50	0,00	0,00
SB(47)	0,00	0,00	1,09	6,86	11,15	70,25	3,63	22,89	0,00	0,00
SB(48)	0,00	0,00	8,68	69,83	3,75	30,17	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 48 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)										
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(49)	0,00	0,00	15,83	77,71	4,54	22,29	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(50)	0,00	0,00	1,99	6,68	20,83	69,95	4,62	15,51	2,34	7,86
SB(51)	0,00	0,00	0,00	0,00	21,22	88,73	2,70	11,27	0,00	0,00
SB(52)	0,00	0,00	1,02	3,61	18,00	63,88	9,16	32,51	0,00	0,00
SB(53)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	16,28	10,59	83,72	0,00	0,00
SB(54)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,21	64,42	6,74	35,58	0,00	0,00
SB(55)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,78	65,77	4,05	34,23
SB(56)	0,00	0,00	0,90	3,43	3,81	14,53	12,90	49,18	8,62	32,86
SB(57)	0,00	0,00	0,00	0,00	10,69	99,98	0,00	0,02	0,00	0,00
SB(58)	0,00	0,00	0,79	1,82	38,22	88,40	4,23	9,78	0,00	0,00
SB(59)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	33,95	4,63	66,05	0,00	0,00
SB(60)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	51,70	5,25	48,30	0,00	0,00
SB(61)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,44	19,72	9,94	80,28	0,00	0,00
SB(62)	0,00	0,00	6,16	31,06	9,30	46,90	4,37	22,04	0,00	0,00
SB(63)	0,00	0,00	0,00	0,00	15,78	47,13	17,70	52,87	0,00	0,00
SB(64)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	20,50	13,38	79,50	0,00	0,00
SB(65)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,41	50,56	3,34	49,44	0,00	0,00
SB(66)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	21,41	7,93	78,59	0,00	0,00
SB(67)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,66	24,56	17,39	75,44	0,00	0,00
SB(68)	0,00	0,00	0,00	0,00	14,33	89,45	1,69	10,55	0,00	0,00
SB(69)	0,00	0,00	0,00	0,00	24,42	75,32	8,00	24,68	0,00	0,00
SB(70)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,37	54,14	2,86	45,86	0,00	0,00
SB(71)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08	29,50	4,97	70,50	0,00	0,00
SB(72)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,79	89,32	1,17	10,68	0,00	0,00
SB(73)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	10,17	12,01	89,83	0,00	0,00
SB(74)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28	16,69	21,37	83,31	0,00	0,00
SB(75)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,54	28,87	11,18	71,13	0,00	0,00
SB(76)	0,00	0,00	2,29	8,61	8,00	30,06	8,08	30,36	8,24	30,97
SB(77)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09	22,50	7,20	77,50	0,00	0,00
SB(78)	0,00	0,00	0,00	0,00	11,21	20,62	42,78	78,71	0,36	0,67
SB(79)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,85	55,53	3,08	44,47	0,00	0,00
SB(80)	0,00	0,00	0,00	0,00	68,81	29,57	162,81	69,97	1,08	0,46
SB(81)	0,00	0,00	0,00	0,00	25,56	44,61	31,74	55,39	0,00	0,00
SB(82)	0,00	0,00	0,00	0,00	23,89	73,99	8,40	26,01	0,00	0,00
SB(83)	0,00	0,00	0,00	0,00	24,95	59,38	17,07	40,62	0,00	0,00
SB(84)	0,00	0,00	4,82	26,32	13,49	73,68	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 48 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Sub-bacias	Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)									
	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(85)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,19	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(86)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(87)	0,00	0,00	13,15	31,34	27,80	66,25	1,01	2,41	0,00	0,00
SB(88)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	78,36	3,31	21,64	0,00	0,00
SB(89)	0,00	0,00	0,60	4,25	13,52	95,75	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(90)	0,00	0,00	4,26	8,48	44,60	88,81	1,36	2,71	0,00	0,00
SB(91)	0,00	0,00	0,00	0,00	14,46	68,58	6,63	31,42	0,00	0,00
SB(92)	0,00	0,00	0,00	0,00	17,07	74,60	5,81	25,40	0,00	0,00
SB(93)	0,00	0,00	5,47	21,48	20,00	78,52	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(94)	0,00	0,00	15,07	53,33	13,18	46,67	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(95)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	10,51	12,18	89,49	0,00	0,00
SB(96)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,08	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(97)	0,00	0,00	0,37	7,05	4,60	87,62	0,28	5,33	0,00	0,00
SB(98)	0,00	0,00	0,03	1,16	2,86	98,84	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(99)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,06	45,22	8,56	54,78	0,00	0,00
SB(100)	0,00	0,00	1,12	5,82	17,32	89,97	0,81	4,21	0,00	0,00
SB(101)	0,00	0,00	2,59	9,11	19,28	67,82	6,56	23,07	0,00	0,00
SB(102)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,66	95,49	0,22	4,51	0,00	0,00
SB(103)	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	65,86	11,11	34,14	0,00	0,00
SB(104)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,41	41,86	10,29	58,14	0,00	0,00
SB(105)	0,00	0,00	2,06	9,37	17,05	77,57	2,87	13,06	0,00	0,00
SB(106)	0,00	0,00	0,00	0,00	25,05	76,05	7,89	23,95	0,00	0,00
SB(107)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05	96,96	0,19	3,04	0,00	0,00
SB(108)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(109)	0,00	0,00	1,10	7,18	11,86	77,36	2,37	15,46	0,00	0,00
SB(110)	0,00	0,00	0,23	3,70	3,80	61,20	2,18	35,10	0,00	0,00
SB(111)	0,00	0,00	2,38	17,09	10,62	76,22	0,93	6,69	0,00	0,00
SB(112)	0,00	0,00	2,95	24,52	8,77	72,90	0,31	2,58	0,00	0,00
SB(113)	0,00	0,00	3,76	41,85	5,22	58,15	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(114)	0,00	0,00	2,08	17,70	9,36	79,66	0,31	2,64	0,00	0,00
SB(115)	0,00	0,00	0,00	0,00	16,80	96,66	0,58	3,34	0,00	0,00
SB(116)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,37	96,70	0,32	3,30	0,00	0,00
SB(117)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,89	28,72	19,58	71,28	0,00	0,00
SB(118)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,21	60,40	2,76	39,60	0,00	0,00
SB(119)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,29	35,75	11,30	64,25	0,00	0,00
SB(120)	0,00	0,00	1,51	32,98	3,06	67,02	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 48 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)										
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(121)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,46	45,69	6,49	54,31	0,00	0,00
SB(122)	0,00	0,00	0,06	0,22	23,79	94,37	1,36	5,41	0,00	0,00
SB(123)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,52	35,20	23,05	64,80	0,00	0,00
SB(124)	0,00	0,00	4,77	8,57	42,15	75,70	8,76	15,73	0,00	0,00
SB(125)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92	51,12	5,66	48,88
SB(126)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,95	4,49	30,11	10,28	68,94
SB(127)	0,00	0,00	1,10	6,71	6,99	42,65	8,30	50,64	0,00	0,00
SB(128)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,18	16,19	16,48	83,81	0,00	0,00
SB(129)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,39	64,72	5,12	35,28	0,00	0,00
SB(130)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08	14,29	9,73	66,82	2,75	18,89
SB(131)	0,00	0,00	1,28	4,90	13,08	50,20	11,70	44,90	0,00	0,00
SB(132)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,57	62,39	3,96	37,61	0,00	0,00
SB(133)	0,00	0,00	1,55	7,84	18,23	92,16	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(134)	0,00	0,00	2,82	8,15	23,02	66,51	8,77	25,34	0,00	0,00
SB(135)	0,00	0,00	0,00	0,00	13,73	60,70	8,89	39,30	0,00	0,00
SB(136)	0,00	0,00	13,82	36,00	16,87	43,94	7,12	18,55	0,58	1,51
SB(137)	0,00	0,00	3,17	44,52	3,95	55,48	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(138)	0,00	0,00	10,58	80,27	2,60	19,73	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(139)	0,00	0,00	18,00	19,86	65,41	72,15	7,24	7,99	0,00	0,00
SB(140)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,44	17,72	29,93	82,28	0,00	0,00
SB(141)	0,00	0,00	1,71	3,11	14,15	25,73	39,14	71,16	0,00	0,00
SB(142)	0,00	0,00	1,40	21,44	5,13	78,56	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(143)	0,00	0,00	0,00	0,00	42,87	60,47	28,03	39,53	0,00	0,00
SB(144)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	16,26	9,18	75,37	1,02	8,37
SB(145)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,26	81,45	1,65	18,55	0,00	0,00
SB(146)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	45,62	14,90	54,38	0,00	0,00
SB(147)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,40	77,16	2,19	22,84	0,00	0,00
SB(148)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,31	35,26	99,69	0,00	0,00
SB(149)	0,00	0,00	0,00	0,00	21,76	52,19	19,93	47,81	0,00	0,00
SB(150)	0,00	0,00	0,20	0,44	7,48	16,53	37,58	83,03	0,00	0,00
SB(151)	0,00	0,00	0,06	0,04	36,44	23,34	119,63	76,62	0,00	0,00
SB(152)	0,00	0,00	0,26	4,96	4,34	83,76	0,58	11,28	0,00	0,00
SB(153)	0,00	0,00	7,81	47,45	8,65	52,55	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(154)	0,00	0,00	0,71	1,48	21,51	44,53	26,08	53,99	0,00	0,00
SB(155)	0,00	0,00	2,53	13,69	11,25	60,88	4,70	25,43	0,00	0,00
SB(156)	0,00	0,00	0,00	0,00	50,91	62,29	30,82	37,71	0,00	0,00

**Tabela 48 -** Quantificação de cada classe da diferença entre a pluviosidade e a evapotranspiração real (média acumulada) nas sub-bacias hidrográficas. (Continuação).

Diferença entre a Pluviosidade e Evapotranspiração Real - Média Acumulada (2011-2020)										
Sub-bacias	<300mm		300-600mm		600-900mm		900-1200mm		>1200mm	
	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%
SB(157)	0,00	0,00	5,53	12,25	35,86	79,40	3,77	8,35	0,00	0,00
SB(158)	0,00	0,00	1,02	7,37	10,94	79,08	1,87	13,55	0,00	0,00
SB(159)	0,00	0,00	5,92	20,43	21,94	75,70	1,12	3,87	0,00	0,00
SB(160)	0,00	0,00	1,13	6,43	4,66	26,51	11,79	67,06	0,00	0,00
SB(161)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,06	100,00	0,00	0,00
SB(162)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	5,48	18,99	94,52	0,00	0,00
SB(163)	0,00	0,00	0,00	0,00	9,26	52,11	8,51	47,89	0,00	0,00
SB(164)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	7,94	19,77	92,06	0,00	0,00
SB(165)	0,00	0,00	0,27	1,59	3,66	21,69	12,96	76,72	0,00	0,00
SB(166)	0,00	0,00	1,39	2,84	30,71	62,72	16,86	34,44	0,00	0,00
SB(167)	0,00	0,00	0,71	3,98	12,40	69,42	4,75	26,60	0,00	0,00
SB(168)	0,00	0,00	0,17	0,65	15,27	58,12	10,83	41,23	0,00	0,00
SB(169)	0,00	0,00	5,56	8,78	22,33	35,29	27,99	44,22	7,41	11,71
SB(170)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,26	29,24	10,03	68,84	0,28	1,92
SB(171)	1,10	5,07	8,41	38,80	7,22	33,30	4,95	22,83	0,00	0,00
SB(172)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,97	72,00	2,71	28,00	0,00	0,00
SB(173)	0,00	0,00	0,17	1,43	11,69	98,57	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(174)	0,00	0,00	2,19	5,46	32,24	80,40	5,67	14,14	0,00	0,00
SB(175)	0,00	0,00	0,81	2,70	25,27	84,29	3,90	13,01	0,00	0,00
SB(176)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	31,73	2,70	66,14	0,09	2,13
SB(177)	0,00	0,00	0,31	4,04	7,36	95,96	0,00	0,00	0,00	0,00
SB(178)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,96	11,60	19,17	75,15	3,38	13,25
SB(179)	0,00	0,00	3,54	20,21	8,62	49,20	5,36	30,59	0,00	0,00
SB(180)	0,00	0,00	0,00	0,00	62,12	70,33	26,20	29,67	0,00	0,00

**APÊNDICE K - Quantificação das classes das 180 sub-bacias hidrográficas referente as  
COHS-SC, COHS-SS, COHS-MA**



As Figuras 122 a 124 apresentam a quantificação percentual das classes para as 180 sub-bacias hidrográficas referente a Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Chuvoso (COHS-SC). As classes referente a Carta de Oferta Hídrica Superficial do Semestre Seco (COHS-SS) estão apresentadas nas Figuras 125 a 127. As classes contabilizadas da Carta de Oferta Hídrica Superficial da Média Acumulada (COHS-MA) estão exibidas nas Figuras 128 a 130.

Os gráficos que compõem as Figuras 122 a 130, representam cinco níveis, que correspondem respectivamente Nível 1 (Muito baixa), Nível 2 (Baixa), Nível 3 (Média), Nível 4 (Alta) e Nível 5 (Muito alta) oferta hídrica superficial.

As Tabelas 49 a 51 apresentam a quantificação da área em quilômetros quadrados de cada classe presente nas cartas COHS-SC, COHS-SS e COHS-MA, respectivamente.

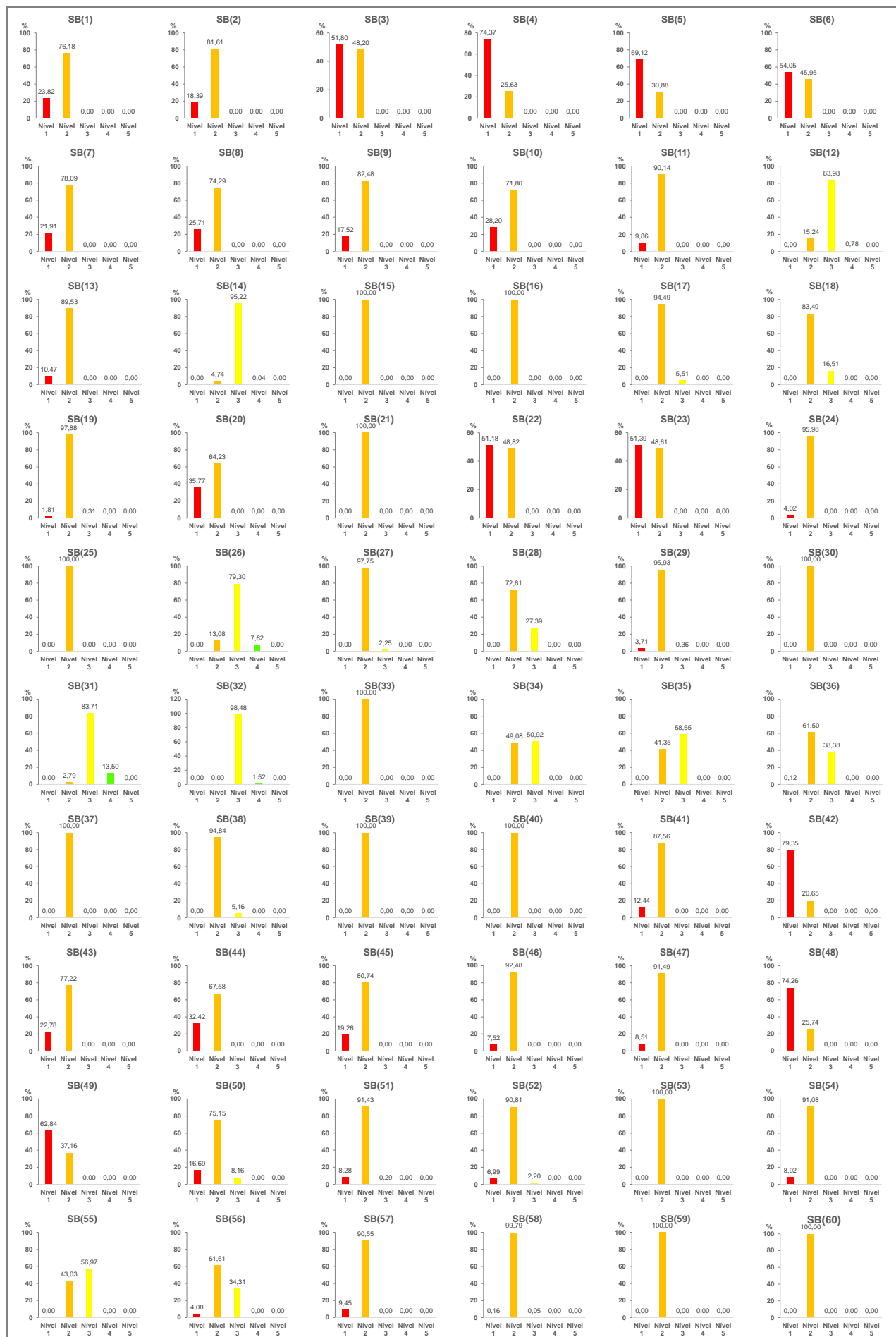


Figura 122 - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60.

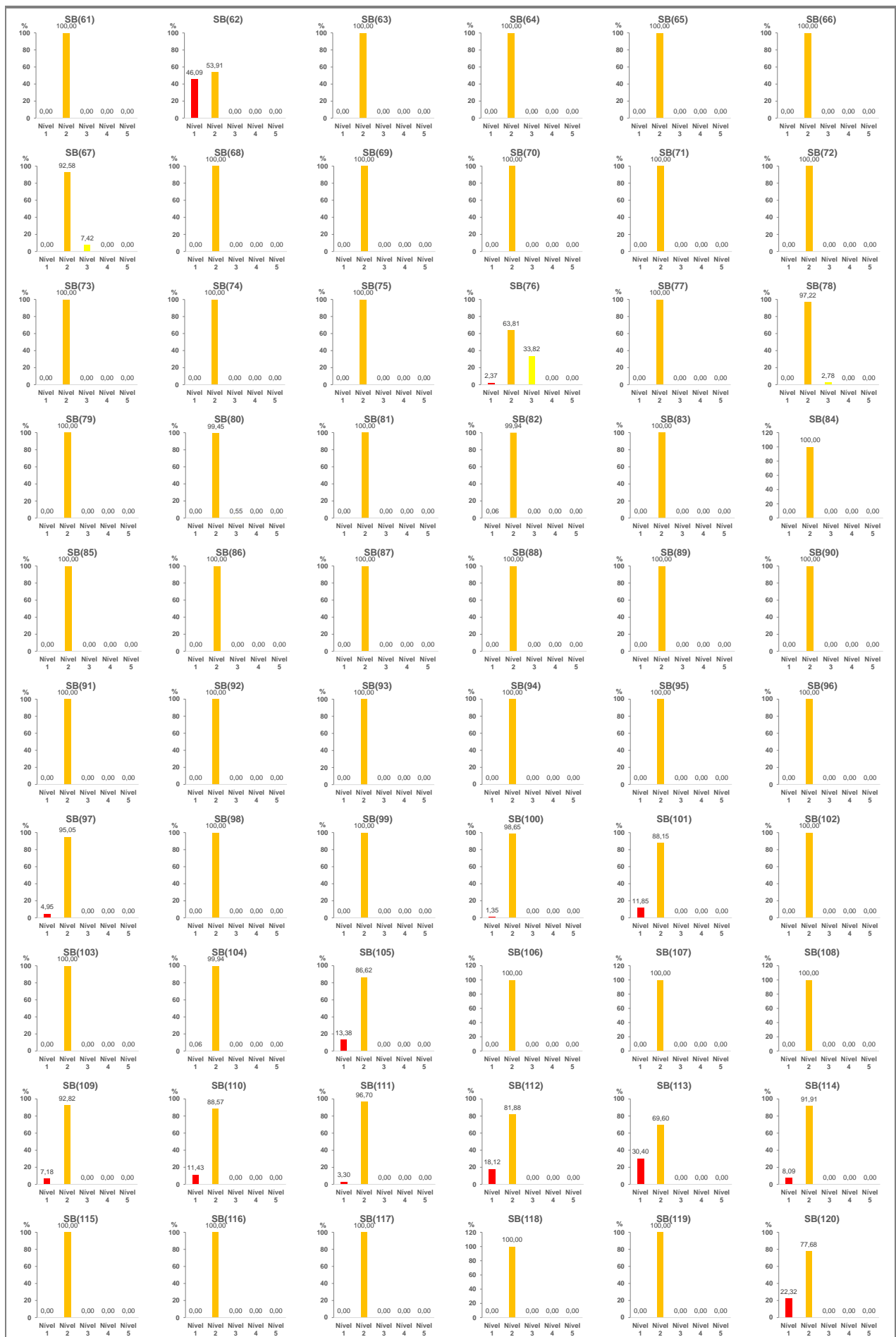


Figura 123 - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120.

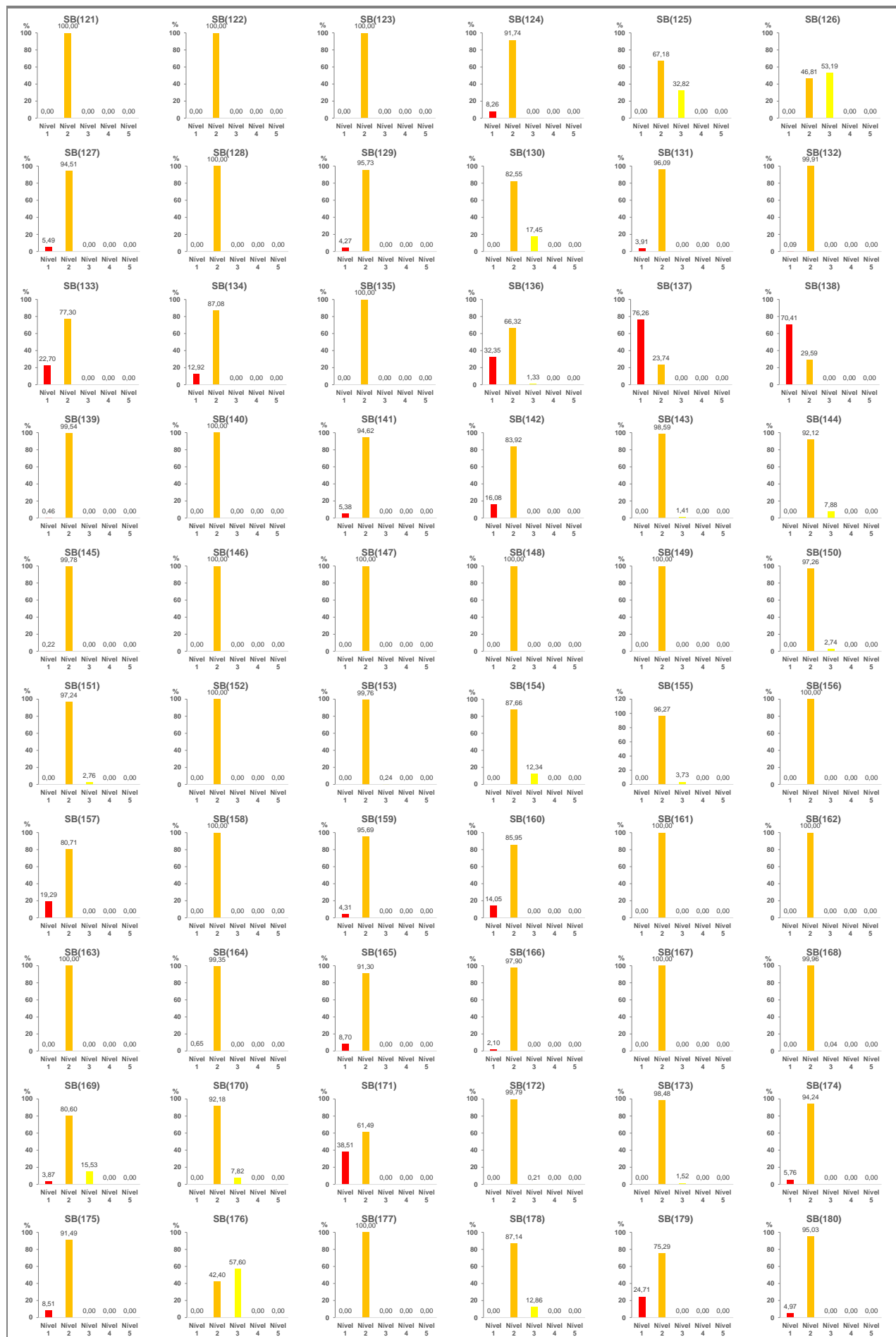


Figura 124 - Quantificação das classes da COHS-SC para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180.

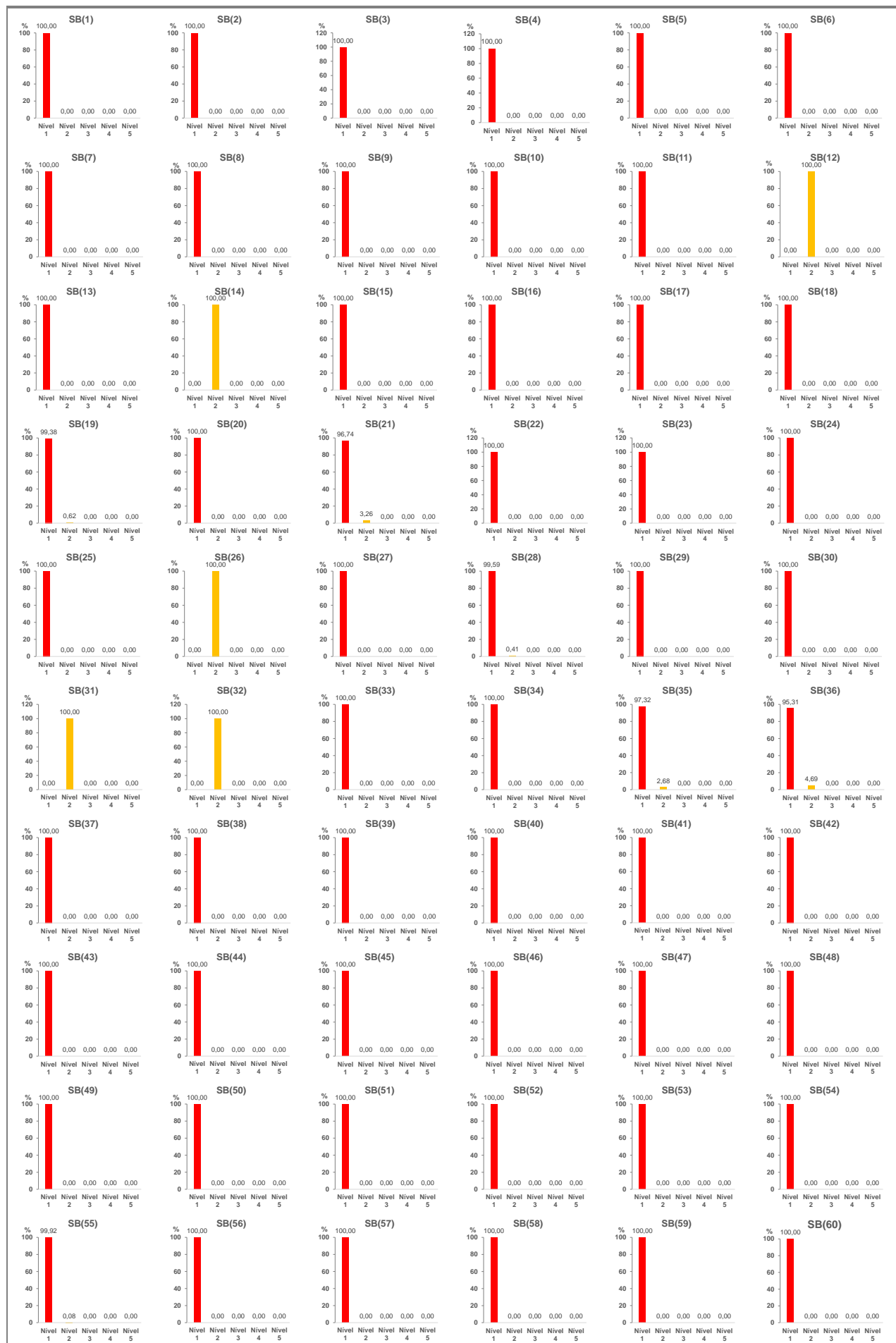


Figura 125 - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60.

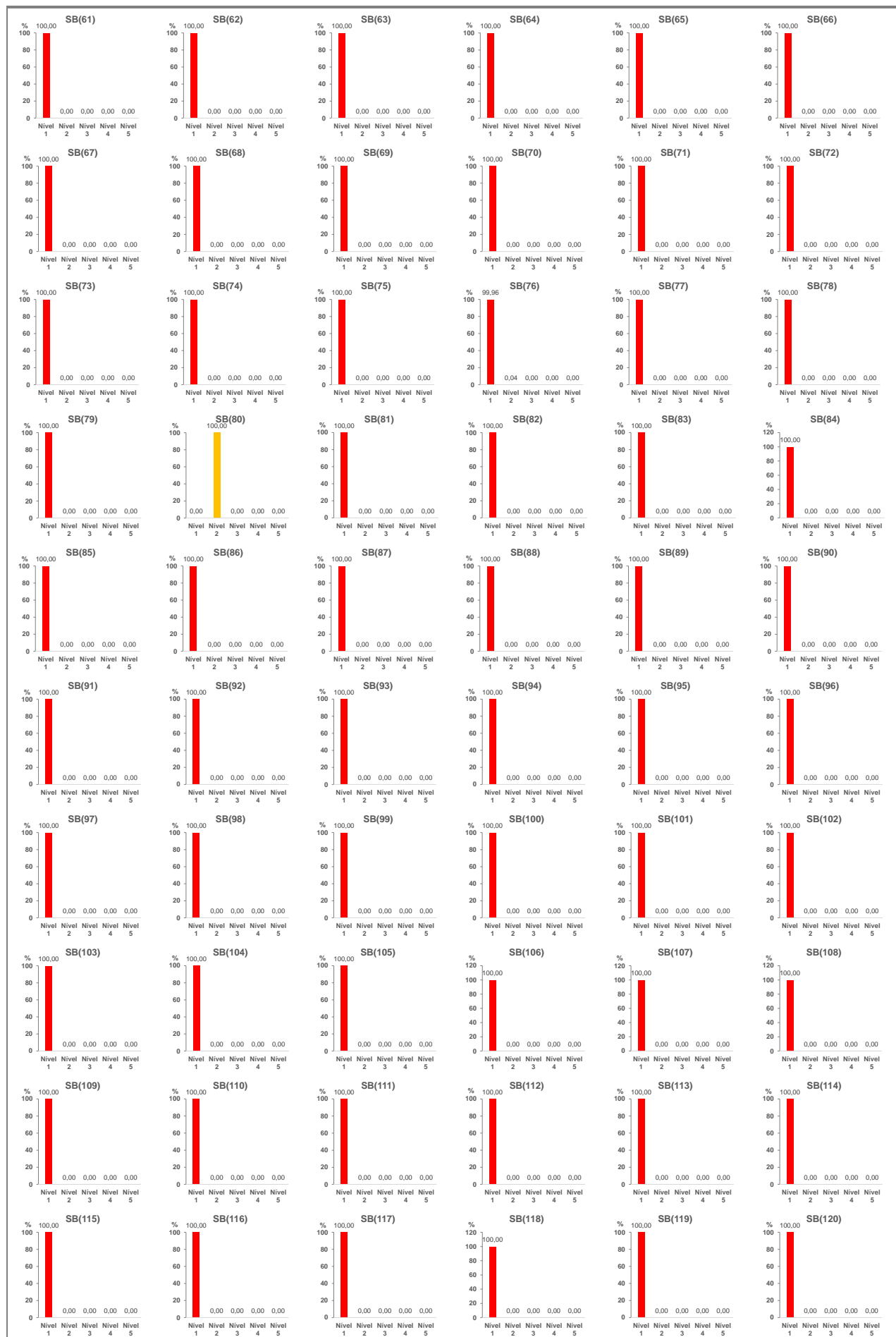


Figura 126 - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120.



Figura 127 - Quantificação das classes da COHS-SS para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180.

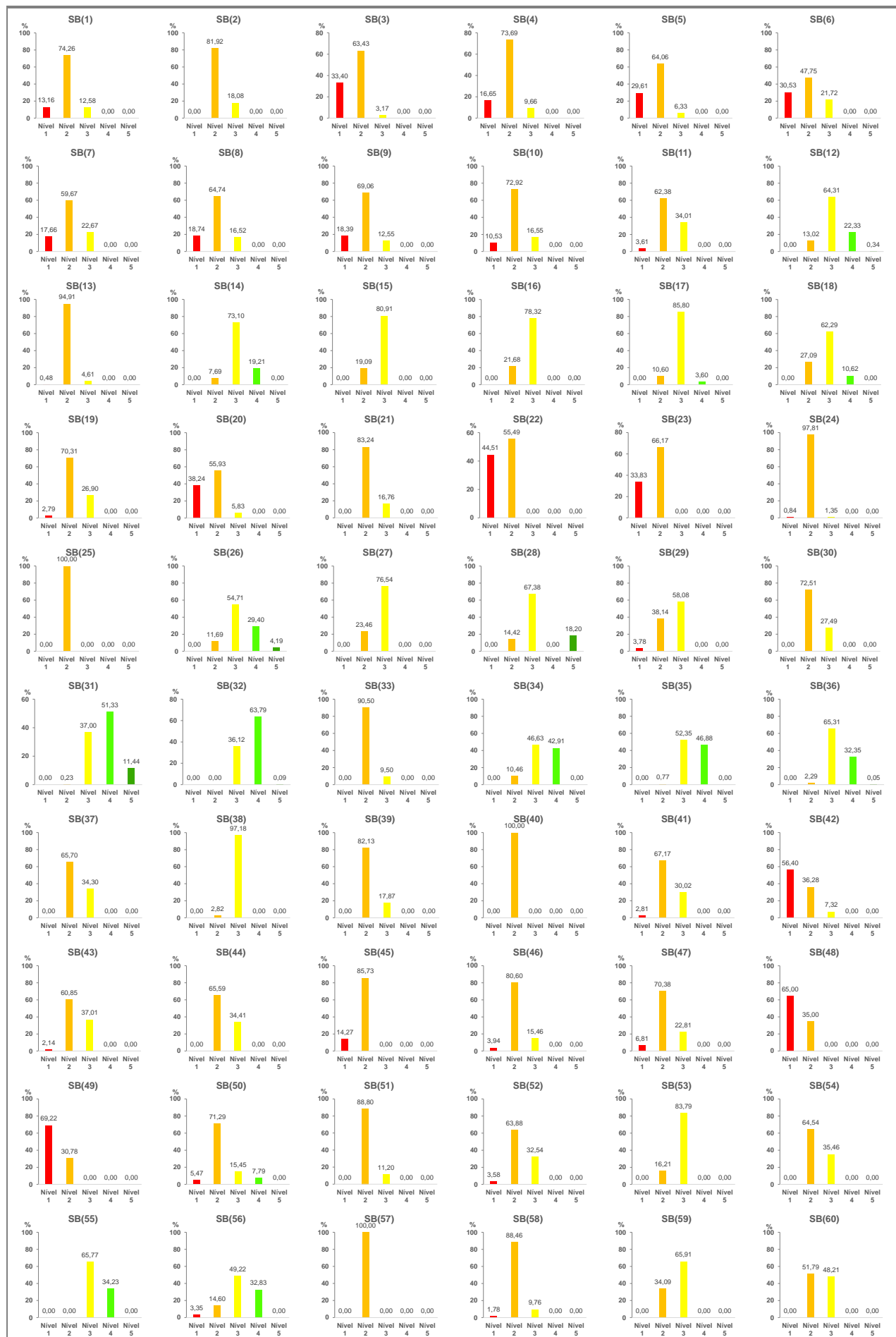


Figura 128 - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 1 a 60.



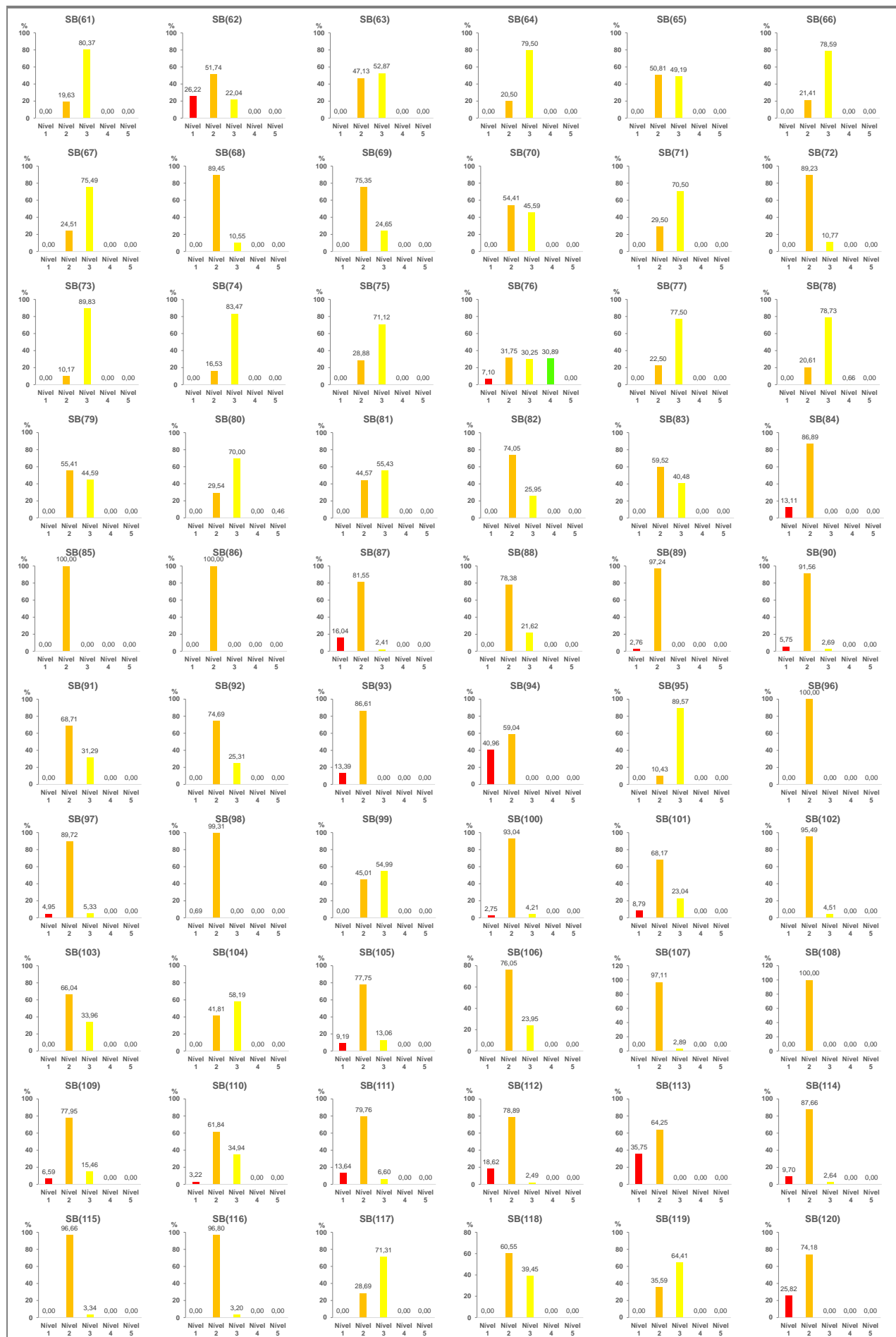


Figura 129 - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 61 a 120.

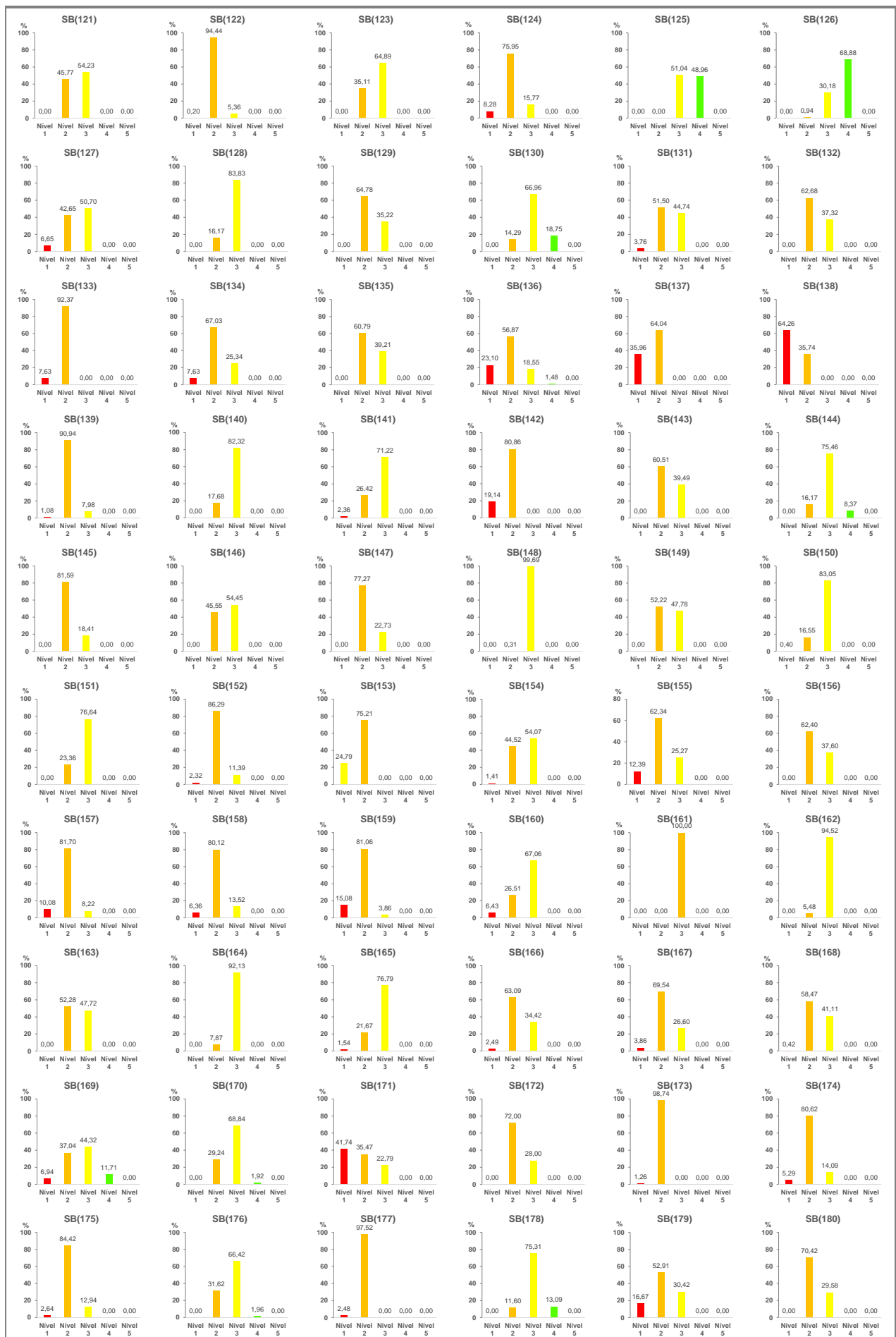


Figura 130 - Quantificação das classes da COHS-MA para as sub-bacias hidrográficas de 121 a 180.

**Tabela 49** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-SC para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação.

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(1)	23,51	75,20	-	-	-	SB(91)	-	21,09	-	-	-
SB(2)	5,26	23,34	-	-	-	SB(92)	-	22,88	-	-	-
SB(3)	7,35	6,84	-	-	-	SB(93)	-	25,47	-	-	-
SB(4)	8,62	2,97	-	-	-	SB(94)	-	28,25	-	-	-
SB(5)	17,46	7,80	-	-	-	SB(95)	-	13,61	-	-	-
SB(6)	25,16	21,39	-	-	-	SB(96)	-	12,08	-	-	-
SB(7)	20,56	73,28	-	-	-	SB(97)	0,26	4,99	-	-	-
SB(8)	25,30	73,12	-	-	-	SB(98)	-	2,89	-	-	-
SB(9)	10,14	47,73	-	-	-	SB(99)	-	15,62	-	-	-
SB(10)	21,88	55,71	-	-	-	SB(100)	0,26	18,99	-	-	-
SB(11)	3,17	28,97	-	-	-	SB(101)	3,37	25,06	-	-	-
SB(12)	-	42,46	233,93	2,17	-	SB(102)	-	4,88	-	-	-
SB(13)	3,93	33,62	-	-	-	SB(103)	-	32,54	-	-	-
SB(14)	-	13,34	268,03	0,11	-	SB(104)	0,01	17,69	-	-	-
SB(15)	-	47,68	-	-	-	SB(105)	2,94	19,04	-	-	-
SB(16)	-	39,94	-	-	-	SB(106)	-	32,94	-	-	-
SB(17)	-	109,86	6,41	-	-	SB(107)	-	6,24	-	-	-
SB(18)	-	96,48	19,08	-	-	SB(108)	-	9,40	-	-	-
SB(19)	2,59	139,87	0,45	-	-	SB(109)	1,10	14,23	-	-	-
SB(20)	13,49	24,22	-	-	-	SB(110)	0,71	5,50	-	-	-
SB(21)	-	211,43	-	-	-	SB(111)	0,46	13,47	-	-	-
SB(22)	17,10	16,31	-	-	-	SB(112)	2,18	9,85	-	-	-
SB(23)	5,53	5,23	-	-	-	SB(113)	2,73	6,25	-	-	-
SB(24)	2,20	52,55	-	-	-	SB(114)	0,95	10,80	-	-	-
SB(25)	-	23,37	-	-	-	SB(115)	-	17,38	-	-	-
SB(26)	-	36,89	223,64	21,50	-	SB(116)	-	9,69	-	-	-
SB(27)	-	47,46	1,09	-	-	SB(117)	-	27,47	-	-	-
SB(28)	-	146,01	55,07	-	-	SB(118)	-	6,97	-	-	-
SB(29)	3,08	79,53	0,30	-	-	SB(119)	-	17,59	-	-	-
SB(30)	-	90,36	-	-	-	SB(120)	1,02	3,55	-	-	-
SB(31)	-	7,64	229,60	37,04	-	SB(121)	-	11,95	-	-	-
SB(32)	-	-	299,46	4,61	-	SB(122)	-	25,21	-	-	-
SB(33)	-	8,53	-	-	-	SB(123)	-	35,57	-	-	-
SB(34)	-	42,03	43,61	-	-	SB(124)	4,60	51,08	-	-	-
SB(35)	-	59,33	84,15	-	-	SB(125)	-	7,78	3,80	-	-
SB(36)	0,19	94,02	58,67	-	-	SB(126)	-	6,98	7,93	-	-
SB(37)	-	18,98	-	-	-	SB(127)	0,90	15,49	-	-	-
SB(38)	-	6,06	0,33	-	-	SB(128)	-	19,66	-	-	-
SB(39)	-	3,19	-	-	-	SB(129)	0,62	13,89	-	-	-
SB(40)	-	5,24	-	-	-	SB(130)	-	12,02	2,54	-	-
SB(41)	2,79	19,63	-	-	-	SB(131)	1,02	25,04	-	-	-
SB(42)	12,03	3,13	-	-	-	SB(132)	0,01	10,52	-	-	-
SB(43)	1,28	4,34	-	-	-	SB(133)	4,49	15,29	-	-	-
SB(44)	2,60	5,42	-	-	-	SB(134)	4,47	30,14	-	-	-
SB(45)	1,62	6,79	-	-	-	SB(135)	-	22,62	-	-	-
SB(46)	3,13	38,47	-	-	-	SB(136)	12,42	25,46	0,51	-	-

**Tabela 49** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-SC para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(47)	1,35	14,52	-	-	-	SB(137)	5,43	1,69	-	-	-
SB(48)	9,23	3,20	-	-	-	SB(138)	9,28	3,90	-	-	-
SB(49)	12,8	7,57	-	-	-	SB(139)	0,42	90,23	-	-	-
SB(50)	4,97	22,38	2,43	-	-	SB(140)	-	36,37	-	-	-
SB(51)	1,98	21,87	0,07	-	-	SB(141)	2,96	52,04	-	-	-
SB(52)	1,97	25,59	0,62	-	-	SB(142)	1,05	5,48	-	-	-
SB(53)	-	12,65	-	-	-	SB(143)	-	69,90	1,00	-	-
SB(54)	1,69	17,26	-	-	-	SB(144)	-	11,22	0,96	-	-
SB(55)	-	5,09	6,74	-	-	SB(145)	0,02	8,89	-	-	-
SB(56)	1,07	16,16	9,00	-	-	SB(146)	-	27,40	-	-	-
SB(57)	1,01	9,68	-	-	-	SB(147)	-	9,59	-	-	-
SB(58)	0,07	43,15	0,02	-	-	SB(148)	-	35,37	-	-	-
SB(59)	-	7,01	-	-	-	SB(149)	-	41,69	-	-	-
SB(60)	-	10,87	-	-	-	SB(150)	-	44,02	1,24	-	-
SB(61)	-	12,38	-	-	-	SB(151)	-	151,82	4,31	-	-
SB(62)	9,14	10,69	-	-	-	SB(152)	-	5,18	-	-	-
SB(63)	-	33,48	-	-	-	SB(153)	-	16,42	0,04	-	-
SB(64)	-	16,83	-	-	-	SB(154)	-	42,35	5,96	-	-
SB(65)	-	6,75	-	-	-	SB(155)	-	17,79	0,69	-	-
SB(66)	-	10,09	-	-	-	SB(156)	-	81,73	-	-	-
SB(67)	-	21,34	1,71	-	-	SB(157)	8,71	36,45	-	-	-
SB(68)	-	16,02	-	-	-	SB(158)	-	13,83	-	-	-
SB(69)	-	32,42	-	-	-	SB(159)	1,25	27,73	-	-	-
SB(70)	-	6,23	-	-	-	SB(160)	2,47	15,11	-	-	-
SB(71)	-	7,05	-	-	-	SB(161)	-	15,06	-	-	-
SB(72)	-	10,96	-	-	-	SB(162)	-	20,09	-	-	-
SB(73)	-	13,37	-	-	-	SB(163)	-	17,77	-	-	-
SB(74)	-	25,65	-	-	-	SB(164)	0,14	21,34	-	-	-
SB(75)	-	15,72	-	-	-	SB(165)	1,47	15,42	-	-	-
SB(76)	0,63	16,98	9,00	-	-	SB(166)	1,03	47,93	-	-	-
SB(77)	-	9,29	-	-	-	SB(167)	-	17,86	-	-	-
SB(78)	-	52,84	1,51	-	-	SB(168)	-	26,26	0,01	-	-
SB(79)	-	6,93	-	-	-	SB(169)	2,45	51,01	9,83	-	-
SB(80)	-	231,41	1,29	-	-	SB(170)	-	13,43	1,14	-	-
SB(81)	-	57,30	-	-	-	SB(171)	8,35	13,33	-	-	-
SB(82)	0,02	32,27	-	-	-	SB(172)	-	9,66	0,02	-	-
SB(83)	-	42,02	-	-	-	SB(173)	-	11,68	0,18	-	-
SB(84)	-	18,31	-	-	-	SB(174)	2,31	37,79	-	-	-
SB(85)	-	12,19	-	-	-	SB(175)	2,55	27,43	-	-	-
SB(86)	-	5,35	-	-	-	SB(176)	-	1,73	2,35	-	-
SB(87)	-	41,96	-	-	-	SB(177)	-	7,67	-	-	-
SB(88)	-	15,31	-	-	-	SB(178)	-	22,23	3,28	-	-
SB(89)	-	14,12	-	-	-	SB(179)	4,33	13,19	-	-	-
SB(90)	-	50,22	-	-	-	SB(180)	4,39	83,99	-	-	-

**Tabela 50** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-SS para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação.

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(1)	98,71	-	-	-	-	SB(91)	21,09	-	-	-	-
SB(2)	28,60	-	-	-	-	SB(92)	22,88	-	-	-	-
SB(3)	14,19	-	-	-	-	SB(93)	25,47	-	-	-	-
SB(4)	11,59	-	-	-	-	SB(94)	28,25	-	-	-	-
SB(5)	25,26	-	-	-	-	SB(95)	13,61	-	-	-	-
SB(6)	46,55	-	-	-	-	SB(96)	12,08	-	-	-	-
SB(7)	93,84	-	-	-	-	SB(97)	5,25	-	-	-	-
SB(8)	98,42	-	-	-	-	SB(98)	2,89	-	-	-	-
SB(9)	57,97	-	-	-	-	SB(99)	15,62	-	-	-	-
SB(10)	77,59	-	-	-	-	SB(100)	19,25	-	-	-	-
SB(11)	32,14	-	-	-	-	SB(101)	28,43	-	-	-	-
SB(12)	-	278,56	-	-	-	SB(102)	4,88	-	-	-	-
SB(13)	37,55	-	-	-	-	SB(103)	32,54	-	-	-	-
SB(14)	-	281,48	-	-	-	SB(104)	17,70	-	-	-	-
SB(15)	47,68	-	-	-	-	SB(105)	21,98	-	-	-	-
SB(16)	39,94	-	-	-	-	SB(106)	32,94	-	-	-	-
SB(17)	116,27	-	-	-	-	SB(107)	6,24	-	-	-	-
SB(18)	115,56	-	-	-	-	SB(108)	9,40	-	-	-	-
SB(19)	142,02	0,89	-	-	-	SB(109)	15,33	-	-	-	-
SB(20)	37,71	-	-	-	-	SB(110)	6,21	-	-	-	-
SB(21)	204,53	6,90	-	-	-	SB(111)	13,93	-	-	-	-
SB(22)	33,41	-	-	-	-	SB(112)	12,03	-	-	-	-
SB(23)	10,76	-	-	-	-	SB(113)	8,98	-	-	-	-
SB(24)	54,75	-	-	-	-	SB(114)	11,75	-	-	-	-
SB(25)	23,37	-	-	-	-	SB(115)	17,38	-	-	-	-
SB(26)	-	282,03	-	-	-	SB(116)	9,69	-	-	-	-
SB(27)	48,55	-	-	-	-	SB(117)	27,47	-	-	-	-
SB(28)	200,26	0,82	-	-	-	SB(118)	6,97	-	-	-	-
SB(29)	82,91	-	-	-	-	SB(119)	17,59	-	-	-	-
SB(30)	90,36	-	-	-	-	SB(120)	4,57	-	-	-	-
SB(31)	-	274,28	-	-	-	SB(121)	11,95	-	-	-	-
SB(32)	-	304,07	-	-	-	SB(122)	25,21	-	-	-	-
SB(33)	8,53	-	-	-	-	SB(123)	35,57	-	-	-	-
SB(34)	85,64	-	-	-	-	SB(124)	55,68	-	-	-	-
SB(35)	139,63	3,85	-	-	-	SB(125)	11,51	0,07	-	-	-
SB(36)	145,71	7,17	-	-	-	SB(126)	14,56	0,35	-	-	-
SB(37)	18,98	-	-	-	-	SB(127)	16,39	-	-	-	-
SB(38)	6,39	-	-	-	-	SB(128)	19,66	-	-	-	-
SB(39)	3,19	-	-	-	-	SB(129)	14,51	-	-	-	-
SB(40)	5,24	-	-	-	-	SB(130)	14,41	0,15	-	-	-
SB(41)	22,42	-	-	-	-	SB(131)	26,06	-	-	-	-
SB(42)	15,16	-	-	-	-	SB(132)	10,53	-	-	-	-
SB(43)	5,62	-	-	-	-	SB(133)	19,78	-	-	-	-
SB(44)	8,02	-	-	-	-	SB(134)	34,61	-	-	-	-
SB(45)	8,41	-	-	-	-	SB(135)	22,62	-	-	-	-
SB(46)	41,60	-	-	-	-	SB(136)	38,39	-	-	-	-

**Tabela 50** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-SS para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(47)	15,87	-	-	-	-	SB(137)	7,12	-	-	-	-
SB(48)	12,43	-	-	-	-	SB(138)	13,18	-	-	-	-
SB(49)	20,37	-	-	-	-	SB(139)	90,65	-	-	-	-
SB(50)	29,78	-	-	-	-	SB(140)	36,37	-	-	-	-
SB(51)	23,92	-	-	-	-	SB(141)	55,00	-	-	-	-
SB(52)	28,18	-	-	-	-	SB(142)	6,53	-	-	-	-
SB(53)	12,65	-	-	-	-	SB(143)	70,90	-	-	-	-
SB(54)	18,95	-	-	-	-	SB(144)	12,18	-	-	-	-
SB(55)	11,82	0,01	-	-	-	SB(145)	8,91	-	-	-	-
SB(56)	26,23	-	-	-	-	SB(146)	27,40	-	-	-	-
SB(57)	10,69	-	-	-	-	SB(147)	9,59	-	-	-	-
SB(58)	43,24	-	-	-	-	SB(148)	35,37	-	-	-	-
SB(59)	7,01	-	-	-	-	SB(149)	41,69	-	-	-	-
SB(60)	10,87	-	-	-	-	SB(150)	45,26	-	-	-	-
SB(61)	12,38	-	-	-	-	SB(151)	156,13	-	-	-	-
SB(62)	19,83	-	-	-	-	SB(152)	5,18	-	-	-	-
SB(63)	33,48	-	-	-	-	SB(153)	16,46	-	-	-	-
SB(64)	16,83	-	-	-	-	SB(154)	48,31	-	-	-	-
SB(65)	6,75	-	-	-	-	SB(155)	18,48	-	-	-	-
SB(66)	10,09	-	-	-	-	SB(156)	81,73	-	-	-	-
SB(67)	23,05	-	-	-	-	SB(157)	45,16	-	-	-	-
SB(68)	16,02	-	-	-	-	SB(158)	13,83	-	-	-	-
SB(69)	32,42	-	-	-	-	SB(159)	28,98	-	-	-	-
SB(70)	6,23	-	-	-	-	SB(160)	17,58	-	-	-	-
SB(71)	7,05	-	-	-	-	SB(161)	15,06	-	-	-	-
SB(72)	10,96	-	-	-	-	SB(162)	20,09	-	-	-	-
SB(73)	13,37	-	-	-	-	SB(163)	17,77	-	-	-	-
SB(74)	25,65	-	-	-	-	SB(164)	21,48	-	-	-	-
SB(75)	15,72	-	-	-	-	SB(165)	16,89	-	-	-	-
SB(76)	26,60	0,01	-	-	-	SB(166)	48,96	-	-	-	-
SB(77)	9,29	-	-	-	-	SB(167)	17,86	-	-	-	-
SB(78)	54,35	-	-	-	-	SB(168)	26,27	-	-	-	-
SB(79)	6,93	-	-	-	-	SB(169)	63,29	-	-	-	-
SB(80)	-	232,70	-	-	-	SB(170)	14,57	-	-	-	-
SB(81)	57,30	-	-	-	-	SB(171)	21,68	-	-	-	-
SB(82)	32,29	-	-	-	-	SB(172)	9,68	-	-	-	-
SB(83)	42,02	-	-	-	-	SB(173)	11,86	-	-	-	-
SB(84)	18,31	-	-	-	-	SB(174)	40,10	-	-	-	-
SB(85)	12,19	-	-	-	-	SB(175)	29,98	-	-	-	-
SB(86)	5,35	-	-	-	-	SB(176)	4,08	-	-	-	-
SB(87)	41,96	-	-	-	-	SB(177)	7,67	-	-	-	-
SB(88)	15,31	-	-	-	-	SB(178)	25,47	0,04	-	-	-
SB(89)	14,12	-	-	-	-	SB(179)	17,52	-	-	-	-
SB(90)	50,22	-	-	-	-	SB(180)	88,38	-	-	-	-

**Tabela 51** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-MA para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação.

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(1)	12,99	73,30	12,42	-	-	SB(91)	-	14,49	6,60	-	-
SB(2)	-	23,43	5,17	-	-	SB(92)	-	17,09	5,79	-	-
SB(3)	4,74	9,00	0,45	-	-	SB(93)	3,41	22,06	-	-	-
SB(4)	1,93	8,54	1,12	-	-	SB(94)	11,57	16,68	-	-	-
SB(5)	7,48	16,18	1,60	-	-	SB(95)	-	1,42	12,19	-	-
SB(6)	14,21	22,23	10,11	-	-	SB(96)	-	12,08	-	-	-
SB(7)	16,57	56,00	21,27	-	-	SB(97)	0,26	4,71	0,28	-	-
SB(8)	18,44	63,72	16,26	-	-	SB(98)	0,02	2,87	-	-	-
SB(9)	10,64	39,97	7,26	-	-	SB(99)	-	7,03	8,59	-	-
SB(10)	8,17	56,58	12,84	-	-	SB(100)	0,53	17,91	0,81	-	-
SB(11)	1,16	20,05	10,93	-	-	SB(101)	2,50	19,38	6,55	-	-
SB(12)	-	36,28	179,14	62,20	0,94	SB(102)	-	4,66	0,22	-	-
SB(13)	0,18	35,64	1,73	-	-	SB(103)	-	21,49	11,05	-	-
SB(14)	-	21,64	205,76	54,08	-	SB(104)	-	7,40	10,30	-	-
SB(15)	-	9,10	38,58	-	-	SB(105)	2,02	17,09	2,87	-	-
SB(16)	-	8,66	31,28	-	-	SB(106)	-	25,05	7,89	-	-
SB(17)	-	12,32	99,76	4,19	-	SB(107)	-	6,05	0,18	-	-
SB(18)	-	31,31	71,98	12,27	-	SB(108)	-	9,40	-	-	-
SB(19)	3,99	100,48	38,44	-	-	SB(109)	1,01	11,95	2,37	-	-
SB(20)	14,42	21,09	2,20	-	-	SB(110)	0,20	3,84	2,17	-	-
SB(21)	-	176,00	35,43	-	-	SB(111)	1,90	11,11	0,92	-	-
SB(22)	14,87	18,54	-	-	-	SB(112)	2,24	9,49	0,30	-	-
SB(23)	3,64	7,12	-	-	-	SB(113)	3,21	5,77	-	-	-
SB(24)	0,46	53,55	0,74	-	-	SB(114)	1,14	10,30	0,31	-	-
SB(25)	-	23,37	-	-	-	SB(115)	-	16,80	0,58	-	-
SB(26)	-	32,97	154,33	82,91	11,82	SB(116)	-	9,38	0,31	-	-
SB(27)	-	11,39	37,16	-	-	SB(117)	-	7,88	19,59	-	-
SB(28)	-	28,99	135,50	-	36,59	SB(118)	-	4,22	2,75	-	-
SB(29)	3,13	31,62	48,16	-	-	SB(119)	-	6,26	11,33	-	-
SB(30)	-	65,52	24,84	-	-	SB(120)	1,18	3,39	-	-	-
SB(31)	-	0,62	101,47	140,81	31,38	SB(121)	-	5,47	6,48	-	-
SB(32)	-	-	109,84	193,95	0,28	SB(122)	0,05	23,81	1,35	-	-
SB(33)	-	7,72	0,81	-	-	SB(123)	-	12,49	23,08	-	-
SB(34)	-	8,96	39,93	36,75	-	SB(124)	4,61	42,29	8,78	-	-
SB(35)	-	1,10	75,12	67,26	-	SB(125)	-	-	5,91	5,67	-
SB(36)	-	3,50	99,85	49,45	0,08	SB(126)	-	0,14	4,50	10,27	-
SB(37)	-	12,47	6,51	-	-	SB(127)	1,09	6,99	8,31	-	-
SB(38)	-	0,18	6,21	-	-	SB(128)	-	3,18	16,48	-	-
SB(39)	-	2,62	0,57	-	-	SB(129)	-	9,40	5,11	-	-
SB(40)	-	5,24	-	-	-	SB(130)	-	2,08	9,75	2,73	-
SB(41)	0,63	15,06	6,73	-	-	SB(131)	0,98	13,42	11,66	-	-
SB(42)	8,55	5,50	1,11	-	-	SB(132)	-	6,60	3,93	-	-
SB(43)	0,12	3,42	2,08	-	-	SB(133)	1,51	18,27	0,00	-	-
SB(44)	-	5,26	2,76	-	-	SB(134)	2,64	23,20	8,77	-	-
SB(45)	1,20	7,21	-	-	-	SB(135)	-	13,75	8,87	-	-
SB(46)	1,64	33,53	6,43	-	-	SB(136)	8,87	21,83	7,12	0,57	-

**Tabela 51** - Quantificação da área (km<sup>2</sup>) das classes da COHS-MA para cada sub-bacia hidrográfica de 4ª ordem de ramificação. (Continuação).

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )					Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
SB(47)	1,08	11,17	3,62	-	-	SB(137)	2,56	4,56	-	-	-
SB(48)	8,08	4,35	-	-	-	SB(138)	8,47	4,71	-	-	-
SB(49)	14,10	6,27	-	-	-	SB(139)	0,98	82,44	7,23	-	-
SB(50)	1,63	21,23	4,60	2,32	-	SB(140)	-	6,43	29,94	-	-
SB(51)	-	21,24	2,68	-	-	SB(141)	1,30	14,53	39,17	-	-
SB(52)	1,01	18,00	9,17	-	-	SB(142)	1,25	5,28	-	-	-
SB(53)	-	2,05	10,60	-	-	SB(143)	-	42,90	28,00	-	-
SB(54)	-	12,23	6,72	-	-	SB(144)	-	1,97	9,19	1,02	-
SB(55)	-	-	7,78	4,05	-	SB(145)	-	7,27	1,64	-	-
SB(56)	0,88	3,83	12,91	8,61	-	SB(146)	-	12,48	14,92	-	-
SB(57)	-	10,69	-	-	-	SB(147)	-	7,41	2,18	-	-
SB(58)	0,77	38,25	4,22	-	-	SB(148)	-	0,11	35,26	-	-
SB(59)	-	2,39	4,62	-	-	SB(149)	-	21,77	19,92	-	-
SB(60)	-	5,63	5,24	-	-	SB(150)	0,18	7,49	37,59	-	-
SB(61)	-	2,43	9,95	-	-	SB(151)	-	36,47	119,66	-	-
SB(62)	5,20	10,26	4,37	-	-	SB(152)	0,12	4,47	0,59	-	-
SB(63)	-	15,78	17,70	-	-	SB(153)	4,08	12,38	-	-	-
SB(64)	-	3,45	13,38	-	-	SB(154)	0,68	21,51	26,12	-	-
SB(65)	-	3,43	3,32	-	-	SB(155)	2,29	11,52	4,67	-	-
SB(66)	-	2,16	7,93	-	-	SB(156)	-	51,00	30,73	-	-
SB(67)	-	5,65	17,40	-	-	SB(157)	4,55	36,90	3,71	-	-
SB(68)	-	14,33	1,69	-	-	SB(158)	0,88	11,08	1,87	-	-
SB(69)	-	24,43	7,99	-	-	SB(159)	4,37	23,49	1,12	-	-
SB(70)	-	3,39	2,84	-	-	SB(160)	1,13	4,66	11,79	-	-
SB(71)	-	2,08	4,97	-	-	SB(161)	-	-	15,06	-	-
SB(72)	-	9,78	1,18	-	-	SB(162)	-	1,10	18,99	-	-
SB(73)	-	1,36	12,01	-	-	SB(163)	-	9,29	8,48	-	-
SB(74)	-	4,24	21,41	-	-	SB(164)	-	1,69	19,79	-	-
SB(75)	-	4,54	11,18	-	-	SB(165)	0,26	3,66	12,97	-	-
SB(76)	1,89	8,45	8,05	8,22	-	SB(166)	1,22	30,89	16,85	-	-
SB(77)	-	2,09	7,20	-	-	SB(167)	0,69	12,42	4,75	-	-
SB(78)	-	11,20	42,79	0,36	-	SB(168)	0,11	15,36	10,80	-	-
SB(79)	-	3,84	3,09	-	-	SB(169)	4,39	23,44	28,05	7,41	-
SB(80)	-	68,75	162,87	-	1,08	SB(170)	-	4,26	10,03	0,28	-
SB(81)	-	25,54	31,76	-	-	SB(171)	9,05	7,69	4,94	-	-
SB(82)	-	23,91	8,38	-	-	SB(172)	-	6,97	2,71	-	-
SB(83)	-	25,01	17,01	-	-	SB(173)	0,15	11,71	0,00	-	-
SB(84)	2,40	15,91	-	-	-	SB(174)	2,12	32,33	5,65	-	-
SB(85)	-	12,19	-	-	-	SB(175)	0,79	25,31	3,88	-	-
SB(86)	-	5,35	-	-	-	SB(176)	-	1,29	2,71	0,08	-
SB(87)	6,73	34,22	1,01	-	-	SB(177)	0,19	7,48	-	-	-
SB(88)	-	12,00	3,31	-	-	SB(178)	-	2,96	19,21	3,34	-
SB(89)	0,39	13,73	-	-	-	SB(179)	2,92	9,27	5,33	-	-
SB(90)	2,89	45,98	1,35	-	-	SB(180)	-	62,24	26,14	-	-