



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

Glauber Oliveira da Fontoura

**Influência da cobertura vegetal na estimativa do índice de qualidade da
água em bacias hidrográficas da mata atlântica no sul do Brasil**

Florianópolis – SC

2023

Glauber Oliveira da Fontoura

**Influência da cobertura vegetal na estimativa do índice de qualidade da
água em bacias hidrográficas da mata atlântica no sul do Brasil**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Abdon Luiz Shimitt Filho
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo de Campos Macedo

Florianópolis – SC
2023

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

Fontoura, Glauber Oliveira da
Influência da cobertura vegetal na estimativa do índice
de qualidade da água em bacias hidrográficas da mata
atlântica no sul do Brasil / Glauber Oliveira da Fontoura
; orientador, Abdon Luiz Shimitt Filho, coorientador,
Rodrigo de Campos Macedo, 2023.
76 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Bacias Hidrográficas. 3.
Qualidade da Água. 4. Mata Atlântica. 5. Sensoriamento
Remoto. I. Filho, Abdon Luiz Shimitt. II. Macedo, Rodrigo
de Campos . III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

Glauber Oliveira da Fontoura

Influência da cobertura vegetal na estimativa do índice de qualidade da água em bacias hidrográficas da mata atlântica no sul do Brasil

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado em 09 de dezembro de 2022, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Abdon Schmitt Filho PhD

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Gustavo Antônio Piazza

Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável

Prof. Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli PhD

Universidade de São Paulo

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Abdon Schmitt Filho PhD

Orientador

Florianópolis, 2023

Aos meus pais, João e Márcia e
minha esposa Carla que sempre
estiveram presentes, me
apoiando, incentivando e
acreditando em meus sonhos.

Agradecimentos

À minha família, que me apoia e se alegra com cada uma de minhas conquistas.

À minha esposa, pelo suporte incondicional em todos os momentos de minha carreira profissional e acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Abdon Luiz Shimitt Filho, pelo convite aos desafios e orientação a novos horizontes.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Rodrigo de Campos Macedo, pelo compartilhamento de ideias, esforço e dedicação em todos os momentos de minha pesquisa.

À Daisy Christiane Zambiasi pela atenção e compartilhamento de conhecimentos no campo da estatística e metodologia científica.

A todos professores, funcionários e coordenação do Centro de Ciências Agrárias, por ser minha segunda casa, onde me graduei e agora me especializo nas temáticas abordadas pela ciência e filosofia desta douta instituição.

RESUMO

Quanto os fatores climáticos e de paisagem colaboram para mudança da qualidade de água em uma bacia hidrográfica? Neste projeto de pesquisa foi elaborado um modelo estatístico para estimar a influência da situação da cobertura vegetal, por intermédio de Índices de Vegetação, o efeito associado das chuvas acumuladas, estações do ano e características de uso e cobertura do solo na estimativa do Índice de Qualidade de Água (IQA) em 40 pontos de monitoramento do Programa Qualiágua em Santa Catarina inseridos no bioma Mata Atlântica. Dentre as variáveis estudadas, a cobertura vegetal fora o parâmetro que mais influenciou o resultado do IQA, com um fator de influência variando entre 0,40 - 0,53 a depender do Índice de Vegetação utilizado. O modelo final para estimação conseguiu explicar em média 38,5% das influências que alteraram a qualidade da água. Os cenários que mais impactaram negativamente a qualidade da água foram aqueles com características “urbano-rural” e inversamente, contaram com impacto positivo, os cenários em estágio “conservado”. Considerando as limitações, o modelo pode ser um aliado no monitoramento estratégico para gestão de bacias hidrográficas na vertente do atlântico em bioma Mata Atlântica no Brasil, passível de replicabilidade a qualquer momento e baixo custo financeiro para realização. Ainda, a partir deste projeto, novos estudos que explorem mais a fundo algumas possibilidades apresentadas no decorrer da pesquisa podem vir a serem desenvolvidos, dando robustez ao modelo.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas, Qualidade da Água, Mata Atlântica, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

How much do climatic and landscape factors contribute to changing water quality in a watershed? In this research project, a statistical model was developed to estimate the influence of the vegetation cover situation, through Vegetation Indexes, the associated effect of accumulated rainfall, seasons and land use and cover characteristics in estimating the Quality Index (IQA) at 40 monitoring points of the Qualiágua Program in Santa Catarina inserted in the Atlantic Forest biome. Among the variables studied, vegetation cover was the parameter that most influenced the result of the IQA, with an influence factor ranging from 0.40 - 0.53 depending on the Vegetation Index used. The final model for estimation was able to explain, on average, 38.5% of the influences that altered the water quality. The scenarios that most negatively impacted water quality were those with “urban-rural” characteristics and, conversely, had a positive impact, the “preserved” stage scenarios. Considering the limitations, the model can be an ally in strategic monitoring for the management of watersheds on the Atlantic slope in the Atlantic Forest biome in Brazil, which can be replicated at any time and at a low financial cost. Still, from this project, new studies that explore more deeply some possibilities presented during the research may be developed, giving robustness to the model.

Keywords: Watershed, Water Quality, Atlantic Forest, Remote Sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reflectâncias generalizadas de alguns materiais comumente encontrados na superfície terrestre.....	16
Figura 2 – Pontos monitorados pelo Programa Qualiágua SC utilizados no projeto de pesquisa.....	23
Figura 3 - Mapa das fitofisionomias da Mata Atlântica na vertente do Atlântico em Santa Catarina..	25
Figura 4 - Topografia da vertente do Atlântico em Santa Catarina.....	26
Figura 5 - Fluxograma das etapas, procedimentos e softwares utilizados na pesquisa.....	29
Figura 6 - Modelo de área de drenagem com predominância "rural".	31
Figura 7 - Modelo de área de drenagem com predominância "urbano".	31
Figura 8 - Modelo de área de drenagem com predominância "conservado".	32
Figura 9 - "Áreas de drenagem" dos pontos de monitoramento do Programa Qualiágua.....	34
Figura 10 - Modelo de divisão das áreas de drenagens para enquadramento das características de uso e cobertura do solo.....	37
Figura 11 - IQA para as sete características da paisagem a montante. Barras representam valores mínimos e máximos; boxes representam quartis; linha central representa o valor mediano; pontos representam outliers; cores aleatórias, apenas para layout.	39
Figura 12 - - Resultados da média do índice de vegetação NDVI de cada área de drenagem durante a campanha do mês de março de 2020 (Valores indicam média do NDVI calculado para cada pixel contido em cada área de drenagem).	43
Figura 13 - IQA x Índice de Vegetação NDVI (a), EVI (b) e SAVI (c), com destaque para a precipitação acumulada para os anos de 2020 (triângulos) e 2021 (círculos).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros utilizados pelo Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation..	20
Tabela 2 - Faixas de classificação da qualidade de água conforme Índice de Qualidade da National Sanitation Foundation..	21
Tabela 3 - Precipitação acumulada (mm) nos períodos (3 meses) pré-campanha de monitoramento do Programa Qualiágua (coloração das células: vermelho – amarelo – verde indica a disposição dos valores dentro da amplitude dos dados encontrados, onde, quanto mais vermelho, mais baixo; quanto mais verde, mais alto.*).	35
Tabela 4 - Resultado da categorização das características predominantes de uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem.	38
Tabela 5 - Descrição dos modelos lineares generalizados (GLM) com a melhor resposta para a relação de IQA e NDVI, EVI e SAVI. O modelo criado para cada relação é o resultado da seleção do melhor modelos com variáveis fixas. Para cada modelo, há o AIC como estatí estatística de teste, o número de observações (n), R ² , estatística completa do modelo Qui-quadrado (χ^2), número de parâmetros do modelo (Par.) e valor-p.	44
Tabela 6 - Valores da ANOVA e qui-quadrado.	45
Tabela 7 - Preditores dos parâmetros do modelo analisado para a relação Índice da Qualidade da Água e Índice de Vegetação (NDVI). O modelo adaptado para o índice é resultado de uma seleção com variáveis fixas.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD – Áreas de drenagem

ANA – Agência Nacional das Águas

ESA - Agência Espacial Europeia

EVI – Enhanced Vegetation Index

FED – Floresta Estacional Decidual

FOD – Floresta Ombrófila Densa

FOM – Floresta Ombrófila Mista

GEE – Google Earth Engine

IAF – Índice de área foliar

IQA – Índice de qualidade de água

IV – Índice de vegetação

MDT – Modelo digital de terreno

NDVI – Normalized Difference Vegetal Index

NSF – Natitonal Sanitation Fundation

SAVI – Adjusted Soil vegetation Index

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente

SIGSC – Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	14
2.2 VEGETAÇÃO.....	14
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO.....	16
2.4 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	16
2.4.1 Normalized Diference Vegetal Index.....	17
2.4.2 Enhanced Vegetation Index.....	17
2.4.3 Adjusted Soil Vegetation Index.....	18
2.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	19
2.5.1 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation....	20
2.6 PROGRAMA QUALIAGUA.....	21
3. PERGUNTAS NORTEADORAS.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	23
4.2 DADOS UTILIZADOS.....	27
4.3 PROGRAMAS UTILIZADOS.....	28
4.4 PROCEDIMENTOS.....	28
4.4.1. Definição das áreas de drenagem.....	30
4.4.2. Índices de vegetação das áreas de drenagem.....	30
4.4.3. Definição da precipitação acumulada para as áreas de drenagem.....	30
4.4.4 Definição das características das áreas de drenagem.....	30
4.4.5. <i>General Linear Model</i>.....	32
5. RESULTADOS.....	33
5.1. Áreas de Drenagem.....	33
5.2. Precipitação acumulada pré-campanhas.....	33
5.3. Diferença entre às características das áreas de drenagem.....	37

5.4. Cálculo dos índices de vegetação das áreas de drenagem.....	39
5.4.1. Script para composição de cena.....	39
5.4.2. Script para obtenção das médias dos índices de vegetação em cada área de drenagem.	40
5.5. A influência dos Índices de Vegetação sobre o Índice de Qualidade de Água..	44
5.5.1. A influência de cada Índice de Vegetação.....	47
6. DISCUSSÃO.....	50
6.1. Efeito da influência dos IVs sobre o IQA	50
6.2. Chuva acumulada em áreas de drenagem com alto IV	51
6.3. Diferença entre os anos monitorados.....	52
6.4. Características das áreas de drenagem.....	53
7. CONCLUSÃO.....	54
8. REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica é estabelecida em função das condições naturais e do uso e ocupação do solo. Em contrapartida, tem-se a qualidade *desejável* para esta água, conforme a finalidade de uso desejado (VON SPERLING, 2005). É comum o uso de Índices de Qualidade de Água (IQAs), produto da qualidade *mensurada* com a qualidade *desejada*, para inferência quanto às condições de conservação de bacias hidrográficas (TYAGI et al, 2020).

Além dos IQAs, admite-se que outros índices permitem inferências sobre a qualidade dos serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas, como os Índices de Vegetação (IVs), medidas que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação, incluindo o índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente absorvida (JENSEN, 2009).

Sabe-se que o estudo de bacias hidrográficas a partir de cenas orbitais permitem o monitoramento, validação e estimativas biofísicas por técnicas de processamento de imagens, proporcionando a otimização do uso dos recursos financeiros, humanos e materiais no processo de reconhecimento dos níveis de conservação destas bacias e seus serviços ecossistêmicos atribuídos, bem como na política de ocupação territorial destas áreas (LOURENÇO et al., 2012).

Estudos dessa natureza podem contribuir para o entendimento sobre os níveis de influência entre IVs e estimativas de IQAs em bacias hidrográficas, possibilitando significativo avanço na discussão da temática de conservação da Natureza

Com base no exposto, o objetivo deste projeto de pesquisa foi modelar, em carácter exploratório, os fatores de influência dos seguintes Índices de Vegetação: Normalized Distributed Vegetal Index (NDVI); Enhanced Vegetation Index (EVI) e Adjusted Soil Vegetation Index (SAVI), considerando a precipitação, as estações do ano e as principais características de uso e cobertura do solo na estimativa do Índice de Qualidade de Água (IQA) em 40 áreas de drenagens monitoradas pelo Programa Qualiágua, na Vertente do Atlântico em Santa Catarina, em um período de dois anos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Em seu livro, D'agostini et. al. (2013) discorrem sobre as bacias hidrográficas, territórios definidos por condições de relevo específicas que geram sentido e fluxos de drenagem para um mesmo ponto, terem, ao menos, duas faces ligadas ao uso da água, sendo a disponibilidade e a qualidade dessa água para determinados usos, resultados das atividades humanas e outros seres nesse território em específico. Nesses sistemas, o ser humano tem controle sobre uma série de fatores que podem alterar os dois elementos citados. O uso e cobertura do solo é uma das principais dimensões a qual o ser humano pode “controlar” em bacias. O percentual de cobertura vegetal, tanto na condição de vegetação nativa como através de culturas controladas, possibilita efeitos mensuráveis e até presumíveis na disponibilidade e qualidade de água para os variáveis usos possíveis dessa água. Bacias com cobertura florestal preservada, em geral, apresentam grande capacidade de armazenagem de água no solo por intermédio das cavidades geradas pelas zonas de raízes e captação do dossel. Bem como, geram um processo de filtragem e liberação gradual e regular para os cursos d'água presentes. Por outro lado, certas características não são, ainda, controláveis pelos seres humanos, como o relevo e o regime pluviométrico, os quais adicionam outras dimensões à qualidade e disponibilidade de água na bacia. Desta maneira, a combinação dessas dimensões controláveis e não controláveis pelos seres humanos acabam por definir a disponibilidade e a qualidade de água em uma bacia hidrográfica, sendo essas, variáveis ao logo da mesma e mutáveis ao longo do tempo.

2.2 VEGETAÇÃO

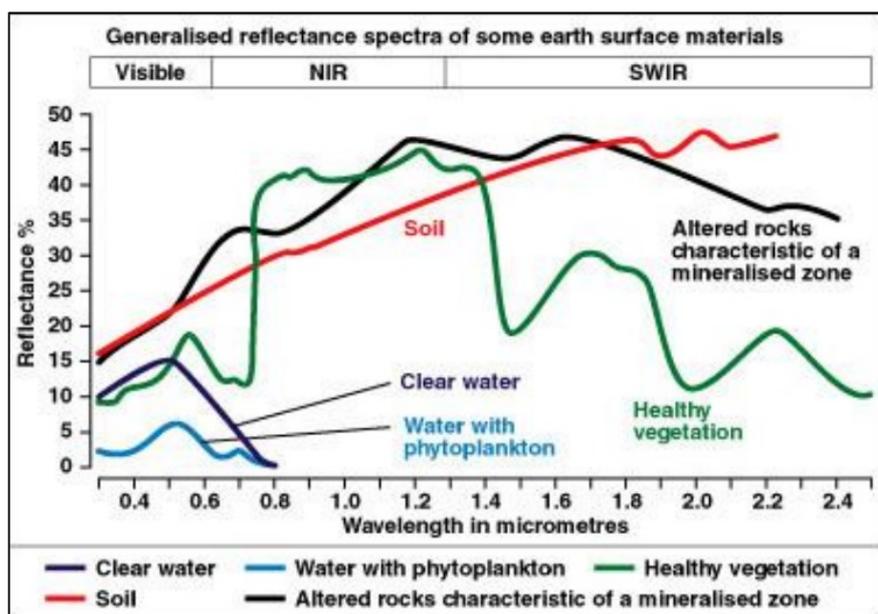
O estado de Santa Catarina é predominantemente coberto por fitofisionomias pertencentes ao bioma Mata Atlântica, com as seguintes características, segundo o IFFSC (2023):

- **Floresta Ombrófila Densa (FOD):** Estende-se por todo o litoral e serras litorâneas do estado. Caracteristicamente, é uma floresta fechada, bastante úmida, com várias camadas de tipos de plantas (estratos). Uma das espécies mais características é o palmito-juçara, mas também ocorrem samambaias, figueiras, canelas, guamirins e um grande número de cipós, bromélias, orquídeas e outros epífitos (plantas que se fixam nas árvores). Originalmente cobria 31% do estado (também chamada de Floresta Pluvial).
- **Floresta Ombrófila Mista (FOM):** Ocorre no planalto catarinense, em altitudes superiores a 500 m, principalmente entre 800 e 1.200 m, e é adaptada a temperaturas mais baixas. É chamada também de Floresta de Araucária, pois apresenta esta como principal espécie. Não obstante, abriga diversas espécies foliosas, entre elas a imbuia (*Ocotea porosa*), a espécie símbolo do estado. Originalmente cobria 45% do estado (também chamada de Floresta Estacional Mista).
- **Floresta Estacional Decidual (FED):** Ocorre mais ao oeste do estado. Está presente próxima ao Rio Uruguai e na divisa com a Argentina. Nesta fitofisionomia, parte das árvores perdem as folhas no período mais seco e frio do ano. Ela é uma floresta mais aberta e repleta de cipós, e abriga importantes espécies madeireiras como a canafístula, a grápia e o angico-vermelho. Originalmente cobria 8% do estado (também chamada de Floresta Semi-decidual).
- **Campos Naturais:** Estão associados à FOM e são caracterizados pela vegetação predominantemente herbácea, com alta diversidade de espécies. Originalmente cobriam 14% do território do Estado (também chamado de Estepe Ombrófila, ou vegetação campestre).
- **Vegetação litorânea (restinga e mangue):** No litoral de Santa Catarina, apresenta uma extensão de aproximadamente 460 km. Nesta região encontra-se a restinga – uma vegetação pioneira que ocupa faixas de depósitos de areia – e os mangues, os quais estão associados a lagunas, baías e estuários, sujeitos ao regime das marés. Originalmente a vegetação litorânea cobria 2% do Estado.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Os sistemas de sensoriamento remoto são conjuntos compostos de plataformas e sensores e que captam a radiação eletromagnética emitida e/ou refletida pelos objetos da superfície terrestre. Os sensores ópticos, que atuam na faixa espectral entre o visível e o infra vermelho de ondas curtas (400nm a 2.500nm), registram apenas as intensidades de cada tipo de material da superfície terrestre apresenta um comportamento específico quanto às quantidades de energia refletida, absorvida ou transmitida em função de suas particularidades e das condições em que se encontra no momento em que é sensoriado (FORMAGGIO&SANCHES, 2017). Na figura 1 é possível visualizar a reflectância generalizada de alguns materiais comumente encontrados na superfície terrestre.

Figura 1 - Reflectâncias generalizadas de alguns materiais comumente encontrados na superfície terrestre. Fonte: Adaptado de ALCÂNTARA, 2014.



2.4 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

De acordo com Jensen (2009), os IVs são medidas radiométricas adimensionais, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo o índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente absorvida.

Ponzoni et al. (2007) mencionam que a maioria dos índices se baseiam no comportamento antagônico da vegetação nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho próximo e, que a princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal, menor será a reflectância no visível, devido a maior presença de pigmentos fotossintetizantes.

2.4.1 Normalized Difference Vegetal Index

O **Normalized Difference Vegetal Index (NDVI)** foi proposto por Rouse Jr (1976) como metodologia para quantificação de cobertura vegetal em grandes áreas a partir das cenas obtidas por sensoriamento remoto. Desde então ele vem sendo um dos índices de maior uso para estudos de caracterização da cobertura vegetal em diferentes paisagens, o qual se baseia na diferença entre a absorção máxima de radiação vermelha (Red - R) como resultado dos pigmentos de clorofila e a reflectância máxima na região espectral do Infravermelho Próximo (Near Infra Red - NIR) como resultado da estrutura celular da folha, expresso pela equação abaixo (TUCKER, 1979):

$$NDVI = \frac{(\rho NIR - \rho R)}{\rho NIR + \rho R} \quad (1)$$

onde ρ é a refletância nas respectivas bandas espectrais.

2.4.2 Enhanced Vegetation Index

O **IV Enhanced Vegetation Index (EVI)** foi desenvolvido para otimizar o sinal de resposta da vegetação e reduzir a influência do sinal de resposta do solo e da atmosfera. Tal índice tenta atenuar os efeitos oriundos do espalhamento atmosférico, além de um fator de ganho para ressaltar a diferença entre a reflectância e absorção por parte da vegetação. Nesse sentido, o EVI é calculado através da equação abaixo (JENSEN, 2009):

$$EVI = \frac{G * (NIR - R)}{(NIR + C1 * R - C2 * B + L)}$$

(2)

em que: G = fator de ganho (2,5); NIR = reflectância na banda referente ao infravermelho próximo; R = reflectância na banda referente ao vermelho; B = reflectância na banda referente ao azul; L = fator de ajuste para solo (1,0); $C1$ e $C2$ = coeficientes para correção das bandas azul e vermelha em função do espalhamento atmosférico (6,0 e 7,5, respectivamente).

O EVI é um NDVI modificado, contendo um fator de ajuste para solos (L) e dois coeficientes ($C1$ e $C2$), que atenuam espalhamentos atmosféricos que afetam as bandas azul e vermelha. Esses coeficientes ($C1$, $C2$ e L) são empiricamente determinados, assumindo valores de 6,0; 7,5; e 1,0, respectivamente. O G é um fator de ganho ajustado em 2,5. Este algoritmo tem melhorado a sensibilidade para regiões de alta biomassa, permitindo um melhor desempenho do monitoramento da vegetação por meio da diminuição da influência do sinal proveniente do substrato abaixo do dossel (HUETE et al., 1997; HUETE et al., 1999; HUETE et al., 2002).

2.4.3 Adjusted Soil Vegetation Index

O IV **Adjusted Soil Vegetation Index (SAVI)** foi proposto por Richardson e Wiegand (1977) para reduzir as interferências que o NDVI apresentava quanto ao comportamento espectral do solo abaixo da vegetação, que pode ser expresso pela equação abaixo:

$$SAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_R)(1 + L)}{(\rho_{NIR} + \rho_R + L)}$$

(3)

onde L é o **índice de correção do solo**, podendo variar de 0 a 1. Em aplicações práticas, os valores de L são determinados de acordo com as condições ambientais encontradas. Quando o grau de cobertura vegetal é baixo, o L é próximo a 1, pelo fato de o solo ter efeito sobre a obtenção de informações sobre a vegetação. Este tipo de condição pode ser aplicável apenas em casos de baixíssima cobertura vegetal. Quando L está próximo de 0, o valor de SAVI é igual a NDVI. No entanto, o fator L deve variar inversamente com a quantidade

de vegetação presente para obter o ajuste ideal para o efeito do solo. Em condições ambientais mais comuns, o valor de L usado para formula é de 0,5 (XUE & SU, 2017).

2.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

O conhecimento científico é categórico ao afirmar que o uso do solo adequado e especialmente a cobertura vegetal nas áreas prioritárias geram benefícios positivos do ponto de vista da segurança hídrica, especialmente em termos de regularização da vazão e da contenção de processos erosivos que poderiam comprometer a qualidade da água e assorear o corpo hídrico (HONDA & DURIGAN, 2017; LIMA, 2008; TUCCI, 2004). A qualidade da água de qualquer área ou fonte específica pode ser avaliada pelos seus parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os valores desses parâmetros podem ser prejudiciais à saúde humana se ocorrerem além dos limites definidos. Portanto, a adequação das fontes de água para o consumo humano tem sido descrita em termos de IQA, que é uma das formas mais eficazes de descrever a qualidade da água (TYAGI et al., 2020).

O primeiro IQA formalmente publicado pode ser atribuído a Horton (1965) e utilizou 10 parâmetros comumente avaliados nos Estados Unidos, levando em consideração o uso da água para abastecimento público. Tal índice foi amplamente utilizado em países europeus e africanos nos anos seguintes até o surgimento de outros índices mais apropriados para os usos e características hidrológicas desses locais.

Ainda sobre a diversidade de IQAs elaborados até os dias atuais, Tyagi et al. (2020) concluem que:

“apesar de todos os esforços e diferentes índices discutidos sendo usados globalmente, nenhum índice foi até agora universalmente aceito e a busca por um IQA mais útil e universal ainda está acontecendo, de modo que agências de água, usuários e gestores de água em diferentes países possam usar e adotá-lo com pequenas modificações”.

2.5.1 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation

Um dos IQAs mais utilizados foi criado no ano de 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF). Com base numa pesquisa de opinião desenvolvida por Brown et al. (1970), junto a 142 especialistas, foram selecionadas 9 variáveis consideradas mais representativas em relação à qualidade de água. Para cada variável foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (q_i), pontuada de zero (a pior nota) a 100 (a melhor nota).

Além de seu valor de qualidade (q_i), cada parâmetro possui um peso relativo (w_i). A Tabela 1 indica os pesos fixados para cada variável de qualidade de água que compõe o IQA da NSF (IQANSF).

Tabela 1 - Parâmetros utilizados pelo Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation. Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2021).

Variáveis - IQA _{NSF}	Unidade de medida	Pesos (w_i)
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,16
DBO	mg /L O ₂	0,11
Fosfato total	mg /L	0,10
Nitratos	mg /L	0,10
Oxigênio dissolvido	% saturação	0,17
pH	-	0,11
Sólidos totais dissolvidos	mg /L	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	uT	0,08

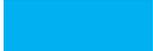
Desta forma, o valor de IQANSF é determinado como o produto ponderado da qualidade da água das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso, conforme equação abaixo:

$$IQANSF = \prod_{i=1}^n q_i w_i \quad (4)$$

sendo, $IQANSF$ = Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100; n =número de parâmetros que entram no cálculo do IQA; q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise); w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Os possíveis resultados variam de 0 a 100 e são distribuídos por faixas, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Faixas de classificação da qualidade de água conforme Índice de Qualidade da National Sanitation Foundation. Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2021).

Categoria de resultados	IQ_{NSF}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA > 90$	
BOA	$90 \geq IQA > 70$	
MÉDIA	$70 \geq IQA > 50$	
RUIM	$50 \geq IQA > 25$	
MUITO RUIM	$25 \geq IQA \geq 0$	

2.6 PROGRAMA QUALIAGUA

Criado pela Resolução Ana nº 1040/2014 (ANA, 2014), o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA é uma iniciativa da ANA, com os seguintes objetivos propostos por ANA (2016):

“1. contribuir para a gestão sistemática dos recursos hídricos, através da divulgação de dados sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil a toda a sociedade;

2. estimular a padronização dos critérios e métodos de monitoramento de qualidade de água no País, de acordo com as diretrizes estabelecidas na Resolução ANA nº 903/2013, para tornar essas informações comparáveis em nível nacional;

3. contribuir para o fortalecimento e estruturação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e meio ambiente para que realizem o monitoramento sistemático da qualidade das águas e deem publicidade aos dados gerados;

4. promover a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas - RNQA, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas - PNQA.”

Conforme informado pelo Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2021), o Programa Qualiágua é delegado à Secretaria Executiva de Meio Ambiente de Santa Catarina (SEMA-SC), que em 2019, através da Diretoria de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS) iniciou o monitoramento da qualidade das águas da Rede de Monitoramento do Programa Qualiágua SC, seguindo diretrizes da Agência Nacional de Águas. No primeiro ano (2019) foram monitorados 23 pontos, sendo estes ampliados para 40 pontos em 2020. Para 2021 serão monitorados mais 60 pontos, totalizando 100 pontos monitorados em todo o Estado de Santa Catarina. A duração total do Programa é de 5 anos.

Os parâmetros monitorados são: condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$); temperatura da água e ($^{\circ}\text{C}$) e do ar ($^{\circ}\text{C}$); turbidez (UNT); oxigênio dissolvido (mg/L de O_2); pH; sólidos totais dissolvidos (mg/L), e sólidos em suspensão (mg/L); alcalinidade total (mg/L de CaCO_3); cloreto total ($\mu\text{g}/\text{L}$ de Cl); transparência da água; demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5d, 20°C , mg/L de O_2); demanda química de oxigênio (mg/L de O_2); carbono orgânico total (mg/L como C); coliformes termotolerantes (n° de CT/100 mL); clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$); fósforo solúvel reativo; fósforo total (mg/L de P); nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$ de N); nitrogênio amoniacal (mg/L de N); e nitrogênio total (mg/L de N).

Resultados são disponibilizados na forma de laudo/relatório, constando informações das análises, memorial fotográfico e comparação com os valores limites apresentados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, tendo em vista a classe de enquadramento para Água Doce.

Adicionalmente, a qualidade das águas é classificada conforme o IQA. O IQA utilizado é o IQANSF. Assim, com os dados tabelados, cada ponto de monitoramento é classificado de acordo com o IQA calculado.

3. PERGUNTAS NORTEADORAS

1. O quanto as características de cobertura vegetal, medidas pelos IV, influenciam na estimativa do IQA nas áreas de drenagem dos pontos monitorados pelo Programa Qualiagua em Santa Catarina?
2. Quanto outros dados, associados aos IVs, que também se correlacionam com a qualidade d'água como precipitação, estação do ano e características de uso e cobertura do solo da área de drenagem, influenciam na estimativa do IQA nas áreas de drenagem dos pontos monitorados pelo Programa Qualiagua em Santa Catarina?

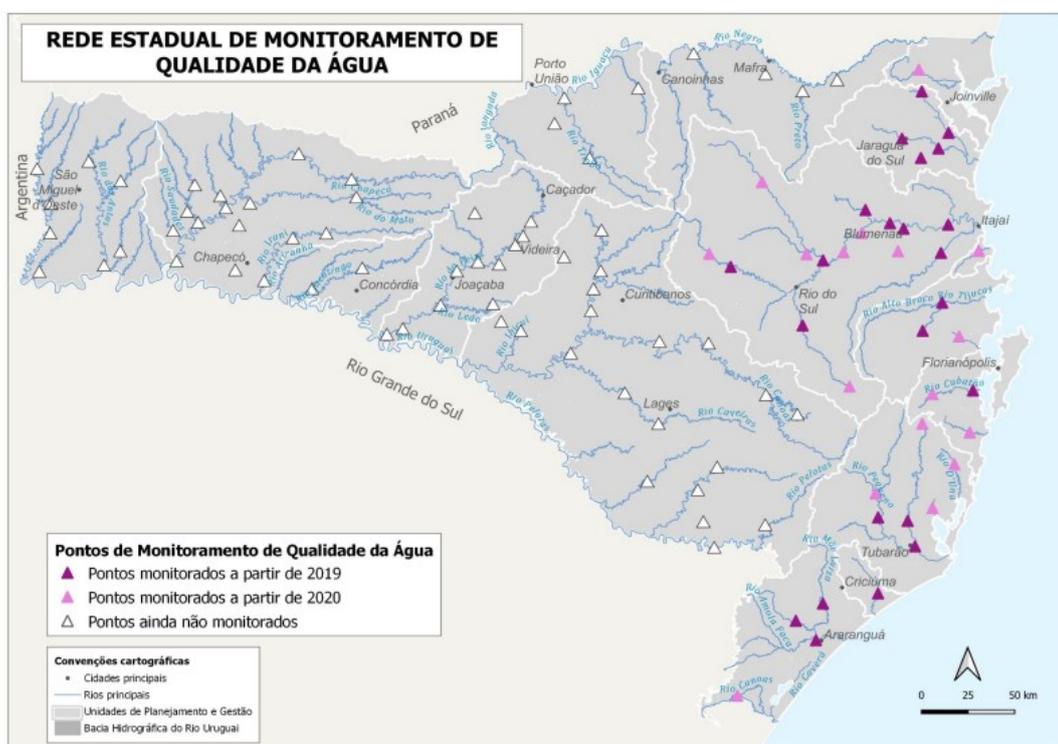
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Os 40 pontos monitorados pelo Qualiágua SC estão localizados na Vertente do Atlântico em Santa Catarina, situados entre as coordenadas 26°00'00" e 29°23'55" de latitude sul, e 48°36'22" e 50°10'19" de longitude Oeste, conforme figura 2.

Figura 2 – Pontos monitorados pelo Programa Qualiágua SC utilizados no projeto de pesquisa.

Fonte: Santa Catarina (2021)



A Vertente do Atlântico em Santa Catarina está situada no bioma Mata Atlântica, onde a fitofisionomia predominante é a Floresta Ombrófila Densa, seguida da Vegetação Litorânea (Restingas) e Florestas de Faxinais (KLEIN, 1978), conforme figura 3.

O Clima na Vertente do Atlântico em Santa Catarina, segundo classificação de Köppen, é o Cfa – Clima subtropical: temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (PANDOLFO et al. 2002).

Conforme Santa Catarina (2016), os relevos das áreas de drenagem abrangidas pelo estudo são:

- Planícies costeiras: Na porção oriental do Estado, praias e dunas motivadas por um processo marinho e eólico. A altitude média é a de 20 metros (de 10 a 30).
- Planícies Fluviais: as áreas planas junto aos rios, inundadas periodicamente com média de altitude superior a 20 metros, sendo a mais conhecida a do Vale do Itajaí.
- Serra do Leste Catarinense: Vai desde Joinville até Laguna, sequencias de serras dispostas de forma subparalelas com altitudes de 100 até 1200 metros, com uma altitude média de 900 metros.
- Serra do mar: Apresenta um conjunto de cristas e picos separados por vales profundos, atingindo até 400 metros.
- Depressão da Zona Carbonífera Catarinense: No extremo sul, predominando formas colinosas com vales e as vertentes íngremes e com vales abertos.

Tal informação também é apresentada na figura 4, conforme Modelo Digital de Terreno do estado (SANTA CATARINA, 2014).

Figura 3 - Mapa das fitofisionomias da Mata Atlântica na vertente do Atlântico em Santa Catarina.
 Fonte: Adaptado de Klein (1978).

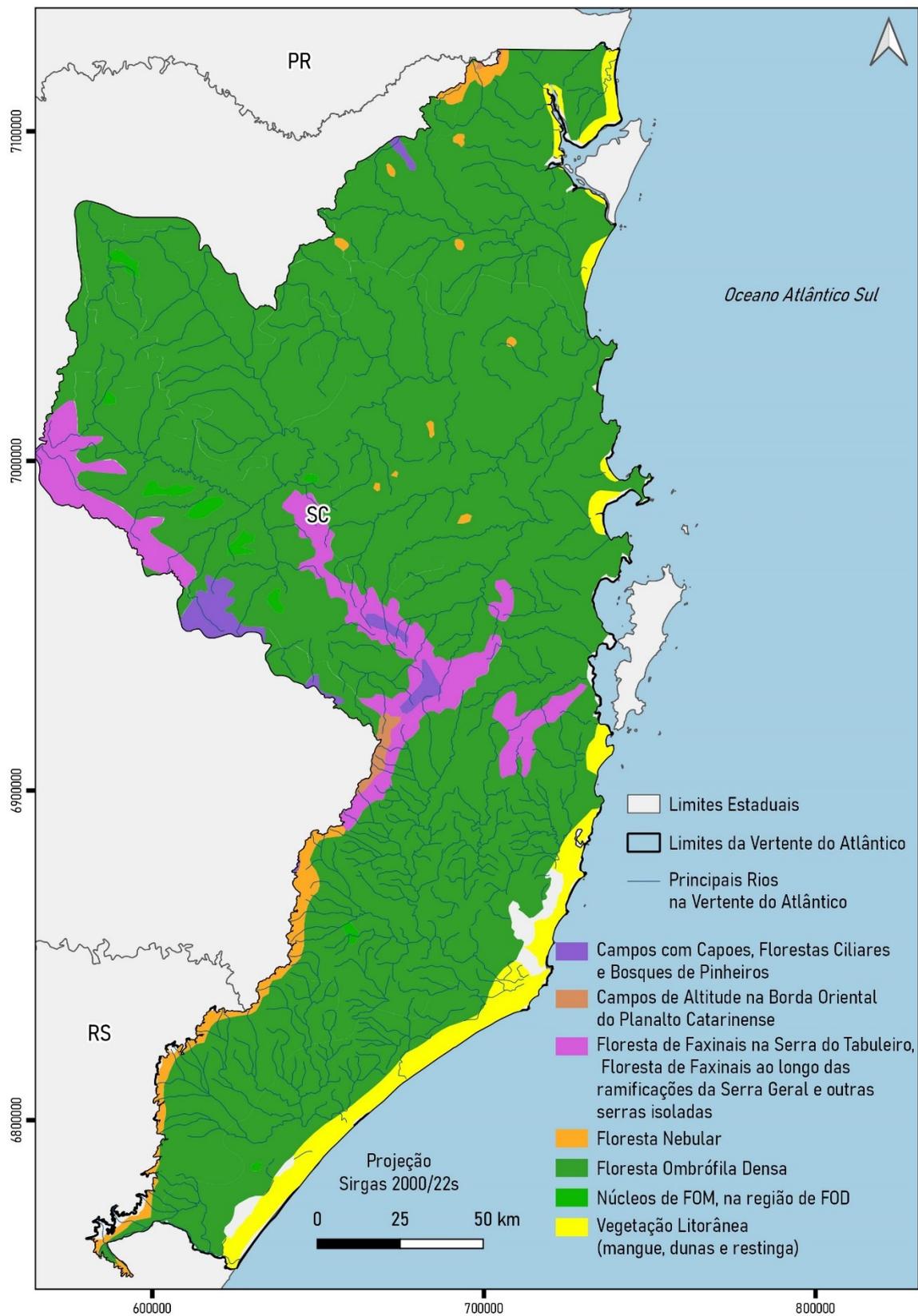
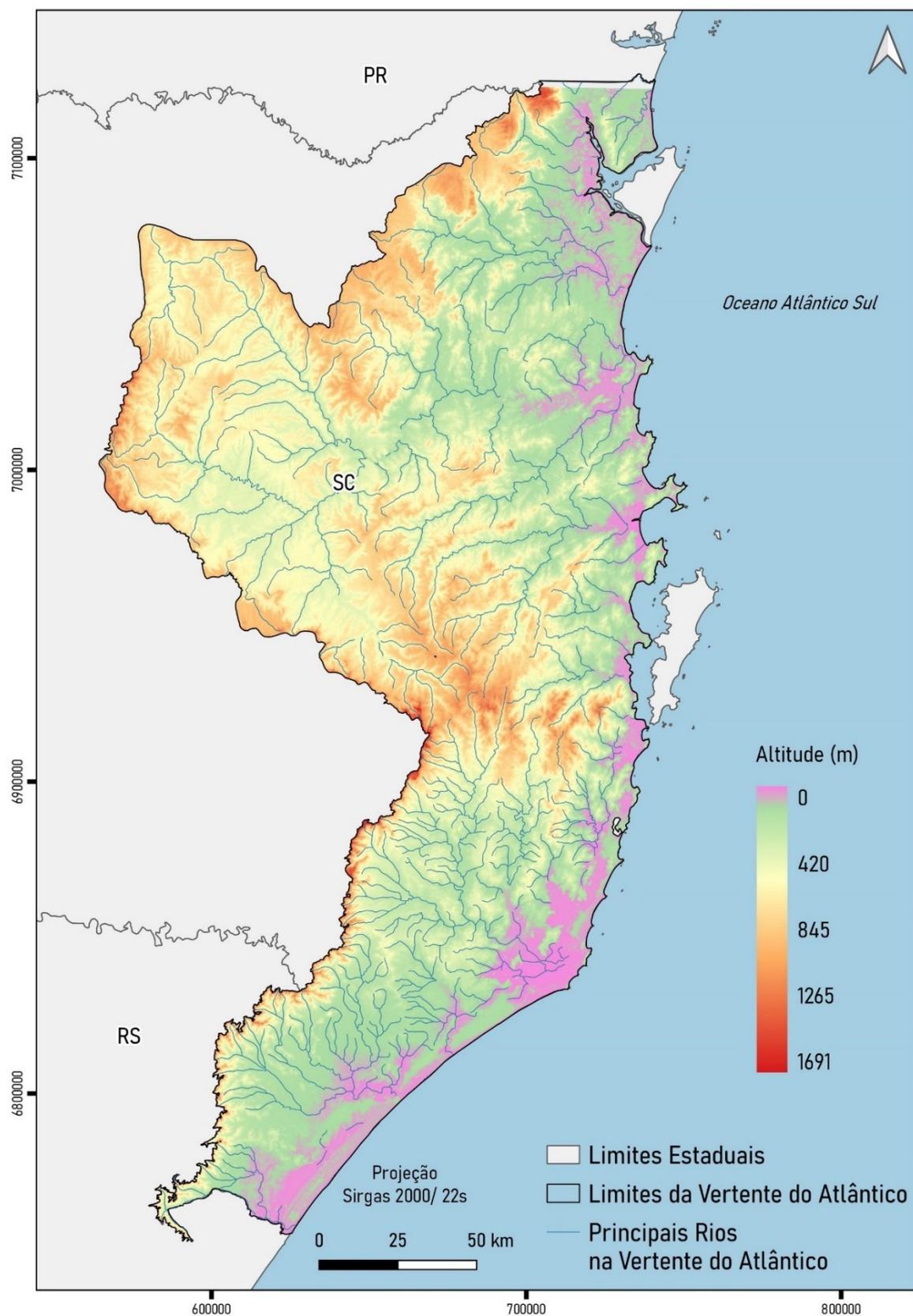


Figura 4 - Topografia da vertente do Atlântico em Santa Catarina. Fonte: Adaptado de Santa Catarinaiana (2014).



4.2 DADOS UTILIZADOS

Para a pesquisa foram utilizados os dados do Programa Qualiágua em Santa Catarina (Qualiágua), publicados pela Secretaria Executiva de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina - SEMA (SANTA CATARINA, 2021) no endereço eletrônico <https://www.aguas.sc.gov.br/instrumentos/ferramentas-de-gestao/monitoramento-instrumentos>, onde foram obtidas as coordenadas de localização dos 40 pontos de monitoramento e seus respectivos resultados do IQA para o período do ano de 2020 e 2021. Para o período, haviam dados de campanhas distribuídas trimestralmente durante o ano, resultando em 320 amostras para os dois anos, sendo 40 por campanha.

Para definição das “áreas de drenagem” dos pontos monitorados, foram utilizados os polígonos das ottobacias nível 6 do Estado de Santa Catarina, disponibilizados pelo Sistema de Informação Geográficas de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2014).

Para apoio na delimitação das “áreas de drenagem” dos pontos monitorados, foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT), com resolução espacial de 1m, disponibilizados no Sistema de Informação Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) (SANTA CATARINA, 2014).

Assim como os supracitados, foram utilizadas as informações de “Cursos D’água”, disponibilizada no Sistema de Informação Geográficas de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2014), sobre as áreas definidas como “áreas de drenagem” para conferência da direção e abrangência das áreas definidas.

Para obtenção dos índices de vegetação foram utilizadas cenas orbitais de resolução espacial moderada(20x20m) do par de satélites da missão espacial SENTINEL 2 - Agência Espacial Europeia (ESA) obtidas na plataforma Google Earth Engine (GEE, 2017), através do sítio eletrônico <https://earthengine.google.com/>.

Para composição da análise, foram levantados os dados referentes a precipitação acumulada (chuva acumulada) dos 3 meses antecedentes a cada uma das 4 campanhas de monitoramento de cada ano. Para obtenção destes dados, foram feitas pesquisas por estações meteorológicas automatizadas e, por vezes, com dados ainda não consistidos e em funcionamento no ano de 2020 e

2021 através da plataforma HIDROWEB <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>> do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional das Águas (ANA, 2005). Em alguns casos não foi possível obter informações do município com o ponto de monitoramento e, nestes casos, feito o uso de dados de municípios próximos dentro da mesma bacia hidrográfica.

4.3 PROGRAMAS UTILIZADOS

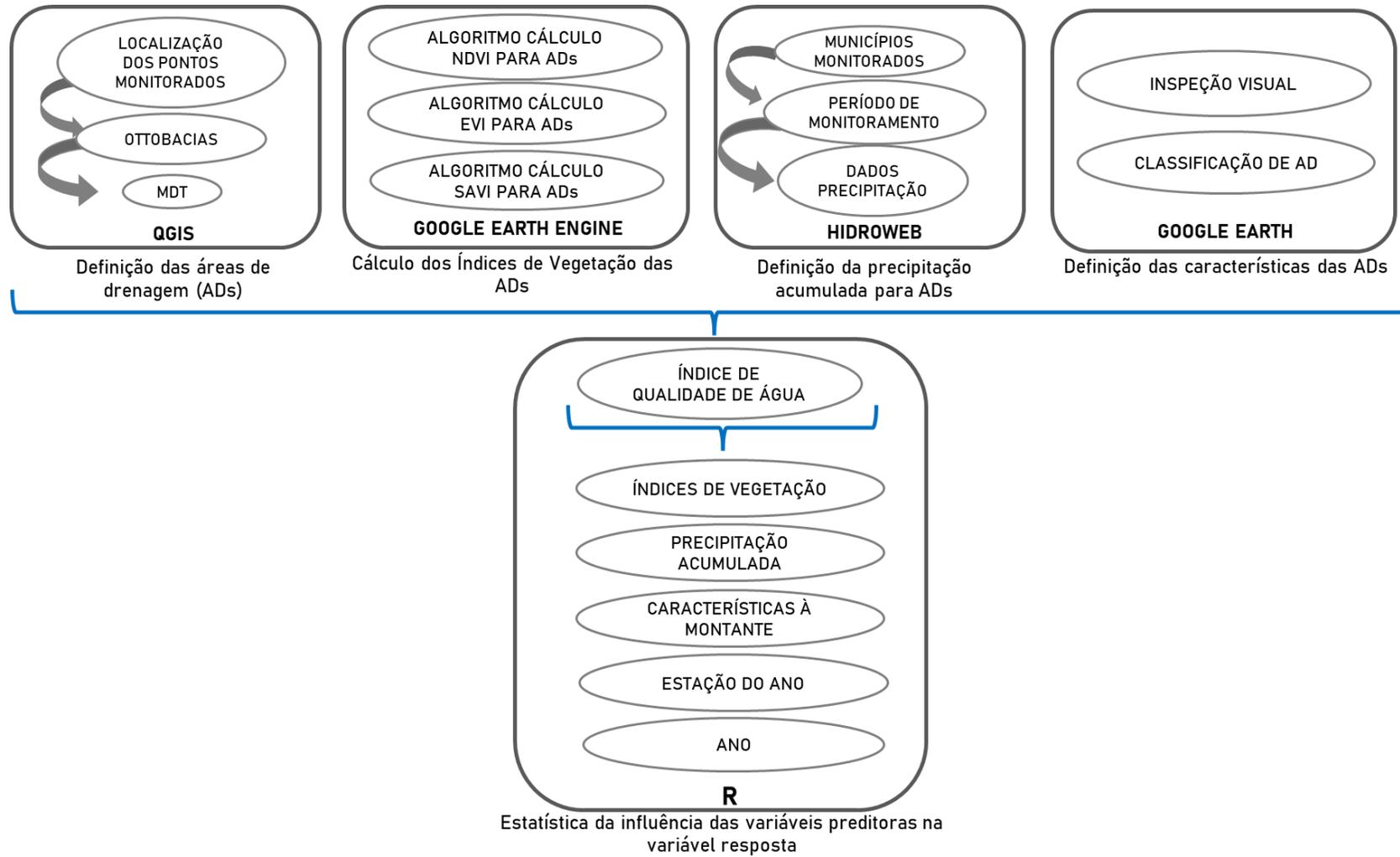
Para realização da pesquisa foram utilizados os seguintes programas:

- *QuantumGIS Desktop* (versão 2.16.3), disponível em <https://www.qgis.org/en/site/>. Esta ferramenta foi utilizada para processamento de dados vetoriais na atividade de definição de áreas de drenagem.
- *Google Earth Engine*, disponível em <https://earthengine.google.com/>. Esta ferramenta foi utilizada para elaborar o código de processamento (*script*) para definição das cenas orbitais e cálculo dos valores dos IVs.
- *Google Earth*, disponível em <https://www.google.com.br/earth/index.html>. Esta ferramenta foi utilizada no processo de definição de características das áreas de drenagem de cada ponto de monitoramento.
- *R* (versão 4.2.3), disponível em <https://www.r-project.org/>. Esta ferramenta foi utilizada na aplicação do modelo estatístico de multivariáveis.

4.4 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos e programas utilizados na pesquisa são apresentados figura 5.

Figura 5 - Fluxograma das etapas, procedimentos e softwares utilizados na pesquisa.



4.4.1. Definição das áreas de drenagem

A definição das áreas de drenagem foi feita no programa *QuantumGIS* através do agrupamento de otobacias nível 6, respeitando os limites de divisores d'água das bacias, identificados por intermédio de dados de MDT do SIGSC. Além destes, também foram utilizados os dados de Cursos D'água do SIGSC para controle das orientações e abrangências de cada área de drenagem.

4.4.2. Índices de vegetação das áreas de drenagem

Para obtenção das cenas e processamento dos dados na atividade de obtenção de IVs médios para cada área de drenagem foi feito o uso da plataforma Google Earth Engine (GEE, 2017), através do endereço eletrônico <<https://earthengine.google.com/>>, por meio da elaboração própria de *scripts* de processamento de dados.

4.4.3. Definição da precipitação acumulada para as áreas de drenagem

Para definição da precipitação acumulada para as áreas de drenagem foram somados os dados registrados pelas estações automáticas nos 3 meses antecessores ao momento de cada campanha do Programa Qualiagua. Desta forma, obteve 4 períodos distintos de registro de precipitação acumulada:

- dezembro a março;
- março a junho;
- junho a setembro;
- setembro a dezembro.

4.4.4 Definição das características das áreas de drenagem

Para caracterização quanto ao uso e cobertura do solo das áreas de drenagem a montante dos pontos de monitoramento, foram criadas as seguintes categorias de classificação, feitas por inspeções visuais utilizando imagens do *Google Earth* (GOOGLE EARTH, 2009), a saber:

- Rural – áreas com predominância de usos rurais como pastagens, lavouras, fragmentos florestais e pequenos núcleos urbanos (Figura 6);
- Urbano – área com predominância de núcleos urbanos bem desenvolvidos (Figura 7);
- Conservado – área com predominância de florestas (Figura 8).

Figura 6 - Modelo de área de drenagem com predominância "rural".

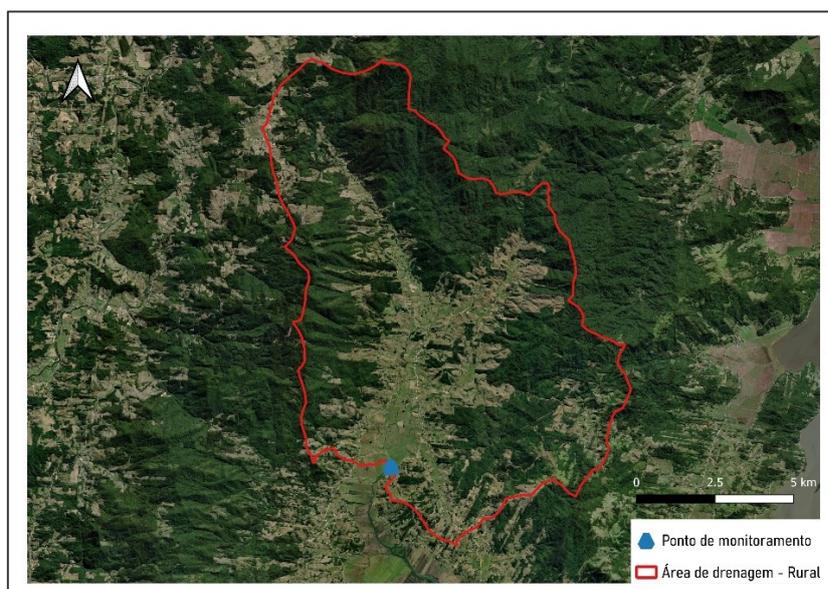


Figura 7 - Modelo de área de drenagem com predominância "urbano".

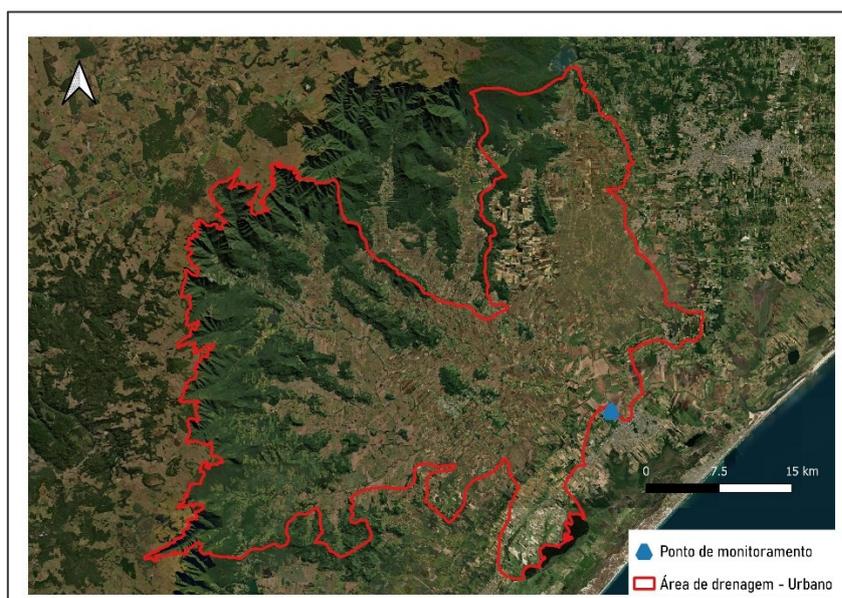
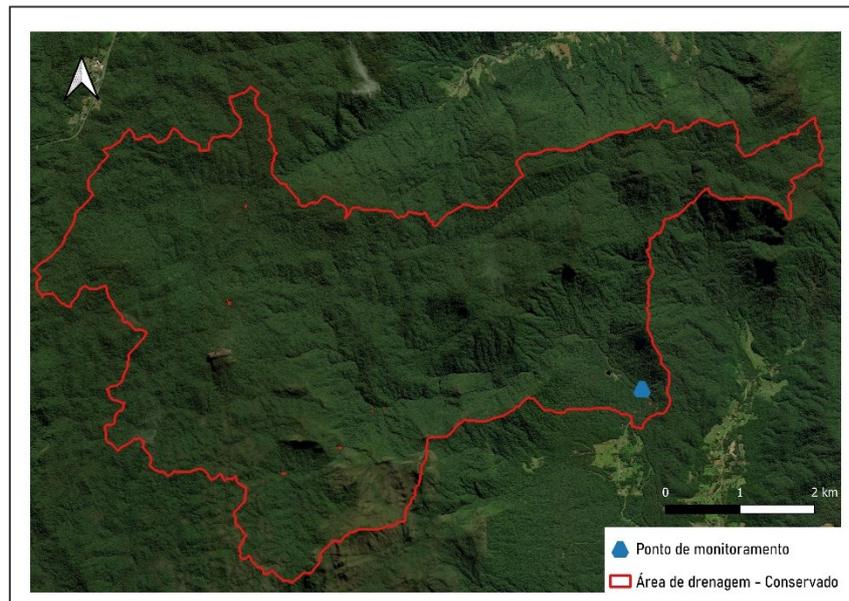


Figura 8 - Modelo de área de drenagem com predominância "conservado".



4.4.5. *General Linear Model*

A influência dos IVs sobre o IQA foi analisada através de modelos lineares generalizados (GLM – *General Linear Models*) com quatro efeitos fixos: (i) pluviosidade; (ii) ano das campanhas de coleta de dado (iii) característica das ADs; e (iv) estação do ano (Anexo 1). Quando a distribuição dos dados não apresentou normalidade, os dados foram normalizados pela raiz quadrada. A normalidade foi testada através do teste de Shapiro-Wilk. Para a análise do efeito, o primeiro passo foi estabelecer o modelo nulo para o IQA ($IQA \sim 1$).

A partir desse modelo, foi estabelecido o modelo da relação entre IQA e os IVs (NDVI, EVI, SAVI) e a significância foi testada usando ANOVA com teste Qui-quadrado em relação ao modelo nulo. Como para os três IVs houve diferença significativa em relação ao modelo nulo, se estabeleceu um modelo completo com todos os efeitos fixos e, a partir desse modelo, eliminado as variáveis que não apresentavam diferença significativa uma a uma.

O modelo completo final apresentou a seguinte estrutura: **$IQA \sim IV + chuva + ano + característica AD + estação$** . Os modelos que apresentaram diferença significativa para todas as variáveis foram comparados a partir da função `model.sel` do pacote `MuMIn`, que seleciona, a partir de modelos de estimativa,

aquele com melhor relação de efeito sobre a variável dependente (BARTON, 2020).

A seleção do modelo que melhor explica o efeito das variáveis independentes sobre a variável dependente, considera o Critério de Informação delta-Akaike (ΔAIC), onde a diferença entre o AIC de um modelo em relação aos outros será igual a 0,0. Essa seleção considera o menor valor de AIC para estabelecer o modelo que melhor representa o efeito da variável independente sobre o IQA. O valor do AIC explica a proporção da variância total por meio dos efeitos fixos. Os modelos selecionados foram ajustados com ANOVA Qui-quadrado para obtermos os valores de significância das variáveis.

A análise dos modelos lineares generalizados mistos foi realizada pela função `glm` do pacote `MuMIn` (BARTON, 2020) no software R Core Team (2019) utilizando a interface do R Studio (2019). Os gráficos foram plotados usando os preditores dos modelos selecionados e foram utilizados os pacotes `ggplot2` (WICKHAM, 2009), `viridis` (Garnier, 2018) e `cowplot` (Wilke, 2019).

5. RESULTADOS

5.1. Áreas de Drenagem

Conforme descrito no item 4.4.1, a primeira etapa de trabalho teve como resultado obter às áreas de drenagem (Figura 9), possibilitando as análises subsequentes.

5.2. Precipitação acumulada pré-campanhas.

A partir dos dados registrados pelas estações automáticas da ANA. Foi calculada a precipitação acumulada nos períodos pré-campanha de monitoramento do Programa Qualiágua (Tabela 3).

Figura 9 - "Áreas de drenagem" dos pontos de monitoramento do Programa Qualiáguas.

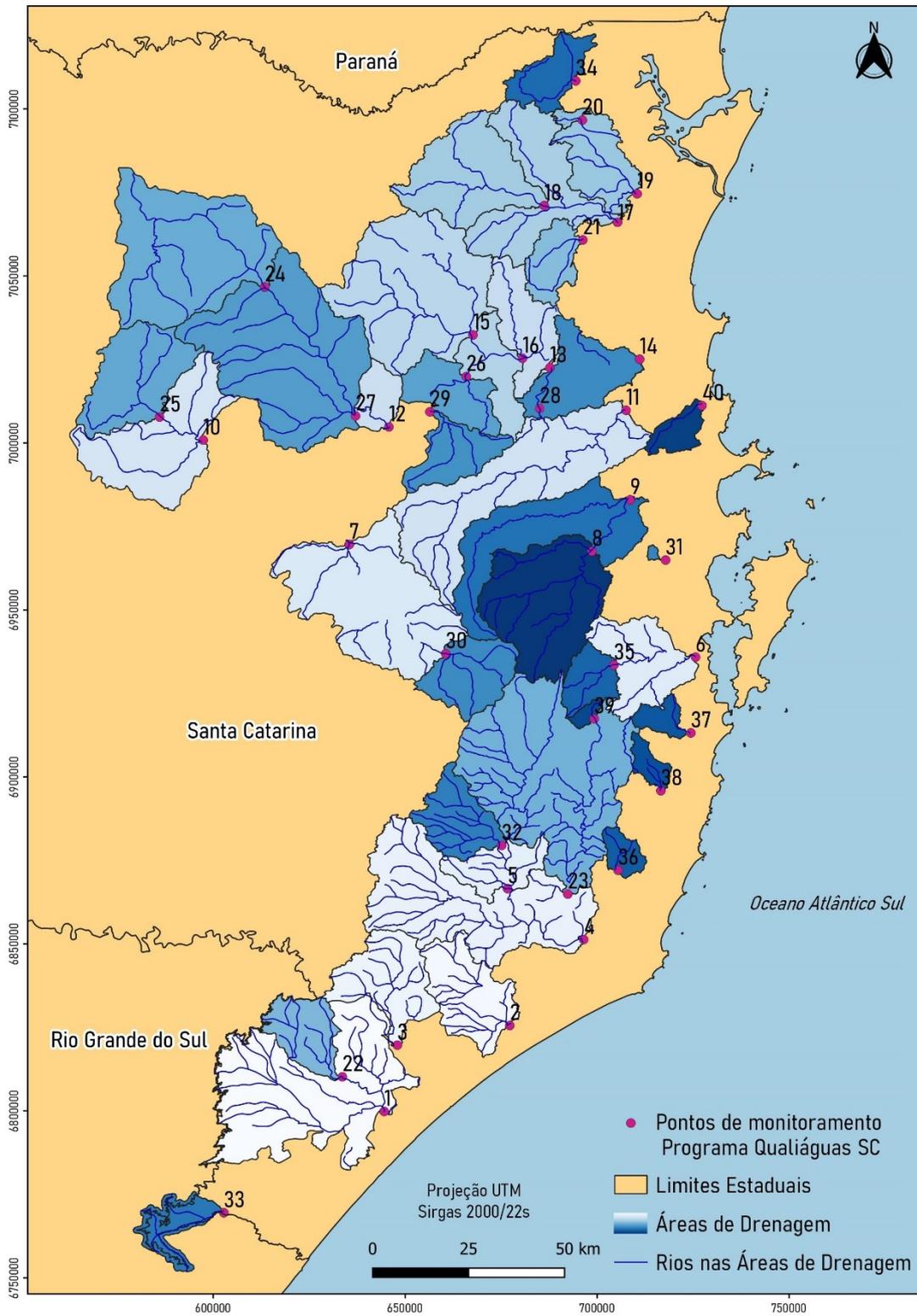


Tabela 3 - Precipitação acumulada (mm) nos períodos (3 meses) pré-campanha de monitoramento do Programa Qualiágua (coloração das células: vermelho – amarelo – verde indica a disposição dos valores dentro da amplitude dos dados encontrados, onde, quanto mais vermelho, mais baixo; quanto mais verde, mais alto.^{1*}).

Ponto	Município do Ponto	Localização da estação meteorológica (Dados precipitação)	Acumulado Dez-Mar/2020	Acumulado Mar-Jun/2020	Acumulado Jun-Set/2020	Acumulado Set-Dez/2020	Acumulado Dez-Mar/2021	Acumulado Mar-Jun/2021	Acumulado Jun-Set/2021	Acumulado Set-Dez/2021
1	Araranguá	Araranguá	371	106	600	538	473	416	242	408
2	Içara	Tubarão	320	66	262	369	490	288	261	291
3	Forquilha	Araranguá	371	106	600	538	473	416	242	408
4	Tubarão	Tubarão	320	66	262	369	490	288	261	291
5	São Ludgero	Braço do Norte	500	30	340	353	545	220	274	298
6	Palhoça	Palhoça	749	112	246	208	807	416	194	482
7	Ituporanga	Ituporanga	442	58	333	202	629	285	234	570
8	Major Gercino	Major Gercino	373	90	400	319	816	502	250	350
9	São João Batista	Major Gercino	373	90	400	319	816	502	250	350
10	Taió	Taió	442	58	333	202	629	285	240	570
11	Brusque	Brusque	166	47	103	103	201	84	82	120
12	Ibirama	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
13	Blumenau	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
14	Ilhota	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
15	Timbó	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
16	Blumenau	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
17	Guaramirim	Jaraguá do sul	604	113	389	325	847	351	242	424
18	Jaraguá do sul	Jaraguá do sul	604	113	389	325	847	351	242	424
19	Joinville	Joinville	729	175	384	430	904	501	319	625

¹ Valor máximo = 904mm; Valor mínimo = 30.

20	Joinville	Joinville	729	175	384	430	904	501	319	625
21	Guaramirim	Jaraguá do sul	604	113	389	325	847	351	242	424
22	Meleiro	Araranguá	371	106	600	538	473	416	242	408
23	Gravatal	Tubarão	320	66	262	369	490	288	261	291
24	Itaiópolis	José Boiteux	442	58	333	202	629	285	240	570
25	Taió	Taió	442	58	333	202	629	285	240	570
26	Indaial	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
27	Ibirama	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
28	Blumenau	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
29	Apiúna	Blumenau	442	58	333	202	629	285	234	570
30	Alfredo Wagner	Alfredo Wagner	98	95	371	289	707	336	297	447
31	Biguaçu	Palhoça	749	112	246	208	807	416	194	482
32	Braço do Norte	Braço do Norte	500	30	340	353	545	220	274	298
33	São João do Sul	Araranguá	371	106	600	538	473	416	242	408
34	Joinville	Joinville	729	175	384	430	904	501	319	625
35	Santo Amaro da Imperatriz	Palhoça	749	112	246	208	807	416	194	482
36	Imaruí	São Bonifácio	517	63	303	467	797	539	343	372
37	Paulo Lopes	Palhoça	749	112	246	208	807	416	194	482
38	Paulo Lopes	Palhoça	749	112	246	208	807	416	194	482
39	Camboriú	Camboriú	517	63	303	467	797	539	343	372
40	Camboriú	Camboriú	517	63	303	467	797	539	343	372

5.3. Diferença entre às características das áreas de drenagem

As áreas de drenagem foram divididas em 3 secções (Figura 10) e, conforme o resultado da inspeção, foram enquadradas dentro das 3 principais categorias (Rural, Urbano, Conservado), sendo possível o uso das 3 categorias juntas. Nesta classificação, foi definida uma ordem de proximidade ao ponto, onde a primeira categoria citada se refere ao primeiro terço da área de drenagem e, assim, sucessivamente. Quando a área fora enquadrada em 2 categorias, a primeira categoria citada fora preponderante, em torno de 60-40% em relação a segunda categoria definida (Tabela 4).

Figura 10 - Modelo de divisão das áreas de drenagens para enquadramento das características de uso e cobertura do solo.

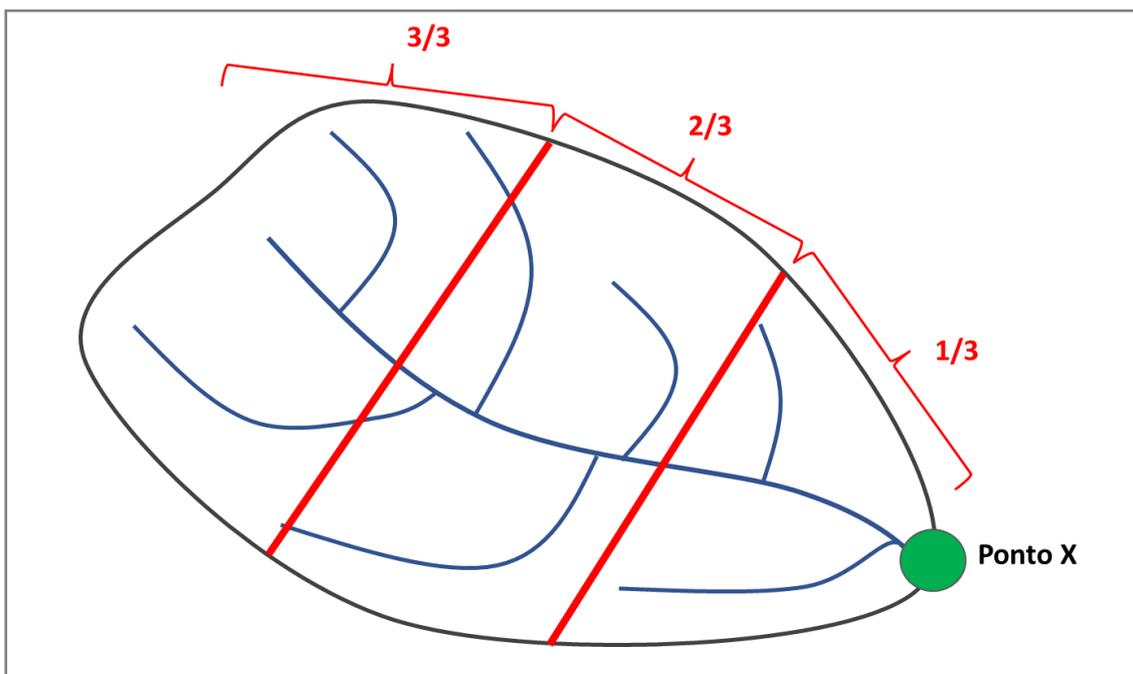
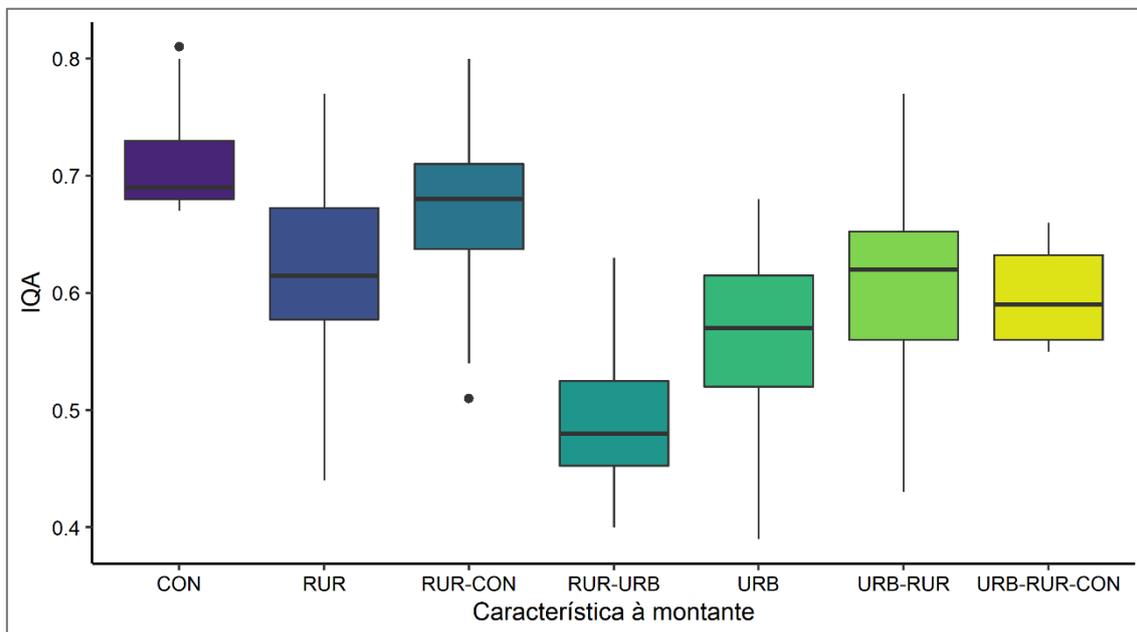


Tabela 4 - Resultado da categorização das características predominantes de uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem.

PONTO	CARACTERÍSTICA PREDOMINANTE À MONTANTE	PONTO	CARACTERÍSTICA PREDOMINANTE À MONTANTE
1	Rural	21	Rural
2	Rural	22	Urbano-Rural
3	Urbano-Rural	23	Rural
4	Urbano-Rural	24	Rural-Conservado
5	Urbano-Rural	25	Rural
6	Urbano-Rural-Conservado	26	Urbano-Rural
7	Urbano-Rural	27	Urbano-Rural
8	Rural-Conservado	28	Conservado
9	Urbano-Rural	29	Rural-Conservado
10	Urbano-Rural	30	Urbano-rural
11	Urbano	31	Rural-Conservado
12	Urbano-Rural	32	Rural
13	Urbano	33	Urbano-Rural
14	Rural	34	Rural-Conservado
15	Urbano-Rural	35	Rural-Conservado
16	Urbano	36	Rural
17	Urbano-Rural	37	Rural-Conservado
18	Urbano-Rural	38	Rural-Conservado
19	Rural	39	Rural-Conservado
20	Conservado	40	Rural-Urbano

Foram identificadas sete condições diferentes relativas as características de uso e cobertura do solo nas 40 áreas de drenagem do estudo. Para as características das áreas de drenagem (ADs), todas apresentaram diferenças significativas para IQA para, pelo menos, uma outra característica (Figura 11). Em áreas Rural-Urbano (RUR-URB), o IQA apresentou os menores valores, sendo diferente significativamente de todas as outras características. Os maiores valores de IQA foram observados em áreas caracterizadas como Conservado (CON), sendo igual estatisticamente apenas com áreas Rural-Conservado (RUR-CON). Para áreas onde a predominância é urbana (URB, URB-RUR e URB-RUR-CON), não houve diferença significativa entre elas, porém, a maioria dos valores de IQA ficaram abaixo de 0,65.

Figura 11 - IQA para as sete características da paisagem a montante. Barras representam valores mínimos e máximos; boxes representam quartis; linha central representa o valor mediano; pontos representam outliers; cores aleatórias, apenas para layout.



5.4. Cálculo dos índices de vegetação das áreas de drenagem

Para cada uma das “áreas de drenagem” monitoradas foram obtidas as cenas orbitais compostas, conforme *script* apresentado no item 4.4.2.1, e cálculo *pixel* por *pixel* do NDVI, EVI e SAVI utilizando as fórmulas propostas por Tucker (1979), Jensen (2009) e Richardson e Wiegand (1977) respectivamente, conforme *script* apresentado no item 4.4.2.2.

Para cada “área de drenagem” obteve-se um valor único de IV, definido pela média dos valores dos *pixels* contidos em cada uma dessas áreas, conforme *script* apresentado no item 4.4.2.2.

5.4.1. Script para composição de cena

Para se obter uma cena limpa, com o mínimo de interferência de nuvens, foi desenvolvido um *script* de composição de cenas, que a partir da análise do valor resultante da mediana de cada *pixel*, analisado em um período de tempo de três meses, foi gerado uma imagem única, com o valor mais comumente encontrado por *pixel* no período, conforme “*script* modelo” abaixo:

```

// Define a geometry of interest (DRENAGEM XX).
// geometry and name it "drenagemxx"
var DrenagemXX = ee.FeatureCollection ('users/glauberof/DrenagemXX');
// Import Sentinel image collection.
var S2 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR");
var startDate = '202X-XX-XX';
var endDate = '202X-XX-XX';
// Best pixel
var image = ee.Image(
  S2.filterDate(startDate, endDate)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10))
    .median()
    .clip(Drenagem01)
);

```

5.4.2. Script para obtenção das médias dos índices de vegetação em cada área de drenagem.

A fim de obter a média do NDVI, EVI e SAVI das áreas de drenagem, foi desenvolvido um *script*, que a partir da imagem resultante do processo de composição para cada área de drenagem, se calculou os IVs *pixel* por *pixel* e, após isto, se obteve a média desse resultado, conforme “*script* modelo” abaixo:

```

// Compute the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).
var nir = image.select('B8'); // 835.1nm (S2A) / 833nm (S2B), NIR
var red = image.select('B4'); // 664.5nm (S2A) / 665nm (S2B), RED
var ndvi = nir.subtract(red).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
// Display the result.
Map.centerObject(Local, 9);
var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
Map.addLayer(ndvi, ndviParams, 'NDVI image');

// Compute the weighted mean of the NDVI image clipped to the region.
var weighted = ndvi.clip(DrenagemXX)
  .reduceRegion({
    reducer: ee.Reducer.mean(),
    geometry: DrenagemXX,
    scale: 20});

```

```

print('weighted NDVI DXX:', weighted);

// Calculate the Enhanced Vegetation Index (EVI)

var evi = image.expression(
  '2.5 * (nir - red) / (nir + 6 * red - 7.5 * blue + 1)',
  {
    red: image.select('B4').divide(10000), // 664.5nm (S2A) / 665nm (S2B), RED
    nir: image.select('B8').divide(10000), // 835.1nm (S2A) / 833nm (S2B), NIR
    blue: image.select('B2').divide(10000) // 496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B), BLUE
  });

// Display the result.
Map.centerObject(Local, 9);
var eviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
Map.addLayer(evi, eviParams, 'evi image');

// Compute the weighted mean of the EVI image clipped to the region.
var weighted = evi.clip(Drenagem01)
  .reduceRegion({
    reducer: ee.Reducer.mean(),
    geometry: DrenagemXX,
    scale: 20});
print('weighted EVI DXX:', weighted);

// Calculate the Soil adjusted Vegetation Index (SAVI)

var savi = image.expression(
  '1.5 * ((nir - red) / (nir + red + 0.5))',
  {
    red: image.select('B4').multiply(0.0001), // 664.5nm (S2A) / 665nm (S2B), RED
    nir: image.select('B8').multiply(0.0001), // 835.1nm (S2A) / 833nm (S2B), NIR
  });

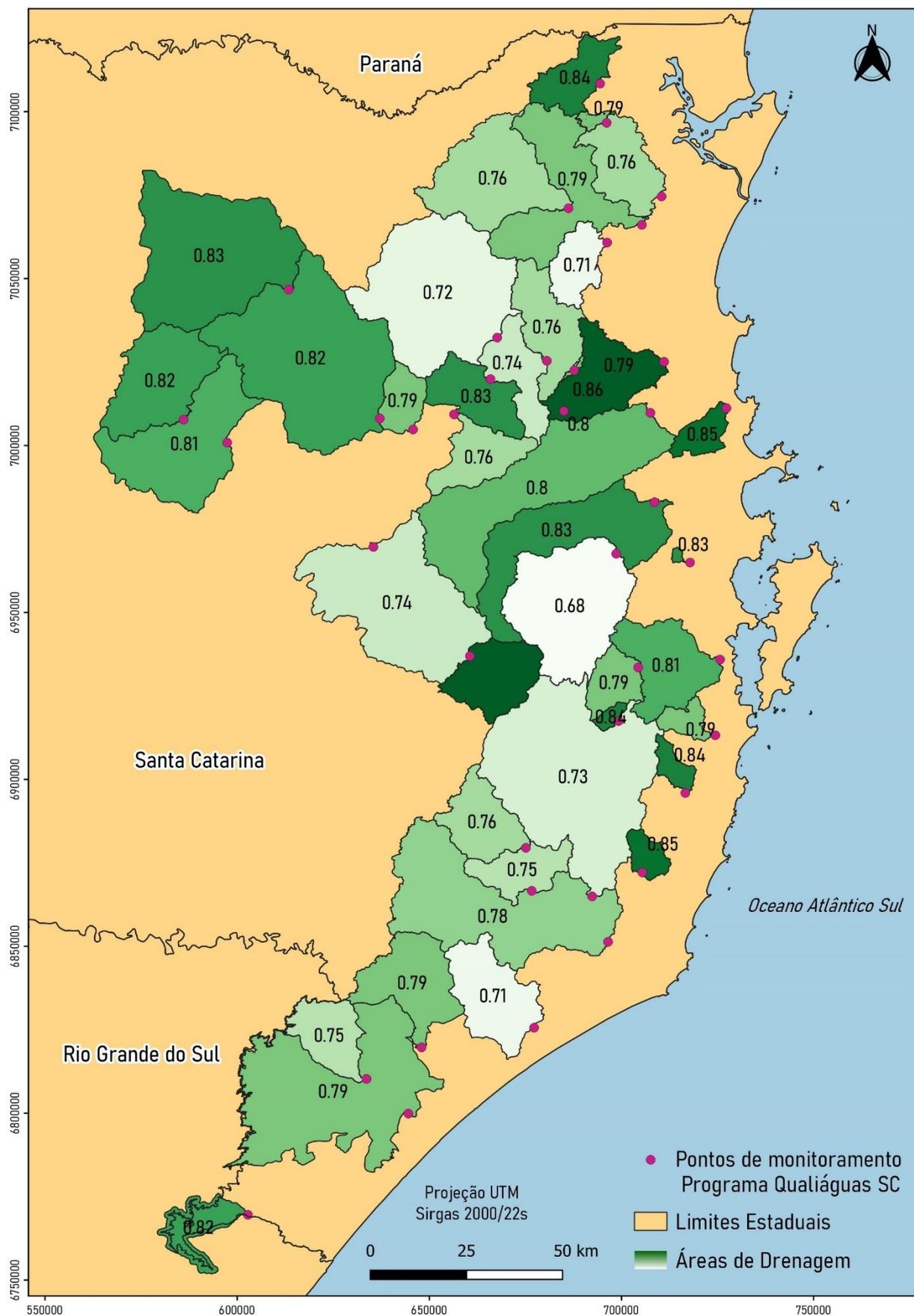
// Display the result.
Map.centerObject(Local, 9);
var saviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
Map.addLayer(savi, saviParams, 'savi image');

```

```
// Compute the weighted mean of the SAVI image clipped to the region.  
var weighted = savi.clip(DrenagemXX)  
  .reduceRegion({  
    reducer: ee.Reducer.mean(),  
    geometry: DrenagemXX,  
    scale: 20});  
print('weighted SAVI D01:', weighted);
```

Como exemplo, a imagem abaixo (Figura 12) apresenta os resultados finais do procedimento descrito acima para o índice de vegetação NDVI na campanha do mês de março de 2020.

Figura 12 - - Resultados da média do índice de vegetação NDVI de cada área de drenagem durante a campanha do mês de março de 2020 (Valores indicam média do NDVI calculado para cada pixel contido em cada área de drenagem).



5.5. A influência dos Índices de Vegetação sobre o Índice de Qualidade de Água

Para cada análise da influência do IV na estimativa do, foram criados 5 modelos. Com a seleção do melhor modelo pelo AIC, observamos que os modelos que melhores responderam a essa influência foram os modelos criados com todas as variáveis, tanto quantitativa (pluviosidade), como categórica (ano, característica e estação). O modelo ajustado para cada IV é o resultado da seleção do melhor modelo com efeitos fixos (Tabela 5).

Tabela 5 - Descrição dos modelos lineares generalizados (GLM) com a melhor resposta para a relação de IQA e NDVI, EVI e SAVI. O modelo criado para cada relação é o resultado da seleção do melhor modelos com variáveis fixas. Para cada modelo, há o AIC como estatí estatística de teste, o número de observações (n), R², estatística completa do modelo Qui-quadrado (χ^2), número de parâmetros do modelo (Par.) e valor-p.

IQA	AIC	n	R²	χ^2	Par	p-value
NDVI	-842,67	320	0,38	9,48	5	0,002
EVI	-848,08	320	0,39	14,88	5	0,0001
SAVI	-845,87	320	0,39	12,66	5	0,0004

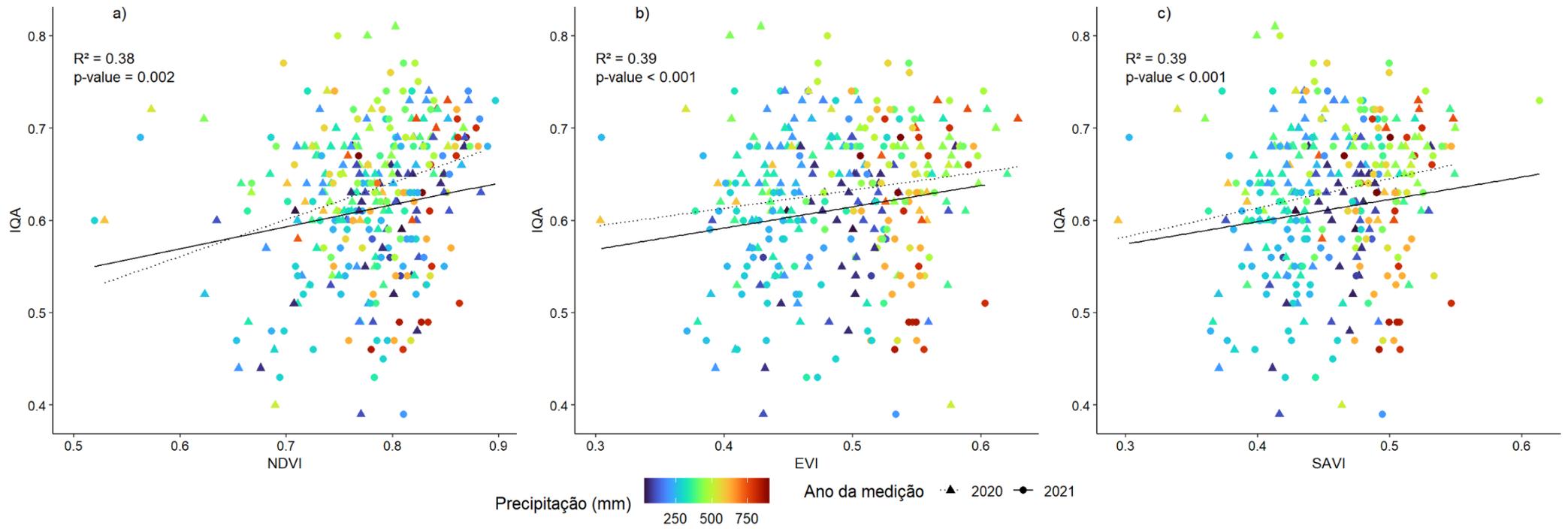
O IQA sofre efeito dos IVs (NDVI, EVI e SAVI). A relação entre IQA e IV foram positivas e significativas para os três IVs analisados, o que demonstra que, conforme aumenta o IV, aumenta a qualidade da água (Figura 13).

Quando observamos os anos de coleta dos dados de IQA e o IV, houve diferença significativa para a relação IQA e IV (Tabela 6). No entanto, outros fatores estão associados a essa relação entre IQA e os IVs. Precipitação, característica da paisagem no entorno do ponto de coleta e estação do ano também influenciaram no IQA, como veremos a seguir para os três IVs.

Tabela 6 - Valores da ANOVA e qui-quadrado.

	NDVI			EVI			SAVI		
	χ^2	df	p	χ^2	df	p	χ^2	df	p
IV	9.482	1	0.002**	14.880	1	0.0001***	12.664	1	0.0003***
Chuva	7.278	1	0.007**	6.368	1	0.011*	7.539	1	0.006**
Ano	12.847	1	0.0003** *	13.118	1	0.0002***	13.953	1	0.0001***
Característica	83.452	6	<0.001** *	111.24 3	6	2.2e-16***	105.28 6	6	<0.001***
Estação	46.316	3	<0.001** *	50.337	3	6.773e- 11***	48.709	3	<0.001***

Figura 13 - IQA x Índice de Vegetação NDVI (a), EVI (b) e SAVI (c), com destaque para a precipitação acumulada para os anos de 2020 (triângulos) e 2021 (círculos).



5.5.1. A influência de cada Índice de Vegetação

O NDVI mostrou influência positiva na estimativa do IQA ($R^2=0.38$; $\chi^2 = 9.482$; $p=0.002$; Tabela 5). Conforme tabela 7, a cada valor de NDVI, o IQA aumenta 0.40 quando associado com as outras variáveis: chuva, ano de coleta, característica e estação. Apesar da relação entre IQA e NDVI ser positiva, é possível observar que o IQA diminuiu para o ano de 2021 (0.03 em IQA). A característica da paisagem a montante do ponto de coleta também influenciou de forma negativa, com diferenças significativas para os fatores, contribuindo para diminuir a qualidade da água em áreas mais urbanizadas e menos conservadas. A precipitação também foi um fator de influência positiva na qualidade da água, porém com valores muito baixos. Os valores mais elevados de chuva acumulada foram observados em áreas de NDVI entre 0.75 e 0.88.

Da mesma forma que NDVI, EVI mostrou influência positiva na estimativa no IQA ($R^2=0.39$; $\chi^2 = 14.880$; $p<0.001$; Tabela 5). Conforme tabela 7, a cada valor de EVI, o IQA aumenta 0.51 quando associado com as outras variáveis: chuva, ano de coleta, característica e estação. Apesar da relação entre IQA e EVI ser positiva, é possível observar que o IQA também diminuiu para o ano de 2021 na mesma proporção que o observado para NDVI (0.03 em IQA). A característica da paisagem a montante do ponto de coleta também influenciou de forma negativa, com diferenças significativas para os fatores, contribuindo para diminuir a qualidade da água em áreas mais urbanizadas e menos conservadas. A precipitação também foi um fator de influência positiva na qualidade da água, porém com valores muito baixos. Os valores mais elevados de chuva acumulada foram observados em áreas de EVI entre 0.52 e 0.62.

Assim como NDVI e EVI, o SAVI também mostrou influência na estimativa do IQA ($R^2=0.39$; $\chi^2 = 12.664$; $p<0.001$; Tabela 5). Conforme tabela 7, a cada valor de SAVI, o IQA aumenta 0.53 quando associado com as outras variáveis: chuva, ano de coleta, característica e estação o SAVI apresentou o maior efeito sobre o IQA, quando observamos os demais índices. A relação entre IQA e SAVI também foi positiva e foi possível observar que o IQA também diminuiu para 2021 (0.03 em IQA). Outra análise importante, é que a característica da paisagem a montante do ponto de coleta manteve a influência negativa sobre

IQA, assim como para as demais análises, com diferenças significativas para os fatores, contribuindo para diminuir a qualidade da água em áreas mais urbanizadas e menos conservadas. A precipitação também foi um fator de influência positiva na qualidade da água, porém com valores muito baixos. Os valores mais elevados de chuva acumulada foram observados em áreas de SAVI entre 0.45 e 0.55.

Tabela 7 - Preditores dos parâmetros do modelo analisado para a relação Índice da Qualidade da Água e Índice de Vegetação (NDVI). O modelo adaptado para o índice é resultado de uma seleção com variáveis fixas.

Efeitos fixos	Estimado	Desvio padrão	Valor T	Pr(> t)	Significância *
NDVI					
(Intercepto)	0,318	1,212 ⁻⁰¹	2,629	0,009	**
SQ. NDVI	0,401	1,301 ⁻⁰¹	3,079	0,002	**
Chuva	0,00008	2,822 ⁻⁰⁵	2,698	0,007	**
Tempo2021	-0,029	8,122 ⁻⁰³	-3,584	<0,001	***
CarcterRUR	-0,070	1,902 ⁻⁰²	-3,684	<0,001	***
CarcterRUR-CON	-0,035	1,768 ⁻⁰²	-1,956	0,051	,
CarcterRUR-URB	-0,198	2,805 ⁻⁰²	-7,070	<0,001	***
CarcterURB	-0,118	2,194 ⁻⁰²	-5,391	<0,001	***
CarcterURB-RUR	-0,084	1,784 ⁻⁰²	-4,620	<0,001	***
CarcterURB-RUR-CON	-0,104	2,759 ⁻⁰²	-3,766	<0,001	***
EstaçãoOutono	0,0015	1,026 ⁻⁰²	0,144	0,886	
EstaçãoPrimavera	0,049	1,031 ⁻⁰²	4,738	<0,001	***
EstaçãoVerão	-0,022		-1,670	0,099	.
EVI					
(Intercepto)	0,344	9,088 ⁻⁰²	3,787	0,000183	***

Efeitos fixos	Estimado	Desvio padrão	Valor T	Pr(> t)	Significância *
SQ. EVI	0,510	1,323 ⁻⁰¹	3,857	0,000140	***
Chuva	0,00007	2,764 ⁻⁰⁵	2,524	0,012121	*
Tempo2021	-0,028	7,973 ⁻⁰³	-3,622	0,000342	***
CarcterRUR	-0,080	1,771 ⁻⁰²	-4,543	7,98e-06	***
CarcterRUR-CON	-0,037	1,741 ⁻⁰²	-2,181	0,029935	*
CarcterRUR-URB	-0,215	2,721 ⁻⁰²	-7,930	4,11e-14	***
CarcterURB	-0,129	2,090 ⁻⁰²	-6,170	2,16e-09	***
CarcterURB-RUR	-0,090	1,698 ⁻⁰²	-5,326	1,95e-07	***
CarcterURB-RUR-CON	-0,108	2,724 ⁻⁰²	-3,981	8,56e-05	***
EstaçãoOutono	-0,016	1,134 ⁻⁰²	-1,426	0,154878	
EstaçãoPrimavera	0,026	1,153 ⁻⁰²	2,306	0,021787	*
EstaçãoVerão	-0,0583	1,770 ⁻⁰²	-3,295	0,001098	**
SAVI					
(Intercepto)	0,337	1,002 ⁻⁰¹	3,365	0,000862	***
SQ. SAVI	0,527	1,481 ⁻⁰¹	3,559	0,000432	***
Chuva	0,00007	2,800 ⁻⁰⁵	2,746	0,006395	**
Tempo2021	-0,030	8,102 ⁻⁰³	-3,735	0,000223	***
CarcterRUR	-0,080	1,782 ⁻⁰²	-4,516	9,01e-06	***
CarcterRUR-CON	-0,380	1,747 ⁻⁰²	-2,175	0,030386	*

Efeitos fixos	Estimado	Desvio padrão	Valor T	Pr(> t)	Significância *
CarcterRUR-URB	-0,211	2,734 ⁻⁰²	-7,727	1,58e-13	***
CarcterURB	-0,127	2,106 ⁻⁰²	-6,057	4,05e-09	***
CarcterURB-RUR	-0,090	1,709 ⁻⁰²	-5,270	2,58e-07	***
CarcterURB-RUR-CON	-0,108	2,734 ⁻⁰²	-3,957	9,44e-05	***
EstaçãoOutono	-0,101	1,087 ⁻⁰²	-0,930	0,35335 5	
EstaçãoPrimavera	0,0329	1,101 ⁻⁰²	2,990	0,00301 7	**
EstaçãoVerão	-0,048	1,666 ⁻⁰²	-2,940	0,00352 6	**

* Código de Significância: “***” 0.001, “**” 0.01, “*” 0.05, “.” 0.1, “.” 1

6. DISCUSSÃO

Nesse estudo foi avaliado o efeito da influência de IVs, associados aos efeitos da chuva, estação do ano, ano e característica da área de drenagem na estimativa do IQA monitorado em áreas de drenagem de 40 pontos do Programa Qualiágua.

6.1. Efeito da influência dos IVs sobre o IQA

Tanto o EVI como o SAVI apresentaram coeficiente de efeito de influência na estimativa do IQA muito similar, 0,51 e 0,52 respectivamente. Já para o NDVI, o valor foi mais baixo, de 0,40. Tais resultados podem estar ligados ao melhor ajuste do EVI e SAVI quanto aos ruídos de reflectância do solo e aerossóis atmosféricos, conforme explicitados por Jensen (2009) e Richardson e Wiegand (1977). Por conta deste ajuste e pelo fato de que as ADs, em sua grande maioria, apresentavam diferentes usos dos solos, com diferentes caracteres rurais e urbanos, o NDVI, mais sensível a estes ruídos, apresentou valores mais altos para as ADs em relação aos outros dois IVs. Todavia, os resultados da

modelagem estatística sugerem que, por conta deste comportamento mais sensível, o coeficiente de influência do NDVI foi reduzido, compensando os valores mais altos do IV. Logo, para aferição do IQA utilizando a modelagem GLM, nas condições de AD estudadas, revela-se indiferente a escolha do IV, haja vista esta compensação a qual o modelo estatístico realizou.

Os IVs apresentaram maior coeficiente de influência que os outros parâmetros fixos utilizados. Isso aponta para importância deste fator na estimação do IQA. Entretanto, pelo R^2 de 0,39 encontrado, outros fatores podem ser até mais relevantes para o resultado do IQA, não utilizados no modelo desenvolvido. Neste sentido, o modelo pode ajudar a estimar valores do IQA, mas devido aos fatores utilizados para o cálculo do IQA, são necessários outros elementos de análise para melhoria desta estimativa. É provável que, baseado nos fatores utilizados pelo IQA, dados referentes a condição de saneamento básico, culturas agrícolas, tipos de manejo agropecuários e pedologia dessas ADs possam enriquecer o modelo e, assim, favorecendo o R^2 da estimativa. Neste sentido, sobre os vários fatores que influenciam a qualidade d'água, em seu livro sobre qualidade de água e tratamento de água Von Sperling (2005) define que determinada qualidade de água é estabelecida em função das condições naturais e de uso e da ocupação do solo numa bacia hidrográfica. Também, Lima *et al* (2018) identificam diversas fontes poluidoras com impacto na qualidade d'água, sendo esgoto e águas cinza, agrotóxicos, sedimentos e componentes carreáveis, poluição advinda da pecuária, lixões, aterros sanitários, estações de tratamento deficientes e outros.

6.2. Chuva acumulada em áreas de drenagem com alto IV

Conforme os resultados apresentados na figura 4, os pontos de monitoramento que se associavam a uma maior precipitação acumulada, ocorreram em ADs com altos valores nos 3 IVs. Pelo fato de não haver estações de seca nas áreas estudada (PANDOLFO *et al.* 2002), isto sugere que quanto maior vegetação na AD, maior a incidência de precipitação. A afirmação também pode ser corroborada por Tavares (2012) sobre estudos da atmosfera Amazônica, que relata que em alguns estudos há a demonstração de que a

vegetação pode ser responsável por até 90% de todos os compostos orgânicos voláteis na atmosfera, junto com o vapor d'água e o gás carbônico emitidos em processos fisiológicos e que esses compostos podem ajudar a criar núcleos de condensação de nuvens podendo ocasionar precipitação. Entretanto, o mesmo autor conclui que tal teoria ainda é passível de maiores verificações. Também, Balbinot *et al* (2008) concluem, após revisão bibliográfica, que as florestas/vegetação podem ter influência na temperatura e umidade atmosférica local, mas que não tem correlação direta com o volume de precipitação no mesmo local dessas florestas.

Apesar do supra, é possível fazer uma inferência se analisarmos o relevo dessas regiões, em grande parte há presença de morros e montanhas, onde o acesso de seres humanos e, por consequência, retirada da vegetação, é reduzido. Como se verificou, somente a maior presença de vegetação não seria garantia de maior volume de chuvas, mas o fator relevo pode gerar maior ocorrência de chuvas orográficas, conforme encontrados por Tavares e Ferreira (2020) em seu estudo sobre a relação do relevo e os eventos extremos de precipitação em Petrópolis-RJ, permitindo essa interpretação dos dados encontrados, de que choveu mais em áreas com maior IV por estarem associadas a áreas com relevo mais ondulado.

Todavia, é importante destacar que em alguns pontos os dados para essa variável foram levantados por estações de monitoramento próximas e não na AD de estudo, trazendo imprecisão quanto a inferência feita.

6.3. Diferença entre os anos monitorados

Os dados referentes as campanhas de 2020 e 2021 resultaram em diferença significativa entre eles no que diz respeito ao volume pluviométrico registrado. Conforme tabela 3 é possível verificar condição de estiagem no verão/outono do ano de 2020, fato também apontado pela Epagri, órgão responsável pelo monitoramento da chuva e rios em Santa Catarina, onde foram registrados volumes de 20-40% menor que a média esperada para o período nas regiões estudadas e, ainda, que com base em dados históricos de vazões mínimas de

rios, observou-se que a recorrência deste evento foi, em média, superior a 39 anos. Portanto, esta condição hidrológica extrema demonstrou ser de grande impacto na disponibilidade hídrica natural dos rios catarinenses (JÚNIOR et al, 2020).

6.4. Características das áreas de drenagem

Conforme a tabela 4, as diferenças entre os dados encontrados nas diferentes categorias de áreas de drenagem corroboram com a classificação realizada no processo metodológico, onde bacias com a característica “Conservada” foram as que obtiveram maiores valores de IQA, apresentando pouca variabilidade interna nos dados. Os maiores valores para ADs caracterizadas como “Conservadas”, “Rural-Conservadas” e “Rural” apresentaram valores médios acima de IQA 0,65, diferente daquelas com algum tipo de enquadramento “Urbano”, com IQA abaixo de 0,65. A influência das ações urbanas podem ser verificadas também em Souza e Gastaldini (2014) que relataram esse comportamento em bacias com maior número de habitantes e percentual de impermeabilização evidenciaram a influência do efluente doméstico como fonte potencial de contaminação do sistema pluvial, devido à contribuição elevada de matéria orgânica, agentes patogênicos e nutrientes impactando o IQA. Numa mesma linha de pesquisa, realizada em uma mesma bacia das estudadas no presente projeto, Pinheiro et al (2014) identificaram diferentes tipos de ocupação do solo em diferentes seções da bacia de estudo, que impactaram os parâmetros envolvidos na análise da qualidade d’água, como o aumento da alcalinidade, nitrito, nitrato, sódio, ferro e, também, o decaimento da concentração de oxigênio dissolvido na água. Estes parâmetros, também presentes na determinação do IQA dos pontos monitorados pela ANA no presente estudo, conforme os autores, são reflexos das atividades agrícolas e urbanas presentes nas diferentes seções da bacia de estudada por eles.

Desta maneira, o que se conclui é que conforme a infinidade de arranjos de uso e ocupação do solo pelo ser humano, há um reflexo, em geral, na redução da qualidade de água para fins mais nobres, como o abastecimento público, recreação humana e dessedentação animal.

7. CONCLUSÃO

O uso dos 3 IVs associado aos efeitos da chuva acumulada, característica das ADs, estação do ano e ano de monitoramento possibilitou uma compreensão significativa sobre o efeito de influência dessas variáveis para estimativa dos IQAs. Dentre estas variáveis, os IVs foram os parâmetros que mais influenciaram o resultado da estimativa do IQA. Independente do IV escolhido, o modelo estatístico utilizado se ajustou aos valores fornecidos.

Entretanto, uma das desvantagens do método foi que as variáveis do estudo, juntas, explicaram em média 39% das influências, evidenciando a necessidade de inclusão de novos parâmetros na modelagem, para que se torne um modelo mais robusto. Diante disso, a expectativa é de que dados referentes a condição de saneamento básico, condição de conservação das margens dos rios (APP) e tipos de manejo agropecuários em cada uma das AD possam ajudar a melhorar o R^2 da estimativa em futuros estudos.

Ainda, como aprendizado, durante o processo de análise dos dados, foi realizado isoladamente testes de correlação entre os parâmetros que compõem o IQA e os IVs. Porém, o que se observou foi que nenhum dos parâmetros obteve correlação mais forte que a do próprio IQA x IV, levando ao descarte da ideia de se criar um modelo específico por parâmetro.

Todavia, o modelo gerado pode ser um aliado no monitoramento estratégico para gestão de bacias hidrográficas na vertente do atlântico no estado de Santa Catarina, contanto que seja levado em consideração a porção a qual o modelo consegue estimar. A partir da metodologia é possível obter estimativas de IQA em tempo superior ao processo normalmente utilizado, por meio da análise de amostras coletadas em campo, favorecendo a tomada de decisão mais rápida para execução de diversas ações ligadas a políticas públicas relacionadas aos recursos hídricos catarinenses.

8. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA E. Apresentação: Sensoriamento Remoto Hiperspectral. Departamento de Cartografia. Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente. 2014.

ANA, Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente, Resolução n° 1040, de 21 de julho de 2014.

ANA, Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente, Resolução n.º 643, de 27 de junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, 2005. Disponível em <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>

AZEVEDO, E.C.; MANGABEIRA, J.A.C. Mapeamento de uso das terras utilizando processamento digital de imagem de Sensoriamento Remoto. Comunicado Técnico. MAPA. Campinas. 12p. 2001.

BALBINOT R., OLIVEIRA N. K., VANZETTO S. C., PEDROZO K., VALÉRIO A.F., O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas, *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 4 N. 1 Jan./Abr. 2008.

BALAJI, R.; CONNOR, R.; GLENNIE, P.; VAN DER GUN, J.; LLOYD, G.J.; YOUNG, G. The water resource: variability, vulnerability and uncertainty. In: WWAP (World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 4. v. 1. Paris. UNESCO. p. 77-100. 2012.

BARTON, K.; MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17. 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>

BARROS J. R., ZAVATTINI J.A., Bases Conceituais em Climatologia Geográfica, Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 357, de 15 de junho de 2005.

BROWN, R.M.; MCCLELLAND, N.I.; DEININGER, R.A.; TOZER, R.G. "Water quality index-do we dare?". *Water Sewage Works*. 117(10). p. 339-343. 1970.

D'AGOSTINI L.R., ALVES J.M., SOUZA F. N. S. *Aqua: Avaliação da Qualidade do Uso da Água*. Editora Garamond. Livro. 115 pg. São Paulo. 2013.

FORMAGGIO A.R. SANCHES I.D.A. *Sensoriamento Remoto em Agricultura*. Livro. Editora Oficina de Textos. 282 p. 2017.

GARNIER, S., viridis: Default Color Maps from "matplotlib.". 2018.

GEE. Introduction Google Earth Engine API Google Developers. 2017. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/>. Acesso em: 02 de março de 2021.

- GOOGLE EARTH , website. <http://earth.google.com/>, 2009.
- HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. Hoehnea. São Paulo. v. 44. n. 3. p. 315-327. 2017.
- HORTON, R.K. "An index number system for rating water quality". Journal Water Pollution Control Federation. 37(3). p. 300-305. 1965.
- HUETE, A.; JUSTICE, C.; LEEUWEN, W. V. MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis Document. NASA Goddard Space Flight Center. Maryland. v. 3. p. 122. 1999.
- HUETE, A; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; LEWEEN, W. A. Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment. n. 59. p. 440-451, 1997.
- HUETE, A.; DIDAN, A. K.; MIURA, E.P.T.; RODRIGUEZ, X; GAO, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment. v. 83. p. 195-213. 2002.
- IFFSC. Área de Estudo do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina. 2023. Disponível em <https://www.iff.sc.gov.br/nossa-%C3%A1rea-de-estudo>
- JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres (tradução da segunda edição). University of South Carolina. cap. 1. p. 1-39. 2009.
- JÚNIOR, G.M., RODRIGUES M.L.G., CRUZ, G. A estiagem do outono 2020 em Santa Catarina: a atuação da Epagri, da medição do dado à análise da informação. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.33, n.2, p.11-14, maio/ago. 2020.
- KLEIN, R.M. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. Flora Illustrada Catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues. Itajaí. p. 24. 1978.
- LOURENÇO, R. W.; MARTINS, A. C. G.; ROVEDA, S. R. M. M.; ROVEDA, J. A. F.; LANDIM, P. M. B.; ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. Análise espacial de dados geográficos. Meio ambiente e Sustentabilidade. Porto Alegre. Editora Bookman, 1. ed. p. 198-218. 2012.
- LIMA, B.P.; MAMEDE, G.L.; LIMA NETO, I.E.; Modelagem da qualidade da água no semiárido; Eng Sanit Ambient; v.23; n.1; pag 125-135; 2018.
- LIMA, W. DE P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. ESALQ. Piracicaba. 2. ed. 253p. 2008.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina. Epagri. Florianópolis. CD-ROM. 2002. Disponível em https://ciram.epagri.sc.gov.br/atlas_climatologico/
- PINHEIRO A., SHOEN C., SHULTZ J., HEINZ K. GG. H., PINHEIRO I. G., DESCHAMPS F. C. Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em

Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol 19. N 3. Pg 127-139. jul/set, 2014.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURU, Y.E.; KUPLICH T. M. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. Editora Parêntese. 127p. 2007.

RCORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. 2019.

RICHARDSON A. J.; WIEGAND C. "Distinguishing vegetation from soil background information". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. vol. 43. n. 12. p. 1541–1552. 1977.

ROUSE JR, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J. A.; DEERING D.W. Remote Sensing Center. Texas A&M University. College Station. 1976.

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. 2019.

SANTA CATARINA. Atlas Escolar de Santa Catarina - Diversidade da Natureza; 2ª edição; 2016. Disponível em <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/cartografia>.

SANTA CATARINA. Sistema de Informação Geográficas de Santa Catarina. 2014. Disponível em <http://sigsc.sds.sc.gov.br/>. Acesso em: 18 de agosto de 2020.

SANTA CATARINA. Sistema de informações de recursos hídricos do Estado de Santa Catarina, monitoramento de qualidade de águas. 2021. Disponível em https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DRHI/cadastro_de_usuarios_de_recursos_hidricos/Monitoramento%20Qualidade%20das%20Aguas/BoletimQualiaqua_3_2020.pdf

SOUZA M.M., GASTALDINI M.C.C., Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos, Eng. Sanit Ambient, v.19 n.3. jul/set 2014.

TAVARES, C.M.G., FERREIRA C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis-RJ. Revista Brasileira de Climatologia. Ano16. Vol. 26 – jan/jun 2020. |

TAVARES J.P.N., Interação entre a vegetação e a atmosfera para formação de nuvens e chuva na Amazônia: uma revisão. Estudos Avançados 26 (74), 2012.

TUCCI, C. E. Hidrologia: Ciência e Aplicação. UFRGS/ABRH. Porto Alegre. 3. ed. 943p. 2004.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment. v. 8, n. 2, p. 127-150. 1979.

TYAGI S., SHARMA, B., SINGH, P. & DOBHAL, R. Water quality assessment in terms of water quality index. American Journal of Water Resources. p. 34–38. 2020.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade de água e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental. UFMG. Belo Horizonte. 3. ed. 452p. 2005.

XUE, J.; SU, B.; Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of Sensors. v.17. 17p. 2017.

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. 2009.

WILKE, C.O., cowplot: Streamlined Plot Theme and Plot Annotations for “ggplot2.”. 2019.

Anexo 1 - Tabela consolidada de dados para análise estatística.

ID	ANO	ESTAÇÃO DO ANO	MÊS DE MEDIÇÃO	CHUVA ACUMULADA - 3 Meses - (mm)	CAMPANHA	Bacia	MUNICÍPIO PONTO	CARACTERÍSTICA PREDOMINANTE À MONTANTE	PONTO	IQA	NDVI	EVI	SAVI
1	2020	Verão	Março	371	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,61	0,792	0,5879	0,5238
2	2020	Verão	Março	320	1	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,51	0,7107	0,5111	0,4644
3	2020	Verão	Março	371	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,53	0,7913	0,574	0,5145
4	2020	Verão	Março	320	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,65	0,7835	0,5617	0,5075
5	2020	Verão	Março	500	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,65	0,7533	0,5504	0,4984
6	2020	Verão	Março	749	1	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,6	0,8184	0,5538	0,5031
7	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,62	0,7409	0,5323	0,4803
8	2020	Verão	Março	373	1	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,71	0,8181	0,5526	0,5051
9	2020	Verão	Março	373	1	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,62	0,8033	0,5731	0,5105
10	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,67	0,799	0,5769	0,5172
11	2020	Verão	Março	166	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,49	0,7686	0,559	0,4914
12	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,65	0,7998	0,5727	0,5113
13	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,68	0,7278	0,535	0,4722
14	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,54	0,7433	0,5352	0,4759
15	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,66	0,7928	0,5586	0,494
16	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,68	0,7642	0,5404	0,4858
17	2020	Verão	Março	604	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,6	0,7695	0,5578	0,4909
18	2020	Verão	Março	604	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,63	0,7904	0,5576	0,4959
19	2020	Verão	Março	729	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,58	0,7107	0,525	0,448

	0											1	7
20	2020	Verão	Março	729	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,67	0,7579	0,5224	0,4463
21	2020	Verão	Março	604	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,61	0,7348	0,5522	0,4776
22	2020	Verão	Março	371	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,65	0,8385	0,6204	0,5491
23	2020	Verão	Março	320	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,71	0,829	0,5705	0,5191
24	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,64	0,783	0,598	0,5211
25	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,68	0,8294	0,5838	0,5284
26	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,68	0,8025	0,5701	0,5089
27	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,66	0,769	0,5819	0,5043
28	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,7	0,8668	0,6115	0,5495
29	2020	Verão	Março	442	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,69	0,8363	0,5753	0,5191
30	2020	Verão	Março	98	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,66	0,7662	0,5319	0,4781
31	2020	Verão	Março	749	1	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,71	0,8224	0,6286	0,548
32	2020	Verão	Março	500	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,69	0,8192	0,5754	0,5222
33	2020	Verão	Março	371	1	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,72	0,8424	0,6046	0,5457
34	2020	Verão	Março	729	1	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,62	0,7935	0,5256	0,4733
35	2020	Verão	Março	749	1	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,73	0,8519	0,566	0,5216
36	2020	Verão	Março	517	1	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,66	0,7954	0,5748	0,516
37	2020	Verão	Março	749	1	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,7	0,8411	0,5489	0,4972
38	2020	Verão	Março	749	1	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,72	0,8413	0,5894	0,5222
39	2020	Verão	Março	517	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,68	0,8521	0,5527	0,5118
40	2020	Verão	Março	517	1	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,4	0,6895	0,5764	0,4637

41	2020	Outono	Junho	106	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,6	0,6344	0,3906	0,3759
42	2020	Outono	Junho	66	2	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,44	0,6759	0,4317	0,4112
43	2020	Outono	Junho	106	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,49	0,7816	0,4815	0,4558
44	2020	Outono	Junho	66	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,61	0,7684	0,4763	0,453
45	2020	Outono	Junho	30	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,61	0,7084	0,4489	0,4287
46	2020	Outono	Junho	112	2	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,56	0,8246	0,5029	0,475
47	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,51	0,7071	0,4441	0,422
48	2020	Outono	Junho	90	2	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,65	0,8147	0,5028	0,4747
49	2020	Outono	Junho	90	2	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,61	0,8227	0,5228	0,4891
50	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,62	0,7709	0,4674	0,4462
51	2020	Outono	Junho	47	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,52	0,8011	0,5019	0,472
52	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,62	0,8043	0,5169	0,4799
53	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,63	0,7609	0,4969	0,4649
54	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,6	0,7565	0,4876	0,4561
55	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,48	0,8232	0,4966	0,4697
56	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,55	0,7741	0,4915	0,462
57	2020	Outono	Junho	113	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,62	0,8026	0,5042	0,4746
58	2020	Outono	Junho	113	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,6	0,8225	0,5083	0,4776
59	2020	Outono	Junho	175	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,6	0,7578	0,4608	0,4372
60	2020	Outono	Junho	175	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,73	0,8715	0,4769	0,4577
61	2020	Outono	Junho	113	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,59	0,7947	0,5168	0,4847
62	2020	Outono	Junho	106	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,65	0,769	0,4687	0,4441

63	2020	Outono	Junho	66	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,54	0,8179	0,5023	0,4768
64	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,68	0,7626	0,4595	0,4386
65	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,66	0,7986	0,4701	0,4527
66	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,65	0,8189	0,5217	0,4862
67	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,64	0,7878	0,4912	0,4609
68	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,68	0,8674	0,5803	0,5311
69	2020	Outono	Junho	58	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,64	0,8453	0,5202	0,4888
70	2020	Outono	Junho	95	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,63	0,7743	0,4779	0,452
71	2020	Outono	Junho	112	2	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,61	0,8534	0,5745	0,5295
72	2020	Outono	Junho	30	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,59	0,8085	0,5001	0,4742
73	2020	Outono	Junho	106	2	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,69	0,8382	0,499	0,4781
74	2020	Outono	Junho	175	2	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,74	0,8341	0,447	0,4351
75	2020	Outono	Junho	112	2	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,63	0,8486	0,5199	0,4912
76	2020	Outono	Junho	63	2	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,65	0,8049	0,5126	0,4841
77	2020	Outono	Junho	112	2	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,69	0,868	0,4997	0,474
78	2020	Outono	Junho	112	2	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,63	0,8832	0,5359	0,5044
79	2020	Outono	Junho	63	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,65	0,8482	0,5014	0,4783
80	2020	Outono	Junho	63	2	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,57	0,7905	0,5171	0,4787
81	2020	Inverno	Setembro	600	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,6	0,5287	0,3033	0,2943
82	2020	Inverno	Setembro	262	3	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,52	0,6231	0,3895	0,3703
83	2020	Inverno	Setembro	600	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,62	0,7177	0,4092	0,3919
84	2020	Inverno	Setembro	262	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,6	0,7104	0,4216	0,4018

85	2020	Inverno	Setembro	340	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,65	0,6845	0,4333	0,4092
86	2020	Inverno	Setembro	246	3	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,64	0,8006	0,4557	0,4388
87	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,49	0,6643	0,3792	0,3661
88	2020	Inverno	Setembro	400	3	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,68	0,7678	0,4252	0,4126
89	2020	Inverno	Setembro	400	3	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,63	0,7851	0,441	0,4268
90	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,67	0,7279	0,4099	0,3969
91	2020	Inverno	Setembro	103	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,39	0,7702	0,4303	0,4164
92	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,59	0,7863	0,458	0,4371
93	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,65	0,7367	0,4384	0,4186
94	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,57	0,7286	0,4261	0,4065
95	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,56	0,7842	0,4379	0,4215
96	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,61	0,7543	0,4378	0,4202
97	2020	Inverno	Setembro	389	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,62	0,7621	0,4359	0,4192
98	2020	Inverno	Setembro	389	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,55	0,7832	0,4431	0,426
99	2020	Inverno	Setembro	384	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,53	0,7215	0,4099	0,3921
100	2020	Inverno	Setembro	384	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,69	0,8257	0,4229	0,4119
101	2020	Inverno	Setembro	389	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,63	0,7358	0,4296	0,4129
102	2020	Inverno	Setembro	600	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,64	0,7007	0,3949	0,3776
103	2020	Inverno	Setembro	262	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,7	0,7786	0,4501	0,4311
104	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,64	0,7421	0,4169	0,4031
105	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,65	0,7532	0,4132	0,4013
106	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,61	0,7965	0,4521	0,4355

107	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,61	0,7614	0,444	0,423
108	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,69	0,8588	0,4877	0,4692
109	2020	Inverno	Setembro	333	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,54	0,8205	0,4444	0,4325
110	2020	Inverno	Setembro	371	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,6	0,7241	0,4079	0,3917
111	2020	Inverno	Setembro	246	3	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,68	0,8284	0,4929	0,4701
112	2020	Inverno	Setembro	340	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,63	0,7665	0,4444	0,4258
113	2020	Inverno	Setembro	600	3	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,66	0,7767	0,4373	0,4242
114	2020	Inverno	Setembro	384	3	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,62	0,7847	0,3969	0,3922
115	2020	Inverno	Setembro	246	3	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,66	0,8221	0,46	0,4447
116	2020	Inverno	Setembro	303	3	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,65	0,7744	0,4895	0,4614
117	2020	Inverno	Setembro	246	3	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,71	0,8521	0,468	0,4488
118	2020	Inverno	Setembro	246	3	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,66	0,8649	0,5094	0,4816
119	2020	Inverno	Setembro	303	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,66	0,804	0,4315	0,422
120	2020	Inverno	Setembro	303	3	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,49	0,7698	0,459	0,435
121	2020	Primavera	Dezembro	538	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,72	0,5728	0,37	0,3392
122	2020	Primavera	Dezembro	369	4	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,64	0,6574	0,4316	0,4005
123	2020	Primavera	Dezembro	538	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,74	0,7385	0,4655	0,4288
124	2020	Primavera	Dezembro	369	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,67	0,73	0,4688	0,4314
125	2020	Primavera	Dezembro	353	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,68	0,7174	0,4814	0,4421
126	2020	Primavera	Dezembro	208	4	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,66	0,7534	0,4601	0,4222
127	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,44	0,6551	0,3931	0,3707
128	2020	Primavera	Dezembro	319	4	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,6	0,7495	0,4246	0,4083

129	2020	Primavera	Dezembro	319	4	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,54	0,7495	0,4395	0,4146
130	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,64	0,7191	0,4279	0,4078
131	2020	Primavera	Dezembro	103	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,53	0,7418	0,4279	0,4091
132	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,55	0,7664	0,4658	0,4418
133	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,54	0,7146	0,4466	0,4218
134	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,57	0,6809	0,428	0,3928
135	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,68	0,7609	0,4437	0,4223
136	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,64	0,7343	0,4438	0,423
137	2020	Primavera	Dezembro	325	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,7	0,7468	0,4473	0,4254
138	2020	Primavera	Dezembro	325	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,6	0,7529	0,4511	0,4252
139	2020	Primavera	Dezembro	430	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,71	0,6225	0,4055	0,3602
140	2020	Primavera	Dezembro	430	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,81	0,8027	0,4284	0,4132
141	2020	Primavera	Dezembro	325	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,68	0,7419	0,4493	0,4269
142	2020	Primavera	Dezembro	538	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,68	0,7242	0,4525	0,4175
143	2020	Primavera	Dezembro	369	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,68	0,7546	0,458	0,4262
144	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,68	0,7099	0,435	0,4102
145	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,72	0,7314	0,4333	0,4121
146	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,71	0,7757	0,4545	0,4358
147	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,63	0,7339	0,4582	0,428
148	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,69	0,8199	0,4837	0,4584
149	2020	Primavera	Dezembro	202	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,69	0,8047	0,453	0,4366
150	2020	Primavera	Dezembro	289	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,46	0,6887	0,4085	0,3825

151	2020	Primavera	Dezembro	208	4	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,65	0,7868	0,4976	0,4555
152	2020	Primavera	Dezembro	353	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,69	0,7656	0,4825	0,4427
153	2020	Primavera	Dezembro	538	4	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,72	0,7802	0,4833	0,451
154	2020	Primavera	Dezembro	430	4	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,8	0,7763	0,4043	0,3993
155	2020	Primavera	Dezembro	208	4	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,51	0,7773	0,457	0,43
156	2020	Primavera	Dezembro	467	4	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,7	0,7785	0,5056	0,467
157	2020	Primavera	Dezembro	208	4	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,73	0,8159	0,4605	0,4341
158	2020	Primavera	Dezembro	208	4	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,73	0,8319	0,5045	0,466
159	2020	Primavera	Dezembro	467	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,61	0,7472	0,4361	0,4044
160	2020	Primavera	Dezembro	467	4	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,63	0,667	0,4352	0,3908
161	2021	Verão	Março	473	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,73	0,7862	0,5756	0,6136
162	2021	Verão	Março	490	1	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,57	0,7355	0,519	0,4744
163	2021	Verão	Março	473	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,56	0,802	0,5598	0,5066
164	2021	Verão	Março	490	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,63	0,8054	0,5527	0,5066
165	2021	Verão	Março	545	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,57	0,7719	0,5448	0,4986
166	2021	Verão	Março	807	1	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,55	0,8371	0,5517	0,507
167	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,55	0,7448	0,5252	0,4776
168	2021	Verão	Março	816	1	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,61	0,8351	0,5398	0,504
169	2021	Verão	Março	816	1	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,49	0,8338	0,5469	0,5075
170	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,54	0,8032	0,5376	0,4984
171	2021	Verão	Março	201	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,39	0,8108	0,5337	0,4946
172	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,63	0,8106	0,5506	0,5045

173	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,6	0,763	0,528	0,4841
174	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,47	0,7589	0,5141	0,4737
175	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,53	0,8319	0,546	0,5048
176	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,52	0,782	0,5308	0,4884
177	2021	Verão	Março	847	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,49	0,8067	0,5439	0,4998
178	2021	Verão	Março	847	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,49	0,8272	0,5496	0,5056
179	2021	Verão	Março	904	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,67	0,7685	0,5062	0,4659
180	2021	Verão	Março	904	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,69	0,8697	0,5376	0,5006
181	2021	Verão	Março	847	1	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,46	0,7801	0,5329	0,492
182	2021	Verão	Março	473	1	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,67	0,8392	0,5976	0,5327
183	2021	Verão	Março	490	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,65	0,8482	0,5581	0,5168
184	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,54	0,8138	0,5523	0,5095
185	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,62	0,8205	0,544	0,5051
186	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,58	0,832	0,5329	0,5165
187	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,47	0,8016	0,5499	0,5033
188	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,68	0,8808	0,5942	0,5468
189	2021	Verão	Março	629	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,57	0,8553	0,5528	0,5132
190	2021	Verão	Março	707	1	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,64	0,7858	0,5156	0,4785
191	2021	Verão	Março	807	1	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,51	0,8633	0,6032	0,5468
192	2021	Verão	Março	545	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,54	0,8356	0,5562	0,5335
193	2021	Verão	Março	473	1	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,74	0,8102	0,6022	0,5275
194	2021	Verão	Março	904	1	Complexo Hidrológico da Baía da Babilonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,63	0,8282	0,5353	0,4904

195	2021	Verão	Março	807	1	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,67	0,86	0,559	0,5191
196	2021	Verão	Março	797	1	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,66	0,8359	0,5902	0,5321
197	2021	Verão	Março	807	1	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,71	0,8611	0,5252	0,4872
198	2021	Verão	Março	807	1	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,7	0,8788	0,5755	0,5245
199	2021	Verão	Março	797	1	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,69	0,8615	0,5517	0,5132
200	2021	Verão	Março	797	1	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,46	0,8102	0,5559	0,5081
201	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,64	0,6676	0,4031	0,3839
202	2021	Outono	Junho	288	2	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,52	0,7161	0,4586	0,4299
203	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,59	0,7964	0,4785	0,4493
204	2021	Outono	Junho	288	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,45	0,7912	0,4868	0,457
205	2021	Outono	Junho	220	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,57	0,7513	0,4776	0,448
206	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,58	0,8074	0,5236	0,4762
207	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,43	0,694	0,4728	0,4209
208	2021	Outono	Junho	502	2	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,69	0,8127	0,517	0,4745
209	2021	Outono	Junho	502	2	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,66	0,8345	0,5284	0,4893
210	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,55	0,709	0,4179	0,3884
211	2021	Outono	Junho	84	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,54	0,8077	0,5146	0,4747
212	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,63	0,8202	0,4387	0,4299
213	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,51	0,779	0,4336	0,4271
214	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,53	0,7225	0,4755	0,4399
215	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,53	0,832	0,4334	0,4292
216	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,48	0,6979	0,5118	0,4235

217	2021	Outono	Junho	351	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,6	0,7765	0,47	0,4341
218	2021	Outono	Junho	351	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,55	0,7861	0,455	0,4342
219	2021	Outono	Junho	501	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,65	0,7509	0,4837	0,4397
220	2021	Outono	Junho	501	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,8	0,7486	0,4806	0,4172
221	2021	Outono	Junho	351	2	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,61	0,6635	0,3776	0,3629
222	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,62	0,7887	0,4638	0,4374
223	2021	Outono	Junho	288	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,47	0,7854	0,5149	0,4606
224	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,64	0,7765	0,409	0,4108
225	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,63	0,7619	0,4049	0,4022
226	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,58	0,8224	0,4468	0,4355
227	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,46	0,7256	0,41	0,3981
228	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,73	0,8972	0,4868	0,48
229	2021	Outono	Junho	285	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,6	0,5194	0,4573	0,4016
230	2021	Outono	Junho	336	2	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,62	0,7016	0,4783	0,4168
231	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,68	0,8729	0,5862	0,5398
232	2021	Outono	Junho	220	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,58	0,8134	0,4988	0,4637
233	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,56	0,7423	0,5024	0,4433
234	2021	Outono	Junho	501	2	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,75	0,8241	0,4727	0,4431
235	2021	Outono	Junho	416	2	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,72	0,8363	0,5321	0,4873
236	2021	Outono	Junho	539	2	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,63	0,8514	0,5494	0,5133
237	2021	Outono	Junho	416	2	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,74	0,7942	0,502	0,4457
238	2021	Outono	Junho	416	2	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,72	0,812	0,546	0,478

23 9	202 1	Outono	Junho	539	2	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,71	0,7671	0,513 9	0,448 4
24 0	202 1	Outono	Junho	539	2	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,47	0,8173	0,534 9	0,495
24 1	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,69	0,5626	0,304 2	0,303 1
24 2	202 1	Inverno	Setembr o	261	3	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,47	0,6532	0,386 3	0,377 1
24 3	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,55	0,7587	0,402 2	0,395 6
24 4	202 1	Inverno	Setembr o	261	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,52	0,7518	0,413 7	0,406 8
24 5	202 1	Inverno	Setembr o	274	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,54	0,7108	0,415 9	0,406 0
24 6	202 1	Inverno	Setembr o	194	3	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural- Conservado	6	0,56	0,8297	0,466 7	0,454 3
24 7	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,48	0,6864	0,371 0	0,364 5
24 8	202 1	Inverno	Setembr o	250	3	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,57	0,7962	0,421 8	0,415 6
24 9	202 1	Inverno	Setembr o	250	3	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,63	0,8167	0,442 9	0,433 2
25 0	202 1	Inverno	Setembr o	240	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,59	0,7444	0,388 9	0,381 9
25 1	202 1	Inverno	Setembr o	82	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,56	0,7979	0,430 6	0,419 6
25 2	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,55	0,8103	0,442 3	0,428 3
25 3	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,61	0,7659	0,437 8	0,422 8
25 4	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,6	0,7461	0,427 3	0,412 1
25 5	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,58	0,8173	0,434 8	0,425 6
25 6	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,59	0,7783	0,435 0	0,422 8
25 7	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,6	0,7892	0,445 9	0,429 3
25 8	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,52	0,8222	0,455 9	0,439 6
25 9	202 1	Inverno	Setembr o	319	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,6	0,7317	0,415 0	0,395 6
26 0	202 1	Inverno	Setembr o	319	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,74	0,8185	0,443 9	0,411 7

26 1	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,54	0,7553	0,440 0	0,423 2
26 2	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,67	0,7333	0,383 8	0,378 6
26 3	202 1	Inverno	Setembr o	261	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,58	0,8182	0,445 6	0,437 7
26 4	202 1	Inverno	Setembr o	240	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,64	0,7721	0,401 3	0,394 3
26 5	202 1	Inverno	Setembr o	240	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,61	0,7718	0,395 7	0,388 2
26 6	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,63	0,8240	0,454 8	0,441 1
26 7	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,56	0,7892	0,422 9	0,410 5
26 8	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,68	0,8895	0,498 9	0,481 6
26 9	202 1	Inverno	Setembr o	234	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,55	0,8490	0,442 1	0,432 9
27 0	202 1	Inverno	Setembr o	297	3	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,61	0,7587	0,409 9	0,401 0
27 1	202 1	Inverno	Setembr o	194	3	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,65	0,8538	0,511 3	0,491 8
27 2	202 1	Inverno	Setembr o	274	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,47	0,7955	0,433 0	0,425 9
27 3	202 1	Inverno	Setembr o	242	3	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,68	0,8081	0,419 8	0,417 3
27 4	202 1	Inverno	Setembr o	319	3	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,74	0,7200	0,408 1	0,373 3
27 5	202 1	Inverno	Setembr o	194	3	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,67	0,8474	0,458 8	0,450 6
27 6	202 1	Inverno	Setembr o	343	3	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,61	0,8115	0,495 0	0,478 5
27 7	202 1	Inverno	Setembr o	194	3	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,74	0,8714	0,465 6	0,453 1
27 8	202 1	Inverno	Setembr o	194	3	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,71	0,8823	0,497 3	0,480 5
27 9	202 1	Inverno	Setembr o	343	3	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,68	0,8326	0,425 8	0,423 8
28 0	202 1	Inverno	Setembr o	343	3	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,43	0,7828	0,464 0	0,444 1
28 1	202 1	Primaver a	Dezembr o	408	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Araranguá	Rural	1	0,68	0,7253	0,503 3	0,457 6
28 2	202 1	Primaver a	Dezembr o	291	4	Rio Urussanga e bacias contíguas	Içara	Rural	2	0,69	0,6855	0,483 8	0,441 5

283	2021	Primavera	Dezembro	408	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Forquilha	Urbano-Rural	3	0,72	0,7635	0,5327	0,4812
284	2021	Primavera	Dezembro	291	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Tubarão	Urbano-Rural	4	0,59	0,7575	0,5242	0,4785
285	2021	Primavera	Dezembro	298	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	São Ludgero	Urbano-Rural	5	0,62	0,725	0,5183	0,4721
286	2021	Primavera	Dezembro	482	4	Rio Cubatão e bacias contíguas	Palhoça	Urbano-Rural-Conservado	6	0,63	0,7836	0,4778	0,4456
287	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ituporanga	Urbano-Rural	7	0,66	0,708	0,5115	0,4691
288	2021	Primavera	Dezembro	350	4	Rio Tijucas e bacias contíguas	Major Gercino	Rural-Conservado	8	0,68	0,8012	0,5244	0,494
289	2021	Primavera	Dezembro	424	4	Rio Tijucas e bacias contíguas	São João Batista	Urbano-Rural	9	0,64	0,7794	0,516	0,477
290	2021	Primavera	Dezembro	424	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Urbano-Rural	10	0,68	0,6908	0,4951	0,4356
291	2021	Primavera	Dezembro	120	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Brusque	Urbano	11	0,58	0,7811	0,5261	0,4868
292	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	12	0,66	0,777	0,5474	0,4973
293	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	13	0,64	0,7442	0,5222	0,4838
294	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ilhota	Rural	14	0,61	0,7489	0,5007	0,4686
295	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Timbó	Urbano-Rural	15	0,72	0,7906	0,5292	0,489
296	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Urbano	16	0,58	0,7558	0,5221	0,4823
297	2021	Primavera	Dezembro	424	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Urbano-Rural	17	0,62	0,795	0,5412	0,505
298	2021	Primavera	Dezembro	424	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Jaraguá do sul	Urbano-Rural	18	0,59	0,7965	0,5267	0,4944
299	2021	Primavera	Dezembro	625	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Rural	19	0,61	0,779	0,5071	0,4745
300	2021	Primavera	Dezembro	625	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Joinville	Conservado	20	0,72	0,8605	0,5191	0,4928
301	2021	Primavera	Dezembro	424	4	Rio Itapocu e bacias contíguas	Guaramirim	Rural	21	0,63	0,813	0,5638	0,5253
302	2021	Primavera	Dezembro	408	4	Rio Araranguá e bacias contíguas	Meleiro	Urbano-Rural	22	0,71	0,7969	0,5484	0,496
303	2021	Primavera	Dezembro	291	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Gravatal	Rural	23	0,69	0,8032	0,527	0,4918
304	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Itaiópolis	Rural-Conservado	24	0,7	0,7356	0,5469	0,4914

305	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Taió	Rural	25	0,77	0,6973	0,5276	0,4528
306	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Indaial	Urbano-Rural	26	0,76	0,7982	0,5443	0,4996
307	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Ibirama	Urbano-Rural	27	0,65	0,7406	0,5486	0,488
308	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Blumenau	Conservado	28	0,68	0,8592	0,5832	0,5418
309	2021	Primavera	Dezembro	570	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Apiúna	Rural-Conservado	29	0,63	0,8175	0,5439	0,5041
310	2021	Primavera	Dezembro	447	4	Rio Itajaí e bacias contíguas	Alfredo Wagner	Urbano-rural	30	0,64	0,7671	0,5068	0,4763
311	2021	Primavera	Dezembro	482	4	Rio Biguaçu e bacias contíguas	Biguaçu	Rural-Conservado	31	0,7	0,7976	0,5099	0,4668
312	2021	Primavera	Dezembro	298	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Braço do Norte	Rural	32	0,71	0,7938	0,5365	0,4911
313	2021	Primavera	Dezembro	408	4	Rio Mampituba e bacias contíguas	São João do Sul	Urbano-Rural	33	0,77	0,8108	0,5441	0,4995
314	2021	Primavera	Dezembro	625	4	Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga	Joinville	Rural-Conservado	34	0,74	0,7458	0,4993	0,4369
315	2021	Primavera	Dezembro	482	4	Rio Cubatão e bacias contíguas	Santo Amaro da Imperatriz	Rural-Conservado	35	0,68	0,8292	0,5319	0,5
316	2021	Primavera	Dezembro	372	4	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Imaruí	Rural	36	0,67	0,7883	0,5382	0,4948
317	2021	Primavera	Dezembro	482	4	Rio da Madre e bacias contíguas	Paulo Lopes	Rural-Conservado	37	0,77	0,8214	0,4733	0,4422
318	2021	Primavera	Dezembro	482	4	Rio D'Una e Complexo Lagunar	Paulo Lopes	Rural-Conservado	38	0,73	0,839	0,5191	0,4778
319	2021	Primavera	Dezembro	372	4	Rio Tubarão e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Conservado	39	0,68	0,8198	0,5062	0,481
320	2021	Primavera	Dezembro	372	4	Rio Camboriú e bacias contíguas	Camboriú	Rural-Urbano	40	0,51	0,7843	0,5245	0,4839

