



PENSANDO O FUTURO: O RIO QUE QUEREMOS!



Proposta de Enquadramento e Programa de Efetivação
do Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do
Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO E RIO DA MADRE E BACIAS CONTÍGUAS

DECRETO DE CRIAÇÃO:

DECRETO ESTADUAL Nº 318 DE 22 DE OUTUBRO DE 2019

comitecubatao@gmail.com

<https://www.aguas.sc.gov.br/o-comite-rio-cubatao-sul/inicial-rio-cubatao-sul>

PRESIDÊNCIA

Presidente: MORGANA RICCIARDI DE CASTILHOS ELTZ

Vice-Presidente: RAPHAEL EWALDO DE SOUZA

SECRETARIA EXECUTIVA

Secretário Executivo: DENISE DUARTE MORO

ENTIDADE EXECUTIVA: INSTITUTO ÁGUA CONECTA



GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Jorginho dos Santos Mello
Governador

Marilisa Boehm
Vice-governadora

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DA ECONOMIA VERDE

Guilherme Dallacosta
Secretário

Vinícius Tavares Constante
Gerente de Saneamento e Gestão dos
Recursos Hídricos

Eliza Coelho
Luciano Henning
Tiago Zanatta
Equipe de Fortalecimento dos Comitês



FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA – FAPESC

Fábio Wagner Pinto
Presidente

Claudio Henschel de Matos
Coordenador de projetos – pesquisa



INSTITUTO ÁGUA CONECTA

Entidade Executiva

Equipe de projeto

Coordenação geral do projeto

Adilson Pinheiro

Eng. Civil, Dr. em Física e Química Ambiental

Coordenação técnica do projeto

Rubia Girardi

Química, Dra. em Eng. Ambiental

Equipe técnica responsável

Gustavo Antonio Piazza

Eng. Ambiental, Dr. em Eng. Ambiental

Camila Marcon de Carvalho Leite

Eng. Ambiental, Dra. em Eng. Hidráulica e Saneamento

Talita Montagna

Eng. Civil, Dra. em Eng. Ambiental

Débora Brasiliense Ferreira

Eng. Sanitarista e Ambiental

Camila Andréa Ramos

Bióloga, Dra. em Eng. Ambiental

Equipe de apoio

Alondra Beatriz Alvarez Perez

Eng. Sanitarista e Ambiental, Ma. em Eng. Ambiental

Cintia Hoffer da Rocha

Eng. Agrônoma, Dra. em Produção Vegetal



LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Comparação entre os percentuais de usos do solo nas bacias hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas.....	38
Tabela 2 - Percentual de área das UGs dentro dos municípios da bacia hidrográfica.....	40
Tabela 3 - Distribuição da população residente inserida na UPG - 8.2 - Cubatão	50
Tabela 4 - Valores per capita de carga doméstica da população para DBO _{5,20°C} , fósforo total (Pt), nitrato, nitrogênio amoniacal (NH ₄) e coliformes termotolerantes.....	51
Tabela 5 - Efetivo de rebanhos por espécie animal e por município da UPG 8.2 estimados para o ano de 2022	54
Tabela 6 - Resumo da carga de DBO _{5,20°C} de criação animal na UPG 8.2 – Cubatão.....	54
Tabela 7 - Vazões características por Unidade de Gestão da UPG 8.2 – Cubatão.....	59
Tabela 8 - Vazões de retirada, retorno e consumo de abastecimento urbano para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão	68
Tabela 9 - Vazões de retirada, retorno e consumo de abastecimento rural, calculadas para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão	68
Tabela 10 - Resumo das vazões de captação por setor usuário para a UPG 8.2 – Cubatão	69
Tabela 11 - Resumo das vazões de captação por setor usuário para a UPG 8.2 – Cubatão	70
Tabela 12 - Demanda hídrica subterrânea no local dos poços cadastrados.....	71
Tabela 13 - Caracterização da exploração subterrânea por município da UPG 8.2. – Cubatão considerando dados do CEURH e SIOUT (2023).....	73
Tabela 14 - Caracterização hidroquímica das águas superficiais dos pontos de monitoramento considerados na espacialização das informações de qualidade de água na UPG 8.2 – Cubatão.....	84
Tabela 15 - Concentração máxima permitida em água salobra por classe.....	97
Tabela 16 - Caracterização hidroquímica das águas superficiais dos pontos de monitoramento situados na zona considerada de água salobra da UPG 8.2 - Cubatão	100
Tabela 17 - Poços utilizados para atualização da caracterização das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão.	106
Tabela 18 - Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas de poços perfurados na UPG 8.2 - Cubatão	107
Tabela 19 - Poços com parâmetros em desacordo com VMP da Resolução CONAMA 396/2008 para os diferentes usos.	114
Tabela 20 - Área total dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão	144
Tabela 21 - Dinâmica populacional dos municípios da UPG 8.2 – Cubatão	145
Tabela 22 - População abastecida pelo sistema de água e extensão total da rede existente.....	147
Tabela 23 - Diagnóstico da infraestrutura hídrica de abastecimento público realizada pela ANA para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão.....	148
Tabela 24 - População abastecida pelo sistema de esgoto e extensão total da rede existente.....	149
Tabela 25 - Sistema de tratamento de esgoto sanitário dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão.....	149
Tabela 26 - Plano de investimentos das ações de curto prazo.....	152
Tabela 27 – População atual e projetada para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão.....	154
Tabela 28 – Criação animal atual e projetada para as espécies na UPG 8.2 – Cubatão	155
Tabela 29 – Quantidade de usuários cadastrados (CEURH, SIOUT-SC) por usos preponderantes de recursos hídricos subterrâneos para UPG 8.2 – Cubatão.	190
Tabela 30 – Valores de Referência de Qualidade para os grupos das zonas aquíferas do agrupamento Leste de SC.	221
Tabela 31 – Análise estatística descritiva dos dados selecionados e valor de referência de qualidade (VRQ) na zona aquífera af2.	223
Tabela 32 – Análise estatística descritiva dos dados selecionado e valor de referência de qualidade (VRQ) para zonas aquíferas sedimentares dos tipos as1, as3_1, as3_2 e as5.	223
Tabela 33 – Análise estatística descritiva do banco de dados selecionado e valor de referência de qualidade (VRQ) para o agrupamento de zonas aquíferas sedimentares dos tipos as2, as4 e as6.	224

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classe mínima exigida para o uso da água doce	20
Quadro 2 - Classe mínima exigida para o uso da água salobra	21
Quadro 3 - Parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005	21
Quadro 4 - Classe de água subterrâneas	24
Quadro 5 - Pontos de monitoramento de qualidade de água do PRHCM (2018b) que apresentaram parâmetros fora do limite de qualidade em relação à Resolução CONAMA 357/2005.....	80
Quadro 6 - Pontos de monitoramento considerados na especialização das informações de qualidade de água na UPG 8.2 - Cubatão	81
Quadro 7 - Unidades de Conservação na UPG 8.2 - Cubatão.....	128
Quadro 8 - Lei de criação dos planos diretores municipais	141
Quadro 9 - Caracterização do órgão gestor de meio ambiente dos municípios UPG 8.2 - Cubatão ..	141
Quadro 10 - Agências reguladoras dos serviços de saneamento básico na UPG 8.2 - Cubatão e Madre	142
Quadro 11 - Dados gerais dos PMSB dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão	143
Quadro 12 - Resumo da situação do Projeto Orla nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão	144
Quadro 13 - Prestadores de serviço de água e esgoto nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão.....	147
Quadro 14 - Caracterização do órgão gestor dos resíduos sólidos urbanos	150
Quadro 15 - Características do sistema de drenagem urbana.....	151
Quadro 16 - Dados de entrada de Disponibilidade Hídrica no SADPLAN - UPG 8.2 - Cubatão.....	156
Quadro 17 - Dados de entrada da Demanda Hídrica no SADPLAN para a UPG 8.2 - Cubatão	157
Quadro 18 - Dados de entrada de Projeções Estatísticas no SADPLAN para a UPG 8.2 - Cubatão..	160
Quadro 19 - Dados de entrada do Balanço Hídrico no SADPLAN para a UPG 8.2 - Cubatão.....	163
Quadro 20 - Usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento	186
Quadro 21 - Usos identificados por UG nas oficinas participativas de enquadramento	187
Quadro 22 - Reclassificação dos usos de recursos hídricos subterrâneos segundo a Resolução CONAMA 396/2008 considerando dados das UPGs 7.1 - Itajaí, 7.2 - Camboriú, 8.1 - Tijucas e 8.2 - Cubatão	189
Quadro 23 - Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas fraturadas, do tipo af2.....	225
Quadro 24 - Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas sedimentares, dos tipos as1; as3_1; as3_2 e as5.	225
Quadro 25 - Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas sedimentares, dos tipos as2; as4 e as6.....	226
Quadro 26 - Situação atual das zonas aquíferas (af2; as1, as3_1, as3_2, as5; as2, as4, as6 e na_1) em relação às classes de enquadramento na UPG 8.2 - Cubatão.....	227
Quadro 27 - Enquadramento das águas subterrâneas das zonas aquíferas (af2; as1, as3_1, as3_2, as5; as2, as4, as6 e na_1) e usos preponderantes e pretensos na UPG 8.2 - Cubatão.....	231
Quadro 28 - Simbologia adotada para mensurar os custos estimados das ações.....	233
Quadro 29 - Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 1 - Saneamento Básico.....	234
Quadro 30 - Programa 1- Saneamento Básico por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1)	235
Quadro 31 - Programa 1- Saneamento Básico por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2)	236
Quadro 32 - Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 - Gestão de Recursos Hídricos (parte 1).....	237
Quadro 33 - Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 - Gestão de Recursos Hídricos (parte 2).....	238
Quadro 34 - Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente	

ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 3).....	239
Quadro 35 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 4).....	240
Quadro 36 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1).....	241
Quadro 37 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2).....	242
Quadro 38 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 3).....	243
Quadro 39 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 1)	244
Quadro 40 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 2)	245
Quadro 41 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 3)	246
Quadro 42 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 4)	247
Quadro 43 – Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1).....	248
Quadro 44 – Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2).....	249

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo para implementação do enquadramento de corpos d'água.....	23
Figura 2 - Exemplo de acréscimo de divisões em sub-bacias à medida que o nível da codificação Otto Pfafstetter aumenta.....	29
Figura 3 - Fluxograma da metodologia aplicada para estabelecimento do VRQ para os aquíferos localizados no agrupamento Leste de Santa Catarina	31
Figura 4 - Localização da UPG 8.2 - Cubatão.....	35
Figura 5 - Unidades de Gestão da UPG 8.2 - Cubatão.....	36
Figura 6 - Uso e ocupação do solo identificados no PRHCM.....	37
Figura 7 - Principais corpos hídricos por UG na UPG 8.2 - Cubatão	39
Figura 8 - Mapa geomorfológico da UPG 8.2 - Cubatão no PRHCM.....	41
Figura 9 - Mapa Geológico dos domínios presentes na UPG 8.2 - Cubatão no PRHCM	42
Figura 10 - Distribuição espacial das unidades hidroestratigráficas na UPG 8.2 - Cubatão	44
Figura 11 - Mapa de superfície potenciométrica dos aquíferos porosos da UPG 8.2 - Cubatão.....	47
Figura 12 - Mapa de localização dos cadastros de usuários na UPG 8.2 - Cubatão.....	49
Figura 13 - Cadastros de usuários industriais na UPG 8.2 - Cubatão.....	52
Figura 14 - Cadastros de usuários de criação animal na UPG 8.2 - Cubatão	56
Figura 15 - Cadastros de usuários de irrigação e áreas de arroz irrigado na UPG 8.2 - Cubatão.....	58
Figura 16 - Qmlt nas UGs da UPG 8.2 - Cubatão.....	60
Figura 17 - Vazão com 98% do tempo nas UGs da UPG 8.2 - Cubatão.	60
Figura 18 - Distribuição espacial das zonas aquíferas na UPG 8.2 - Cubatão	62
Figura 19 - Demanda hídrica subterrânea com base nas vazões médias dos poços cadastrados.....	74
Figura 20 - Densidade de Demanda Hídrica Subterrânea na UPG 8.2 - Cubatão.....	76
Figura 21 - Panorama dos usos múltiplos da água subterrânea por número de cadastros*.....	77
Figura 22 - Panorama dos usos múltiplos da água subterrânea considerando a porcentagem da demanda acumulada total mensal*	78
Figura 23 - Pontos de monitoramento de qualidade da água superficial.....	79
Figura 24 - Síntese dos dados de qualidade de água na UPG 8.2 - Cubatão	82
Figura 25 - Diagnóstico em relação ao oxigênio dissolvido (OD) na UPG 8.2 - Cubatão	86
Figura 26 - Diagnóstico em relação à DBO _{5,20°C} na UPG 8.2 - Cubatão	87
Figura 27 - Diagnóstico em relação ao nitrato (NO ₃ ⁻) na UPG 8.2 - Cubatão.....	88
Figura 28 - Diagnóstico em relação ao fósforo total (Pt) na UPG 8.2 - Cubatão	89
Figura 29 - Diagnóstico em relação aos coliformes termotolerantes na UPG 8.2 - Cubatão	90
Figura 30 - Interpolação (IDW) das concentrações de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 - Cubatão.....	92
Figura 31 - Interpolação (IDW) das concentrações de DBO nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 - Cubatão	93
Figura 32 - Interpolação (IDW) das concentrações de nitrato (NO ₃ ⁻) nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 - Cubatão	94
Figura 33 - Interpolação (IDW) das concentrações de fósforo total (Pt) nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 - Cubatão	95
Figura 34 - Interpolação (IDW) das concentrações de coliformes termotolerante na UPG 8.2 - Cubatão	96
Figura 35 - Cursos de água até a faixa de 1m no Modelo Digital de Terreno (MDT) e pontos de monitoramento com registro de salinidade, UPG 8.2 - Cubatão.....	98
Figura 36 - Pontos de monitoramento na faixa - rios com potencial de água salobra, UPG 8.2 - Cubatão	99
Figura 37 - Síntese situação atual dos parâmetros de qualidade de água UPG 8.2 - Cubatão.....	101
Figura 38 - Mapa das Zonas Aquíferas das BH do Rio Cubatão e Madre e Bacias contíguas e localização dos poços cadastrados no SIAGAS, CNARH e SIOUT	103
Figura 39 - Zonas aquíferas e distribuição dos poços utilizados para diagnosticar a qualidade da água	

subterrânea na UPG 8.2 – Cubatão	105
Figura 40 – Distribuição da composição iônica das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão.....	109
Figura 41 – Classificação das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão – Diagrama de Piper.....	110
Figura 42 - Localização e classes dos poços utilizados para classificação segundo Diagrama de Piper das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão	111
Figura 43 – Distribuição da concentração de fluoreto nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão	116
Figura 44 – Distribuição da concentração de ferro nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão	117
Figura 45 – Distribuição da concentração de manganês nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão	118
Figura 46 – Distribuição da concentração de cloreto nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão.....	120
Figura 47 - Mapa de setorização de riscos geológicos.....	121
Figura 48 - Eventos reportados nos municípios na UPG 8.2 – Cubatão de acordo com o PRHCM.....	122
Figura 49 - Mapa de ocorrência de desastres na UPG 8.2 – Cubatão.	122
Figura 50 - Mapa de vulnerabilidade da água subterrânea na UPG 8.2 – Cubatão.....	124
Figura 51 - Mapa de possibilidade da existência de carga poluente	126
Figura 52 - Mapa das Unidades de Conservação na UPG 8.2 - Cubatão.....	129
Figura 53 - Localização das terras indígenas na UPG 8.2 – Cubatão	130
Figura 54 - Produto Interno Bruto nos municípios da UPG 8.2 – Cubatão (2023).....	146
Figura 55 – Disponibilidade hídrica na Q ₉₈ para o cenário atual (2023) da UPG 8.2 – Cubatão pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023	165
Figura 56 – Demanda hídrica para o cenário atual (2023) na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	167
Figura 57 – Lançamentos totais por trecho hídrico na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	169
Figura 58 – Índices de Atendimento de Captação Total – IACT por trecho hídrico na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN – cenário atual (2023) e tendencial (2028, 2033 e 2038) para os meses de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre)	171
Figura 59 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO _{5,20} , fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	173
Figura 60 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO _{5,20} fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.	174
Figura 61 – Cenário atual (2023) e otimista para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO _{5,20} fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.	175
Figura 62 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	176
Figura 63 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.	177
Figura 64 – Cenário atual (2023) e otimista para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.	178
Figura 65 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.	179
Figura 66 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	180
Figura 67 – Cenário atual (2023) e otimista para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.....	181
Figura 68 – Integração das classes dos parâmetros por trecho de rio no cenário crítico na UPG 8.2 – Cubatão	184
Figura 69 – Espacialização dos usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento.....	186
Figura 70 – Distribuição dos usos preponderantes na UPG 8.2 – Cubatão e aquíferos.	191
Figura 71 – Distribuição dos poços que apresentam restrição de uso da água subterrânea (com base no VMP da Resolução CONAMA 396/2008) na UPG 8.2 – Cubatão.....	194

Figura 72 – Grupos por UGs nas Oficinas de Enquadramento para validação da proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão.....	197
Figura 73 – Produtos gerados pela Assembleia Pública do Enquadramento em Palhoça para validação da proposta de enquadramento das UGs: Maruim, Cubatão e Massiambu.....	199
Figura 74 – Produtos gerados pela Assembleia Pública do Enquadramento em Palhoça para validação da proposta de enquadramento das UGs: Madre, Cachoeiras e Siriú.....	200
Figura 75 – Proposta de enquadramento disponível no PRHCM (2018d) para a UPG 8.2 - Cubatão.....	203
Figura 76 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o curto prazo (2028).	205
Figura 77 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o médio prazo (2033).	206
Figura 78 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o longo prazo (2038).	207
Figura 79 – Proposta de enquadramento da UG Maruim para o horizonte de longo prazo (2038).....	209
Figura 80 – Proposta de enquadramento da UG Foz do Cubatão, Cubatão e Vargem do Braço para o horizonte de longo prazo (2038).	210
Figura 81 – Proposta de enquadramento da UG Massiambu para o horizonte de longo prazo (2038).	211
Figura 82 – Proposta de enquadramento da UG Madre e Cachoeiras para o horizonte de longo prazo (2038).	212
Figura 83 – Proposta de enquadramento da UG Siriú para o horizonte de longo prazo (2038).....	213
Figura 84 – Delimitação da área de estudo (agrupamento Leste + Ilha de Santa Catarina), utilizada para o Enquadramento de águas subterrâneas.....	216
Figura 85 – Agrupamento das zonas aquíferas para o cálculo do VRQ.....	217
Figura 86 – Delimitação dos agrupamentos das zonas aquíferas e poços utilizados no enquadramento de águas subterrâneas. (a) Grupo 1: aquíferos fraturados de menor potencialidade; (b) Grupo 2: aquíferos sedimentares de maior potencialidade (as1; as3_1; as3_2 e as5); (c) Grupo 3: aquíferos sedimentares de menor potencialidade (as2, as4 e as6); (d) Grupo 4: aquíferos locais e limitados (app); (e) Grupo 5: áreas praticamente sem aquíferos (na_1 e na_2).	218
Figura 87 – Enquadramento das águas subterrâneas presentes nos aquíferos considerados da UPG 8.2 – Cubatão.	228

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGESAN	Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina
AGESC	Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ARESC	Agência de Regulação dos Serviços Públicos de Santa Catarina
ARIS	Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CEURH	Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos
cfim	Concentração final do poluente ao final do trecho hídrico
CNARH	Cadastro Nacional de Usuário de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODESUL	Comissão Permanente de Defesa Civil do Conselho de Desenvolvimento e Integração Sul
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONASA	Companhia Águas de Itapema
COT	Carbono orgânico total
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EBI	Erro de balanço iônico
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FAPESC	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina
FIESC	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina
LQP	Limite de quantificação praticáveis
MDT	Modelo Digital de Terreno
NH ₃	Amônia
NH ₄	Nitrogênio amoniacal
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
OD	Oxigênio Dissolvido
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
POSH	<i>Pollutant Origin; Surcharge Hydraulically</i>
PRHCM	Plano de Recursos Hídricos do Rio Cubatão e Madre
QUALIÁGUA	Programa De Estímulo À Divulgação De Dados De Qualidade de Água
RH	Recursos Hídricos
SEMAE	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Economia Verde
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SGPE	Sistema de Gestão de Processos Eletrônicos de Santa Catarina
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIEPDEC	Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil
SIG	Sistemas de Informações Georreferenciadas
SIOUT	Sistema de outorga de Santa Catarina
SNIS	Sistema Nacional de Informação de Saneamento Básico
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
UFSC	Universidade Federal do Estado de Santa Catarina
UPG	Unidade de Planejamento e Gestão
UTM	Universal Transversa Mercator
VMP	Valores máximos permitidos
VRQ	Valores de referência de qualidade

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1.	ORIGEM DOS DADOS	25
2.2.	MÉTODOS APLICADOS	26
2.2.1.	Mapas temáticos.....	26
2.2.2.	Taxa de crescimento e projeção populacional	27
2.2.3.	Mapa de interconexão hidráulica	27
2.2.4.	Caracterização química das águas superficiais	27
2.2.5.	Caracterização química das águas subterrâneas.....	28
2.2.6.	Modelagem matemática para disponibilidade e qualidade de água	28
2.2.7.	Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para águas subterrâneas	30
2.2.7.1.	Seleção de dados georreferenciados (Etapa I)	31
2.2.7.2.	Consistência dos dados e exclusão de influências antrópicas (Etapa II)	32
2.2.7.3.	Seleção de parâmetros de origem natural (Etapa III).....	33
2.2.7.4.	Delimitação/Agrupamento de conjunto de aquíferos (Etapa IV).....	33
3.	DIAGNÓSTICO	34
3.1.	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA UPG 8.2 - CUBATÃO.....	34
3.1.1.	Uso e ocupação da terra	37
3.1.2.	Recursos hídricos superficiais.....	38
3.1.3.	Recursos hídricos subterrâneos	40
3.1.3.1.	Geomorfologia	40
3.1.3.2.	Geologia e Hidrogeologia.....	41
3.1.4.	Interconexão Hidráulica.....	46
3.2.	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS	48
3.3.	IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS	50
3.3.1.	Efluentes domiciliares.....	50
3.3.2.	Efluentes industriais.....	51
3.3.3.	Efluentes de atividades agropecuárias	53
3.4.	DISPONIBILIDADE, DEMANDA E CONDIÇÕES DAS ÁGUAS.....	59
3.4.1.	Disponibilidade Hídrica Superficial.....	59
3.4.2.	Disponibilidade Hídrica Subterrânea	61
3.4.2.1.	Aquíferos sedimentares - as1 (litorâneos).....	63
3.4.2.2.	Aquíferos sedimentares - as2 (continentais).....	63
3.4.2.3.	Aquíferos fraturados - af2.....	64
3.4.2.4.	Áreas praticamente sem aquíferos - na_1	66
3.4.3.	Demandas de retirada superficial	67

3.4.3.1. Superficial – PRHCM (2018)	67
3.4.3.2. Superficial – atualizado (2023).....	69
3.4.4. Demanda de retirada subterrânea.....	70
3.4.4.1. Subterrânea – PRHCM (2018).....	70
3.4.4.2. Subterrânea – Dados atualizados	73
3.4.5. Qualidade da água superficial	79
3.4.5.1. Água Doce – dados do PRHCM (2018)	79
3.4.5.2. Dados atualizados (2023).....	80
3.4.6. Espacialização da situação atual das classes.....	85
3.4.7. Água Salobra.....	97
3.4.8. Espacialização da pior situação atual das classes	100
3.5. POTENCIALIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	102
3.5.1. Potencialidade das Águas Subterrâneas	102
3.5.2. Qualidade das Águas Subterrâneas – Dados atualizados	104
3.5.3. Diagnóstico da qualidade da água subterrânea (2023).....	113
3.6. ÁREAS VULNERÁVEIS E SUSCEPTÍVEIS A RISCOS.....	121
3.6.1. Setorização de riscos geológicos.....	121
3.6.2. Vulnerabilidade das águas subterrâneas	123
3.6.3. Risco de contaminação das águas subterrâneas	124
3.7. ÁREAS REGULADAS POR LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA	128
3.8. ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL	130
3.8.1. Arcabouço Legal.....	130
3.8.1.1. Política Nacional de Recursos Hídricos.....	130
3.8.1.2. Resolução CNRH n° 91/2008.....	130
3.8.1.3. Resolução CONAMA n° 357/2005	131
3.8.1.4. Resolução CONAMA n° 396/2008	131
3.8.2. Arcabouço Institucional	132
3.8.2.1. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI).....	132
3.8.2.2. Departamento Estadual de Defesa Civil	133
3.8.2.3. Secretaria Executiva do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE)	133
3.8.2.4. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA).....	135
3.8.2.5. Polícia Militar Ambiental	136
3.8.2.6. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)	137
3.8.2.7. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (Comitê Cubatão Madre).....	138
3.8.2.8. Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC)	138
3.8.2.9. Instituições que atuam em nível microrregional.....	139

3.8.2.10. Instituições Federais	140
3.9. POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS	140
3.9.1. Planos municipais de saneamento básico.....	142
3.9.2. Planos de gerenciamento costeiro (Projeto Orla).....	143
3.10. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA	144
3.10.1. Abrangência municipal e estrutura administrativa	144
3.10.2. Demografia e dinâmica populacional.....	145
3.10.3. Atividades econômicas.....	145
3.10.4. Caracterização da infraestrutura	146
3.10.4.1. Abastecimento de água	146
3.10.4.2. Esgotamento sanitário.....	148
3.10.4.3. Resíduos sólidos	150
3.10.4.4. Drenagem urbana.....	150
3.11. CAPACIDADE DE INVESTIMENTO EM RECURSOS HÍDRICOS	151
4. PROGNÓSTICO.....	153
4.1. HORIZONTES DE PLANEJAMENTO.....	153
4.2. POTENCIALIDADE, DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE ÁGUA	153
4.2.1. Projeção da população da UPG 8.2 – Cubatão	153
4.2.2. Projeção da criação animal da UPG 8.2 – Cubatão	154
4.2.3. Dados de entrada da simulação dos recursos hídricos superficiais na UPG 8.2	155
4.2.4. Parâmetros de projeções estatísticas para a UPG 8.2 – Cubatão	160
4.2.5. Parâmetros de balanço hídrico para a UPG 8.2 – Cubatão	162
4.2.6. Disponibilidade hídrica da UPG 8.2 – Cubatão	164
4.2.7. Demanda hídrica da UPG 8.2 – Cubatão	166
4.3. CARGAS POLUIDORAS	168
4.4. CONDIÇÕES QUALIQUANTITATIVAS	170
4.4.1. Balanço Hídrico	170
4.4.2. Balanço Quali quantitativo	172
4.4.3. Água Salobra.....	183
4.4.4. Integração das classes por trecho no cenário crítico	183
4.5. USOS PRETENSOS DE RECURSOS HÍDRICOS	185
4.5.1. Superficiais – água doce	185
4.6. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	188
4.6.1. Enquadramento das águas subterrâneas	188
4.6.2. Usos pretensos das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão	188
5. ASSEMBLEIA PÚBLICA	196
6. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO	201

6.1. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DO PRHCM (2018).....	201
6.1.1. Definição da proposta de enquadramento dos cursos d'água	201
6.1.2. Proposta de enquadramento dos cursos d'água.....	202
6.2. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO UPG 8.2 – CUBATÃO – ÁGUA DOCE.....	204
6.3. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO (2038) POR UG	208
6.4. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – ÁGUA SALOBRA	214
6.5. ÁGUA SUBTERRÂNEA	215
6.5.1. Valores de Referência de Qualidade (VRQ).....	215
6.5.2. Proposta de Enquadramento de Águas Subterrâneas	222
6.5.2.1. Valor Referência de Qualidade das águas subterrâneas do agrupamento Leste	222
6.5.2.2. Classes atuais de enquadramento das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão	226
6.5.2.3. Enquadramento das águas subterrâneas por usos pretensos	231
7. PROGRAMA PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO	232
8. CONCLUSÕES	250
9. REFERÊNCIAS.....	251

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

APRESENTAÇÃO

Este projeto visa subsidiar o Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (Comitê Cubatão e Madre) a implementar o enquadramento dos corpos da água, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, em sua área de atuação (UPG 8.2 - Cubatão).

O enquadramento de corpos d'água é o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (ANA, 2014). Mais do que uma classificação, o enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d'água. O enquadramento busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (Lei Federal nº 9.433/1997). A classe do enquadramento de um corpo d'água deve ser definida em um pacto acordado pela sociedade, levando em conta as prioridades de uso da água (ANA, 2014).

O Comitê Cubatão e Madre foi criado em 2001 pelo Decreto Estadual nº 2917 e posteriormente atualizado para Comitê Cubatão e Madre. Inicialmente compreendia apenas a área da bacia hidrográfica do Rio Cubatão e seus tributários, no entanto, a partir do Decreto Estadual nº 318 de 22 de outubro de 2019 foi transformado no Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (Comitê Cubatão e Madre). O Comitê Cubatão e Madre é composto por representantes dos usuários da água, da população da bacia e dos diversos órgãos da administração federal e estadual atuantes nas bacias hidrográficas e que estejam relacionados direta ou indiretamente aos recursos hídricos.

O Instituto Água Conecta é uma organização privada sem fins lucrativos, com autonomia administrativa e financeira. A missão do Instituto é apoiar o desenvolvimento sustentável de instituições públicas e privadas, mediante ações e serviços relacionados à governança da água e ao meio ambiente que promovam a qualidade de vida e a inovação. O Instituto Água Conecta visa ser reconhecido como referência em ações voltadas à governança da água e ao meio ambiente, por meio de uma relação profissional e confiável com as organizações e a sociedade. Para tal, suas ações são pautadas em valores como: ética, comprometimento, cooperação, diálogo, eficiência, equilíbrio, espírito de equipe, imparcialidade, independência, isonomia, responsabilidade social e ambiental, transparência e

tecnicidade.

Este é um dos produtos obtidos no âmbito do projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC); a partir do edital de chamada pública FAPESC nº 32/2022, Termo de Outorga Nº: 2022TR002182, Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas do agrupamento leste de Santa Catarina, que conta com o apoio do órgão gestor estadual de recursos hídricos, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE).

Até o momento, no Estado de Santa Catarina, a única bacia hidrográfica com enquadramento dos corpos hídricos superficiais aprovado é a Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí (UPG 7.1). Enquanto não for aprovado o enquadramento para os corpos de água superficiais nas demais bacias hidrográficas, a Resolução CERH nº 001/2008 (CNRH, 2008) adota a classificação da Resolução CONAMA nº 357/2005, Art. 42: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (CONAMA, 2005)”.

O Plano de Recursos Hídricos do Comitê Cubatão e Madre, apresenta a necessidade de implementação da proposta de enquadramento no subprograma 5.3.1: Elaborar e implementar o Programa de efetivação do enquadramento dos corpos hídricos em classes. A implementação da proposta de enquadramento é considerada de prioridade alta no Plano de Recursos Hídricos. No entanto, a proposta de enquadramento elaborada na época do Plano de Recursos Hídricos contemplou apenas a água doce, não contemplando a água salobra. Além do mais, a proposta de enquadramento apresentada no Plano de Recursos Hídricos não atende a todos os requisitos solicitados pela Resolução do CNRH nº 91/2008.

Diante do exposto, o objetivo deste projeto é realizar o diagnóstico e prognóstico dos recursos hídricos da UPG 8.2 – Cubatão para ser apresentado e discutido junto ao Comitê Cubatão e Madre e fornecer subsídios para o Programa de Efetivação do Enquadramento.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de gestão dos recursos hídricos depende dos instrumentos estabelecidos na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997) para que possa ser desenvolvido e aplicado, atendendo as expectativas e desejos da comunidade, seja para o uso do recurso, para atendimento de objetivos de preservação ambiental ou para garantia de sustentabilidade no médio e longo prazo. É fundamental tornar operacionais os instrumentos de gestão a partir de um conjunto flexível e competente de ações (Porto; Porto, 2008).

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é o enquadramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o enquadramento dos corpos de água representa o estabelecimento de uma meta de qualidade da água a ser alcançada ou mantida, em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos pretendidos (ANA, 2015, p. 7). A PNRH estabelece que este instrumento visa assegurar qualidade compatível à água com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (Brasil, 1997).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e suas alterações classificam os corpos de água em: doce, salina e salobra, de acordo com escalas de salinidade. A água doce é classificada em 5 classes (especial, 1, 2, 3 e 4), em ordem decrescente de qualidade, variando entre especial, a classe com melhor qualidade, até a classe 4, com qualidade mais degradada. As águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) são classificadas como especial, 1, 2 e 3, também em ordem decrescente de qualidade. As águas salinas (salinidade igual ou superior a 30‰) são divididas em quatro classes, como nas águas salobras (CONAMA, 2005).

A classificação das águas é realizada em função dos seus usos preponderantes. Para cada classe são estabelecidos padrões ambientais, baseados em concentrações máximas admissíveis das variáveis físicas, químicas ou biológicas, indicadoras da qualidade da água, conhecidos como parâmetros de qualidade das águas (Pinheiro; Cruz, 2019). O Quadro 1 apresenta a relação dos usos preponderantes e a qualidade mínima exigida para usos da água doce superficial (CONAMA, 2005).

Quadro 1 - Classe mínima exigida para o uso da água doce

Classes do Enquadramento - Água Doce	
Classe especial	
i) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; ii) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, iii) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.	
Classe 1	Classe 2
i) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; ii) à proteção das comunidades aquáticas; iii) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; iv) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e v) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.	i) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; ii) à proteção das comunidades aquáticas; iii) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; iv) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e v) à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	Classe 4
i) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; ii) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; iii) à pesca amadora; iv) à recreação de contato secundário; e v) dessedentação de animais.	i) à navegação; e ii) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

O Quadro 2 apresenta os usos da água salobra, conforme a classe preponderante (CONAMA, 2005).

Quadro 2 - Classe mínima exigida para o uso da água salobra

Classes do Enquadramento - Água Salobra	
Classe especial	Classe 1
i) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e, ii) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.	i) à recreação de contato primário; ii) à proteção das comunidades aquáticas; iii) à aquicultura e à atividade de pesca; iv) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; v) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	Classe 3
i) à pesca amadora; e ii) à recreação de contato secundário.	i) à navegação; e ii) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

O Quadro 3 apresenta os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e os classifica em físico-químicos, inorgânicos, orgânicos e biológicos.

Quadro 3 - Parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005

Classificação	Parâmetros
Parâmetros físico-químicos	Materiais flutuantes, óleos e graxas, gosto, odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis, DBO 5 dias a 20°C, OD, turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais.
Parâmetros Inorgânicos	Alumínio dissolvido, Arsênio total, Bário total, Berílio total, Boro total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cloro residual total (combinado + livre), Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fluoreto total, Fósforo Total, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal total, Polifosfatos, Prata total, Selênio total, Sulfetos (H ₂ S não dissociado), Tálcio total, Urânio Total, Zinco total.
Parâmetros Orgânicos	Aldrin + Dieldrin, Benzeno, Carbaril, Clordano (cis + trans), 2,4-D, DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), Demeton (Demeton-O + Demeton-S), Dodecacrilo pentaciclodecano, Endossulfan, Endrin, Etilbenzeno, Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-minoantipirina), Gution, Heptacloro epóxido + Heptacloro, Lindano, Malation, Metoxicloro, Monoclorobenzeno, Pentaclorofenol, PCBs - Bifenilas Policloradas, Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno, 2,4,5-T, Tolueno, Toxafeno, 2,4,5-TP, Tributilestanho, Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB), Tricloroeteno.
Parâmetros Biológicos	Clorofila <i>a</i> , Coliformes Termotolerantes, Densidade de cianobactérias, e Escherichia coli.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.



A Resolução CNRH nº 91/2008 dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.



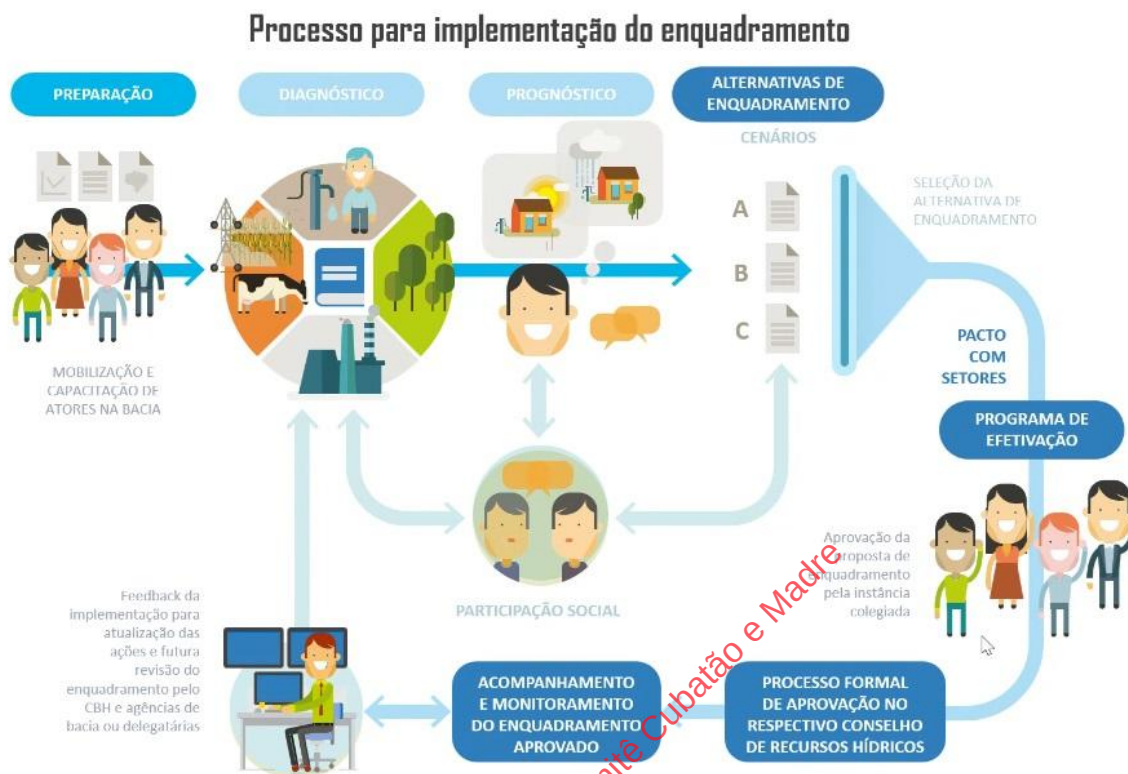
O Art. 3º da Resolução CNRH nº 91/2008 estabelece que a proposta de enquadramento deve conter quatro etapas: diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento, e programa para efetivação.

A **etapa do diagnóstico** deve conter a caracterização geral da bacia hidrográfica, uso e ocupação da terra, caracterização dos corpos hídricos, identificação e localização dos usos de água, identificação e quantificação das cargas poluidoras, mapeamento de áreas vulneráveis e suscetíveis a poluição, arcabouço legal, caracterização socioeconômica da bacia hidrográfica, entre outros. Para a **etapa do prognóstico** os estudos devem simular a potencialidade, disponibilidade e demanda da água, as cargas poluidoras das diversas fontes, condições de qualidade e quantidade do recurso hídrico, e os usos pretendidos da água. As **propostas de metas** do enquadramento deverão ser elaboradas visando o alcance ou manutenção das classes de qualidade de água pretendidas em conformidade com os cenários de curto, médio e longo prazos. Por fim o **programa para efetivação** do enquadramento deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso (CNRH, 2008).

Para melhor entendimento e visualização foi apresentado um fluxograma das etapas previstas para a proposta de enquadramento, conforme Art. 3º da Resolução 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece quatro etapas para estabelecimento da proposta de enquadramento: diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento, e programa para efetivação (Figura 1).

Em relação às águas subterrâneas, o processo de enquadramento se torna ainda mais desafiador, uma vez que são poucos os estudos e discussões sobre o tema, sendo o fator preponderante para esse quadro a falta de conhecimento dos processos hidrogeológicos (Conicelli; Hirata, 2016). Os autores ressaltam que raramente o tema água subterrânea está na agenda política do manejo de recursos hídricos e falta integração das águas subterrâneas nas políticas públicas, o que acarreta a insustentabilidade do recurso.

Figura 1 - Fluxograma do processo para implementação do enquadramento de corpos d'água



Fonte: ANA (2023).

A Resolução CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e define o enquadramento como o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”. As águas subterrâneas também podem ser enquadradas em 6 diferentes classes de qualidade, segundo a Resolução CONAMA nº 396/2008 (Quadro 4). A classe 5 não tem padrão de qualidade, ela agrupa águas que sofreram alteração em sua qualidade por atividades antrópicas e são destinadas a atividades sem requisitos de qualidade para uso. A classe especial também não tem padrão, engloba águas subterrâneas destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam para trechos de água superficial, enquadrados como classe especial (Ramos, 2021).

Quadro 4 – Classe de água subterrâneas

Classe	Requisitos
Classe especial	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial
Classe 1	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
Classe 2	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
Classe 3	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
Classe 4	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo
Classe 5	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso

Fonte: Ramos (2021) e Resolução CONAMA nº 396/2008.

As classes de 1 a 4 são definidas conforme o impacto antrópico na qualidade natural, estabelecido pelo respectivo padrão de qualidade da água (Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2008; Mestrinho, 2012 *apud* Ramos, 2021). Os padrões das Classes das águas subterrâneas de 1 a 4 devem ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade (VRQ) das substâncias de ocorrência natural (inorgânicos-metals), e nos Valores Máximos Permitidos - VMPs das substâncias antrópicas (inorgânicas-metals e orgânicas) para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) (Ramos, 2021). Todos estes parâmetros estão definidos na Resolução CONAMA nº 396/2008.

Este projeto atualiza as informações de qualidade de água doce e salobra para subsidiar a proposta de enquadramento dos corpos hídricos superficiais da UPG 8.2 – Cubatão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ORIGEM DOS DADOS

Este trabalho utilizou majoritariamente dados provenientes do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (PRHCM), doravante chamado de PRHCM; e suas seções: C – TOMO I (Santa Catarina, 2018a), C – TOMO II (Santa Catarina, 2018b); e D – Prognóstico (Santa Catarina, 2018c), e Relatório Síntese do Plano (Santa Catarina, 2019).

Dados de demografia foram atualizados com base no Censo Demográfico de 2022. O Portal Cidades do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também foi utilizado para atualizar informações sobre as atividades de criação animal e saneamento básico por município, complementado por informações do Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS).

Para informações sobre os usuários de recursos hídricos foram utilizados o Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH), o Sistema de Outorga de Santa Catarina (SIOUT-SC) e o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) considerando dados até janeiro de 2023, todos estes fornecidos pelo órgão gestor estadual, a Secretaria Executiva do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE).

Na atualização dos dados de qualidade da água foram utilizados estudos acadêmicos disponíveis no repositório da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), coletas provenientes do Programa Qualiágua SC do Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QUALIÁGUA) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), dados de monitoramento da empresa de abastecimento da região como a CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) dos municípios de Palhoça e São Pedro de Alcântara, e da Associação de Surf e Preservação da Guarda do Embaú (ASPG). Além dos dados de outras instituições, o Instituto Água Conecta, por meio de uma parceria com o Laboratório de Hidráulica Marítima – LAHIMAR e do Laboratório Integrado de Meio Ambiente – LIMA, ambos da UFSC, realizou duas campanhas (09/08/2023 / 29/08/2023) de monitoramento em cursos de água considerados estratégicos no ponto de vista de cobertura de dados para o enquadramento.

Foram realizadas também consultas na base de dados de processos de licenciamento submetidos ao Instituto do Meio Ambiente (IMA) de Santa Catarina, por meio do portal do SGPe – Sistema de Gestão de Protocolos Eletrônico do Estado.

Em relação aos dados hidroquímicos de águas subterrâneas, estes foram obtidos no banco de dados abertos do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2023), organizado pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2023), no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH, 2023) e Sistema de Outorga de SC (SIOUT-SC). Dados do CNARH, SIOUT SC e SIAGAS foram disponibilizados para todas as entidades executivas pelo órgão gestor estadual, por meio da SEMAE.

2.2. MÉTODOS APLICADOS

2.2.1. Mapas temáticos

Para a realização dos mapas temáticos foi utilizado Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do software ArcGIS Pro 3.0. O Sistema de coordenadas geográficas adotados foi a Projeção Universal Transversa Mercator – UTM, Datum Horizontal Sirgas 2000 e Fuso 22S.



Os Arquivos georreferenciados foram obtidos nas instituições, como ANA, SGB, IBGE e do governo do Estado (<http://sigsc.sc.gov.br/>).

Na interpolação dos dados de qualidade foi utilizado o método inverso da potência das distâncias (*inverse distance weighting* – IDW) com os pontos de monitoramento disponíveis. Foram considerados pontos com dados de monitoramento existentes até o período de análise, entre 2012 e 2023.

Na interpolação dos dados quantitativos de demanda hídrica subterrânea, foi apresentado a magnitude da demanda de exploração por unidade de área (km²) utilizando a função de Kernel (Rosenblatt, 1956; Parzen, 1962) com o ajuste das classes para diferenciação as divisões. Esta metodologia também foi empregada no PRHCM e aqui encontra-se uma atualização com os dados utilizados neste diagnóstico.

2.2.2. Taxa de crescimento e projeção populacional

Para a análise de crescimento da população, calculou-se a taxa de crescimento populacional para cada município da UPG 8.2 – Cubatão considerando os Censos (IBGE, 2023) dos anos de 2022 e 2010, por meio da equação:

$$taxa = \frac{\ln P_{2022} - \ln P_{2010}}{2022 - 2010}$$

2.2.3. Mapa de interconexão hidráulica

A fim de se iniciar o diagnóstico sobre a disponibilidade hídrica subterrânea, foi elaborado um mapa de superfície potenciométrica utilizado para identificar possíveis zonas de recarga e verificar a direção do fluxo subterrâneo.

Para este estudo, foram selecionados apenas os poços localizados em aquíferos sedimentares (livres ou semi-livres), sendo desconsiderados os aquíferos fraturados, devido a anisotropia do sistema. Nos mapas de superfície potenciométrica, é possível identificar isoietas, ou curvas de isovalor, representadas em linha contínua e as linhas de fluxo, representadas por setas, que indicam o fluxo subterrâneo (do maior para o menor potencial). As direções do fluxo subterrâneo permitem inferir sobre a relação aquífero-rio, como a vazão de base (vazão de contribuição dos rios provenientes dos aquíferos).

2.2.4. Caracterização química das águas superficiais

Todos os dados de monitoramento da qualidade da água superficial foram inicialmente digitalizados em planilha eletrônica e posteriormente plotados em ambiente SIG. Foram considerados dados provenientes do PRHCM (2012-2017), assim como dados atualizados disponíveis (2017-2023). Pontos de até 1 km em um mesmo trecho de rio foram considerados em um único local (selecionando o ponto a montante). Foi calculada a mediana de cada parâmetro monitorado no mesmo ponto de coleta.

2.2.5. Caracterização química das águas subterrâneas

Para caracterização das águas subterrâneas, foi calculado o erro do balanço iônico (EBI) para verificar a confiabilidade das análises químicas e realizada a classificação hidroquímica utilizando Diagrama de Piper, por meio do software *Diagrammes* versão 6.77 (16-03-2022) disponibilizado por *Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon*.

O cálculo do EBI foi realizado mediante a seguinte equação considerando os cátions e ânions principais analisados:

$$\text{EBI (\%)} = \frac{\sum z \times m_c - \sum z \times m_a}{\sum z \times m_c + \sum z \times m_a} \times 100$$

Em que: z é a carga iônica (valência do íon), m_c é a molaridade catiônica (mol/L) e m_a é a molaridade aniônica (mol/L).

Levando-se em consideração a baixa concentração iônica da água subterrânea na área de estudo e que nem todos os íons disponíveis foram considerados, amostras com $\text{EBI} < 23\%$ foram aceitas e consideradas suficientes para a confiabilidade analítica.



A análise de vulnerabilidade dos aquíferos seguiu a metodologia descrita no PRHCM (Santa Catarina, 2018b), em que foi utilizado o método GOD (Foster, 1987).

2.2.6. Modelagem matemática para disponibilidade e qualidade de água

Para a simulação dos cenários de quantidade e qualidade de água foi utilizado o Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento do Uso dos Recursos Hídricos (SADPLAN), uma ferramenta de subsídio à consolidação das informações sobre recursos hídricos e à caracterização dos cenários hídricos no Estado de Santa Catarina, desenvolvido pela Secretaria Executiva do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE).

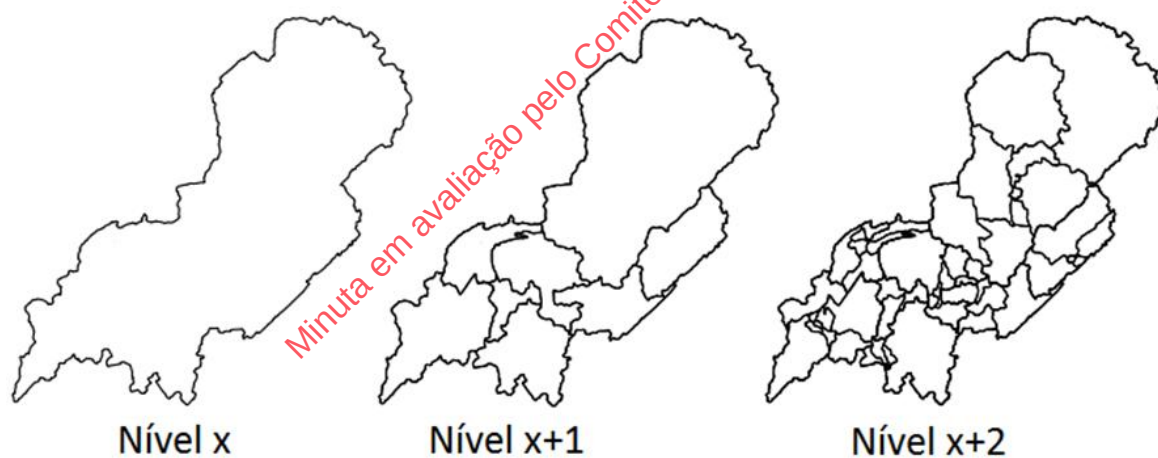
O SADPLAN tem como base o Aerolevantamento Cartográfico Catarinense, entregue em 2012. Com estes dados, a base de dados foi atualizada para menores áreas de contribuição das bacias hidrográficas, por meio de sensores de alta resolução espacial. Cada área de contribuição está codificada através do método Otto Pfafstetter. Com isto, é possível agrupar

sub-bacias e hierarquizar as bacias hidrográficas, ou seja, definir a posição relativa e o ordenamento entre as bacias e sub-bacias (Figura 2).

O SADPLAN está preparado para calcular balanços hídricos de uma mesma bacia de referência em diferentes níveis de codificação. O grau de detalhamento da bacia de referência para a análise varia de forma diretamente proporcional ao nível da codificação escolhido para o balanço hídrico. Em termos computacionais, o cálculo para uma bacia de referência em um nível menor requer menos processamento e, portanto, é mais rápido.

A principal função do SADPLAN é calcular balanços hídricos que equacionem a diferença entre a disponibilidade e as demandas hídricas, para cada trecho de drenagem de uma bacia hidrográfica. O trecho de drenagem ou, simplesmente, trecho hídrico, é uma geometria do tipo linha que representa o fluxo de água, permanente ou temporário, segundo a Comissão Nacional de Cartografia.

Figura 2 - Exemplo de acréscimo de divisões em sub-bacias à medida que o nível da codificação Otto Pfafstetter aumenta



Fonte: SADPLAN (2012)

O SADPLAN possui diferentes métodos de balanços hídricos para fornecer resultados de cenários de interesse para a gestão de recursos hídricos:

1. Ausência de controles: método das vazões remanescentes - QREM-alfa, em que todos os usuários atuam como se tivessem a mesma prioridade e a vazão mínima remanescente pode chegar a zero.

2. Outorga de captação implementada: método das vazões remanescentes - QREM-alfa, respeitadas as prioridades dos diferentes usuários de recursos hídricos e mantida na natureza a

vazão mínima, conforme determina a lei.

3. Controle de qualidade da água: método das vazões remanescentes com indicadores de qualidade (sem decaimento) - QREDIL, método para enquadramento real dos corpos hídricos (com possibilidade de decaimento de alguns poluentes) - QQUALI e método das vazões remanescentes com indicadores de qualidade (com decaimento de DBO) - QREDILDecai.

4. Outorga de lançamento implementada: método das vazões remanescentes mínimas - QOUTORGADIL.

Para maiores informações sobre o SADPLAN e os balanços hídricos, consultar: <http://sadplan.aguas.sc.gov.br/sadplan/Manual.do?p=2&f=p>

2.2.7. Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para águas subterrâneas

A metodologia baseou-se em aplicações internacionais, como a do Projeto BRIDGE (*Background criteria for the identification of groundwater thresholds*) (Muller, 2006), após a mobilização pela Diretiva Quadro de Águas Subterrâneas da União Europeia (2006/118/CE), que incentivou o estabelecimento dos níveis de base da água subterrânea, ou valores de qualidade natural. A metodologia utilizou a pré-seleção de dados, proposta por Wendland *et al.* (2005), utilizada no âmbito do Projeto BRIDGE, e baseia-se na seleção de parâmetros de qualidade da água que podem variar espacialmente, eliminação de *outliers* por testes estatísticos, e determinação de percentil dos dados (Ramos, 2021). Para propor o VRQ de água subterrânea nos aquíferos do Estado, foram realizadas quatro etapas (Figura 3 – Adaptação de Ramos (2021)).

Figura 3 – Fluxograma da metodologia aplicada para estabelecimento do VRQ para os aquíferos localizados no agrupamento Leste de Santa Catarina



Para este trabalho, utilizou-se dados provenientes do Banco de Dados de Águas Subterrâneas do Estado de SC (Santa Catarina, 2023), que reúne a sistematização de dados secundários de águas subterrâneas de todo o estado. Este banco de dados consiste em informações compiladas de dados oficiais do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM SIAGAS); Sistema de Outorga de SC (SIOUT-SC); Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) organizado pela ANA; Concessionárias de abastecimento de água e outras Instituições locais ou estaduais.

2.2.7.1. Seleção de dados georreferenciados (Etapa I)

A seleção de dados georreferenciados foi realizada em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para obtenção das informações dentro do limite da área de estudo e eliminação de informações repetidas ou que se referem a um mesmo poço.

Primeiramente, foram excluídos 235 pontos que estavam fora da delimitação do agrupamento Leste de SC e Ilha de Santa Catarina (configurando uma área total de 20.600,0 km²), permanecendo 1.862 pontos (poços). A seguir, criou-se buffers de 20 m em todos os poços. O valor de 20 m foi utilizado, considerando o dobro de possível erro amostral, devido a

equipamentos de identificação de coordenadas geográficas, como GPS. A seguir, realizou-se a seleção da interseção entre os polígonos gerados no buffer. Foram excluídos os polígonos em duplicidade para que apenas um dos buffers fosse representativo. Posteriormente, foi feita a interseção dos pontos sobre os polígonos gerados. Desta forma, pontos dentro do mesmo polígono receberam a indicação que estão no mesmo local ou próximos em um raio de 20 m. As situações foram tratadas caso-a-caso, de acordo com as informações físico-químicas disponíveis, sendo conferida a profundidade do poço. Para poços com a mesma coordenada e informações de qualidade da água distintas, calculou-se a mediana dos valores. Para poços com coordenadas geográficas consideradas próximas (< 20 m), mas com profundidades distintas, manteve-se todos os dados; e para poços com coordenadas próximas e profundidades iguais, manteve-se o poço com maior número de informações de qualidade da água e aspectos construtivos ou a mediana dos parâmetros. O resultado dessa etapa de verificação de informações foi inserido no banco de dados.

No banco de dados também foram inseridas informações georreferenciadas do SGB/CPRM (Machado, 2013), como a classificação de cada poço nos tipos de aquíferos presentes no agrupamento Leste de SC (sigla, descrição, litologia, geologia, tipo de aquífero e morfologia).

2.2.7.2. Consistência dos dados e exclusão de influências antrópicas (Etapa II)

O banco de dados da etapa anterior foi utilizado na Etapa II, para análise de consistência das informações hidroquímicas. Foram desconsiderados (excluídos) valores iguais a zero (0) e aqueles preenchidos com um (1) (onde ficou caracterizado como sem informação). Também se realizou a substituição dos valores abaixo do limite de quantificação ($< LQ$) pelo valor $LQ/2$, para cada parâmetro. Este método também foi aplicado em situação semelhante na Diretiva 2009/90/EC da União Europeia (CE, 2009).

Dos parâmetros disponíveis, manteve-se apenas os que continham a representatividade mínima exigida, de no mínimo 10 análises, evitando possíveis vieses e incertezas nas etapas posteriores.

Definiu-se os poços isentos de alteração antrópica, por meio da exclusão dos poços que continham substâncias de origem antrópica, sendo mantidos apenas poços com águas subterrâneas com composição hidroquímica com elementos “naturais”, resultantes da interação água-rocha. Eliminou-se as análises de poços que continham indícios de degradação por

compostos orgânicos, agrotóxicos, resíduo seco e presença de microrganismos, como coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Também foram excluídos os poços que apresentaram metais pesados associados a poluição na água.

Outro critério para exclusão de poços com indícios de contaminação foi a presença de fosfato, por se tratar de um parâmetro pouco comum nas águas subterrâneas. Para série nitrogenada, excluiu-se os poços com valores de nitrato maiores que 0,70 mg/L N-NO₃, considerando este valor um limite de concentração natural de nitrato nas águas subterrâneas (São Paulo, 2019). Para nitrato e amônia, realizou-se o cálculo estequiométrico considerando o valor supracitado, sendo desconsiderados dados maiores que 0,699 mg/L N-NO₂ e 0,690 mg/L N-NH₃, para nitrito amônia, respectivamente.

2.2.7.3. Seleção de parâmetros de origem natural (Etapa III)

Após a consistência dos dados, dos 136 parâmetros iniciais (no banco de dados), 25 foram pré-selecionados para o cálculo do VRQ. Verificou-se dentre eles, os presentes no Anexo I da Resolução CONAMA 396/2008, que identifica os parâmetros frequentemente encontrados nas águas subterrâneas. Para o VRQ considerou-se apenas os parâmetros inorgânicos do Anexo I (CONAMA, 2008). Além disso, avaliou-se os parâmetros mais relevantes para as condições de Santa Catarina, obtidos por análise de componentes principais (ACP) realizada por Ramos (2021).

Os parâmetros que melhor representam as características naturais dos aquíferos em Santa Catarina, com representatividade mínima, foram: alcalinidade total, bicarbonato, cálcio, carbonato, cloreto, cobre, condutividade elétrica, cor, dureza total, ferro total, fluoreto, gás carbônico, magnésio, manganês, nitrito, pH, potássio, selênio, sílica, sódio, sólidos dissolvidos totais (SDT), sulfato, temperatura, turbidez e urânio.

2.2.7.4. Delimitação/Agrupamento de conjunto de aquíferos (Etapa IV)

Todos os poços contidos no banco de dados foram classificados de acordo com as zonas aquíferas. Visou-se a obtenção de um número mínimo e representativo de amostras para caracterizar os sistemas aquíferos, assim, foi proposto um agrupamento considerando semelhanças litológicas dos aquíferos e características de exploração das águas subterrâneas.

O resultado deste agrupamento, assim como explicação da Etapa V encontra-se na Proposta de Enquadramento da Água Subterrânea (Item 6.5 deste documento).

3. DIAGNÓSTICO

Este diagnóstico apresenta a caracterização geral da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (UPG 8.2 – Cubatão); identificação de usos e interferências; quantificação das cargas; disponibilidade, demanda e condições de qualidade; potencialidade e qualidade das águas subterrâneas; áreas vulneráveis e susceptíveis; áreas reguladas por legislação específicas; arcabouço legal e institucional; políticas, planos e programas locais e regionais; e a caracterização socioeconômica.

3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA UPG 8.2 - CUBATÃO

Para efeito de gerenciamento dos recursos hídricos, o território de Santa Catarina está dividido em 10 regiões hidrográficas, por meio da Resolução CERH/SC nº 26/2018 (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2018). A UPG 8.2 – Cubatão contempla as bacias hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas, e está inserida na Região Hidrográfica (RH) 08, junto com a UPG 8.1 - Tijucas, que contempla as bacias hidrográficas do Rio Tijucas, do Rio Biguaçu e bacias contíguas, além da UPG 8.3 - Ilha de Santa Catarina, composta pelas bacias hidrográficas e complexos lagunares da Ilha de Santa Catarina (Santa Catarina, 2019).



As bacias hidrográficas do Rio Cubatão e Madre e bacias contíguas fazem parte da UPG 8.2 – Cubatão e possui uma área total de 1.586,46 km²

Os municípios de Águas Mornas, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara estão totalmente inseridos na área de abrangência da UPG 8.2 – Cubatão; já os municípios de Garopaba, Florianópolis, São José e Paulo Lopes estão parcialmente inseridos (Figura 4). A área de abrangência da UPG 8.2 representa cerca de 1,6% do estado catarinense e cerca de 30% da RH8 (Santa Catarina, 2019).

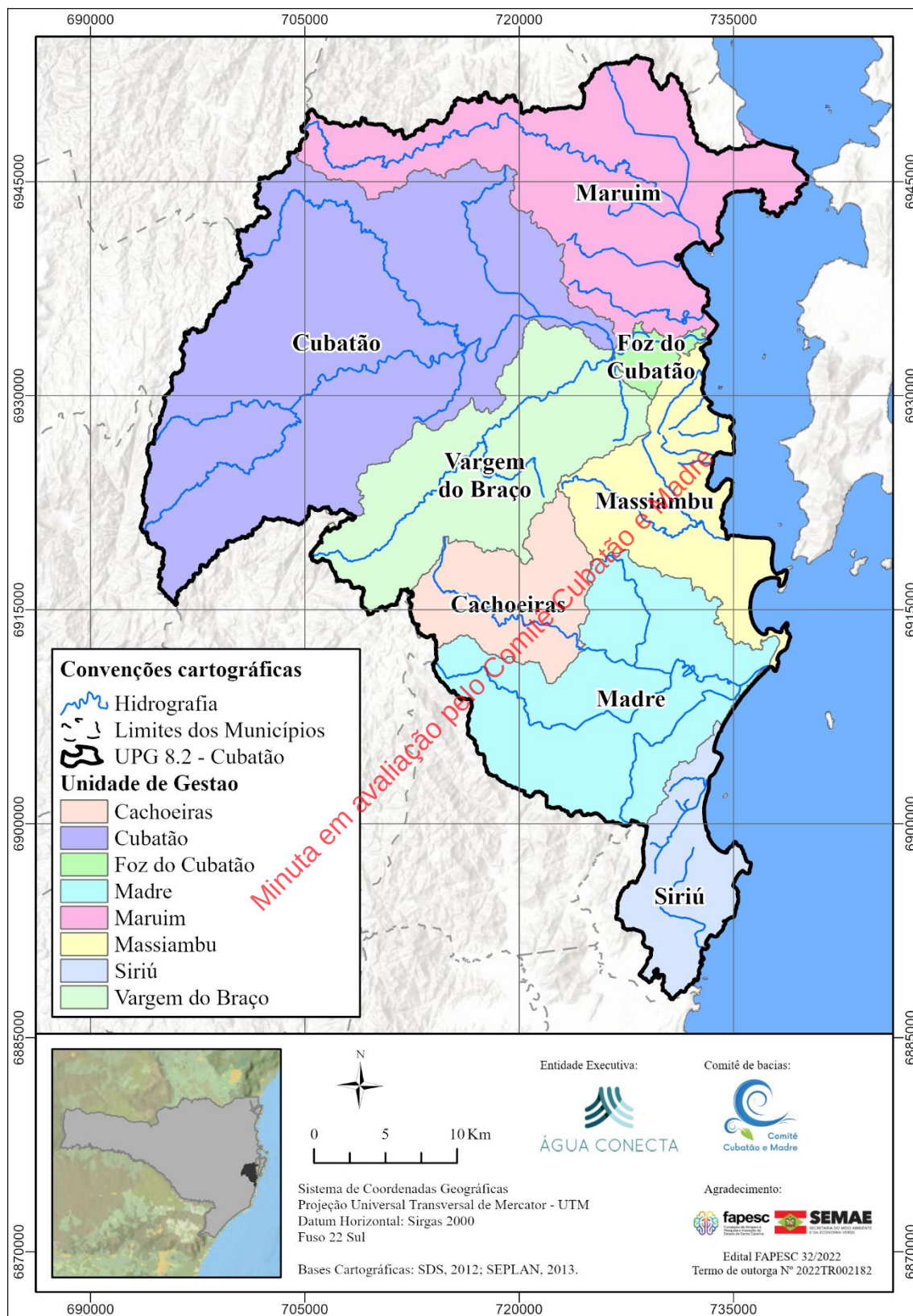
A UPG 8.2 que compreende as bacias hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas foi subdividida em oito Unidades de Gestão (UG): Marumim; Cubatão; Foz do Cubatão; Vargem do Braço; Massiambu; Cachoeiras; Madre; e Siriú (Figura 5).

Figura 4 - Localização da UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Figura 5 - Unidades de Gestão da UPG 8.2 - Cubatão

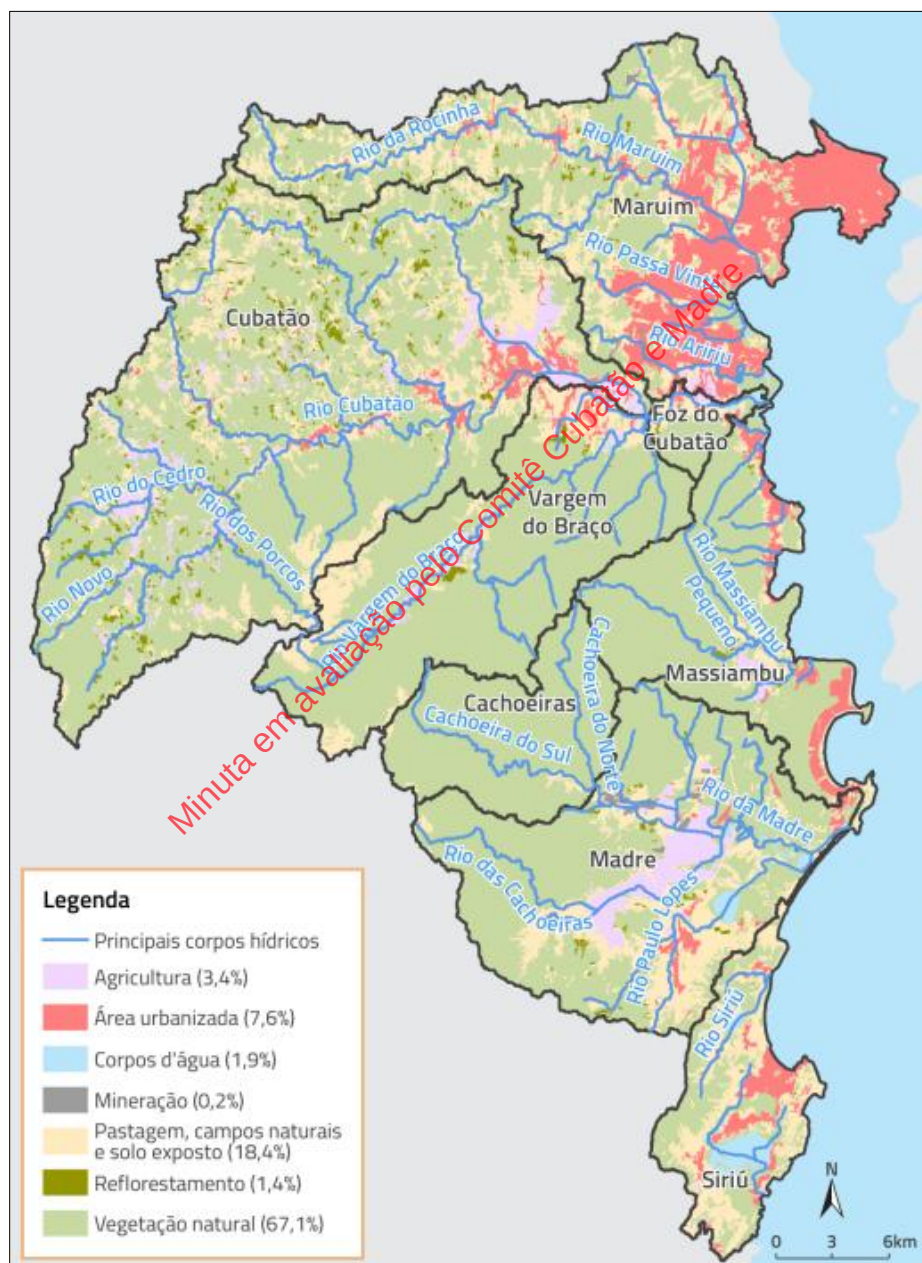


Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

3.1.1. Uso e ocupação da terra

A UPG 8.2 - Cubatão tem a maior parte da sua área coberta por vegetação natural (67%), seguida pelas pastagens, campos naturais e solo exposto (18%), áreas urbanizadas (7%) e áreas de agricultura (3,4%) (Figura 6).

Figura 6 - Uso e ocupação do solo identificados no PRHCM



Fonte: Santa Catarina (2018a)

Em comparação ao estudo de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica realizado pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA), em 2008, percebe-se a vegetação natural teve um decréscimo de 3% e as áreas de pastagem, campos naturais e solo exposto um decréscimo de 2%. A agricultura e áreas urbanizadas tiveram um crescimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação entre os percentuais de usos do solo nas bacias hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas

Classe (FATMA/2008)	%	Classe (UFSC/2017)	%
Florestas em estágio médio ou avançado e/ou primárias	66	Vegetação natural	67,1
Florestas em estágio inicial (pioneiro)	0,1		
Vegetação de várzea e restinga	3,7		
Mangues (formação pioneira exclusiva)	0,6		
Pastagens e campos naturais	19,6	Pastagem, campos naturais e solo exposto	18,4
Solo exposto	0,5	Agricultura	3,4
Agricultura	1,9		
Reflorestamento	0,4		
Área urbanizada e/ou construída	5,8		
Corpos d'água	1,4	Área urbanizada	7,6
Área de mineração	0,1	Corpos d'água	1,9
		Mineração	0,2

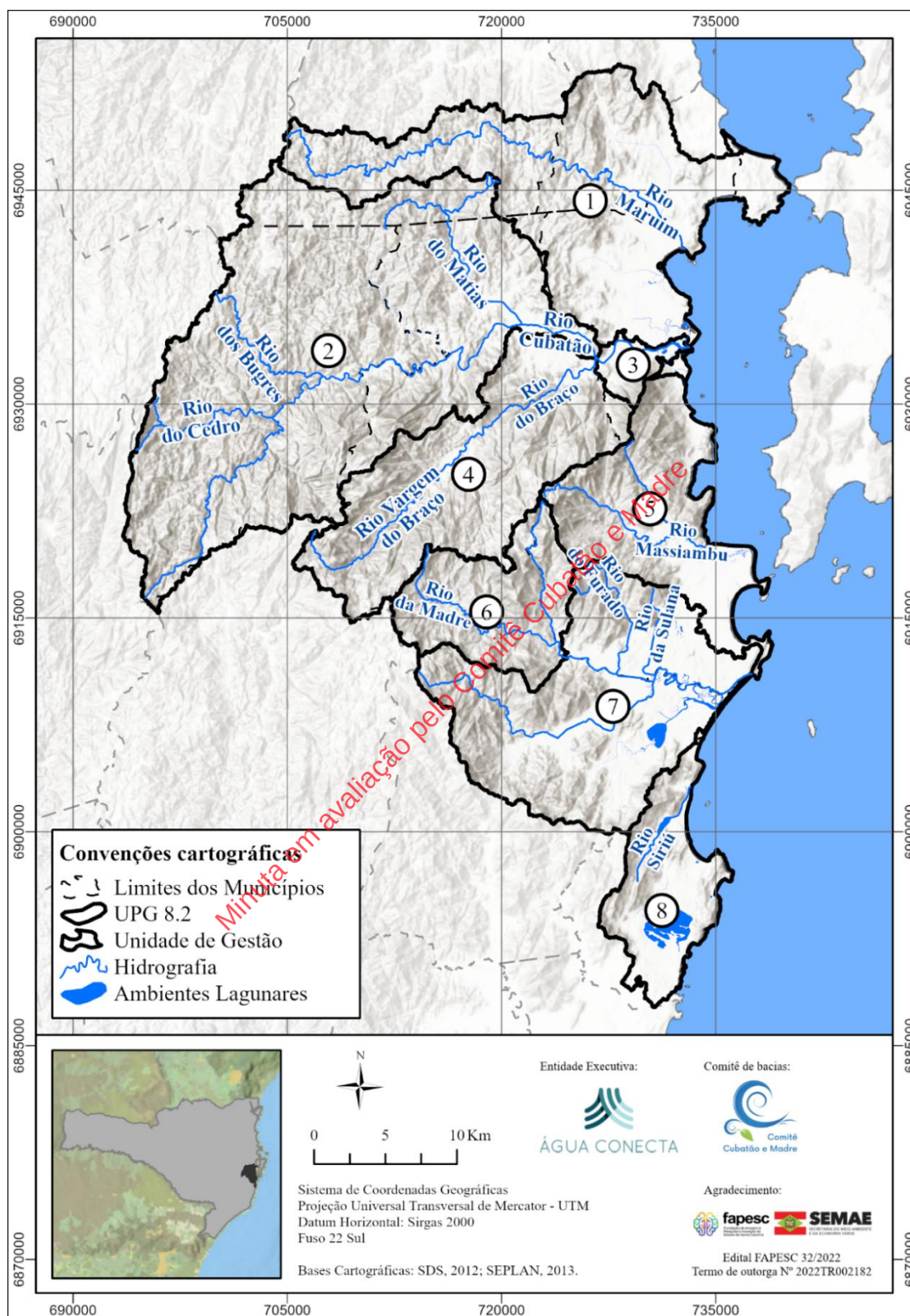
Fonte: Santa Catarina (2018a)

Este projeto comparou também os dados de uso do solo do PRHCM (Santa Catarina, 2018a) com os dados de uso e ocupação da terra do Programa MonitoraSC, do Projeto FlorestaSC (FURB, 2018). Sendo que no MonitoraSC, a vegetação natural foi de 67,27%, seguido de pastagem ou campo natural, com 16,28%. A área urbanizada ficou próximo ao obtido pelo PRHCM (2018b), com 7,88%, seguido do arroz irrigado com 1,00% e agricultura com 0,59%. Reflorestamento representa 1,18% e corpos d'água 1,23%. Restinga não foi contabilizada pelo PRHCM, porém no estudo da FATMA (2008) foi contabilizado 3,03% e mangues 0,64%

3.1.2. Recursos hídricos superficiais

A UPG 8.2 – Cubatão engloba 73 rios com nomeação definida e quase 5 mil corpos hídricos não nomeados, apresentando-se uma região de alta densidade de drenagem (Santa Catarina, 2018a). O sistema de drenagem superficial da UPG 8.2 possui aproximadamente 3.822 km de cursos d'água, com uma densidade de drenagem de 2,41 km/km² (Santa Catarina, 2019). A Figura 7 apresenta a rede hidrográfica detalhada da UPG 8.2 – Cubatão com as UGs, e a Tabela 2 o percentual das UGs por município.

Figura 7 - Principais corpos hídricos por UG na UPG 8.2 - Cubatão



Legenda: UG1 – Maruim; UG 2 – Cubatão, UG 3 – Foz do Cubatão, UG 4 – Vargem do Braço; UG 5 – Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre, UG 8 – Siriú.

Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Os principais rios da UPG 8.2 - Cubatão são o Cubatão, o Madre, Maruim, Massiambu e o Siriú. O Rio Cubatão possui suas principais nascentes nos municípios de Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz, desaguando no Oceano Atlântico, em Palhoça, e possui aproximadamente 54 km. Seus principais afluentes são o Rio do Cedro, Rio Vargem do Braço ou Rio do Braço, Rio Caldas do Norte e Rio do Matias.

O Rio da Madre possui suas principais nascentes no município de Paulo Lopes e Palhoça, desaguando também no Oceano Atlântico, na divisa de Palhoça com Paulo Lopes. Possui comprimento de aproximadamente 23 km. Seus principais afluentes são o Rio Cachoeira do Sul e o Rio Cachoeira do Norte, além do Rio das Cachoeiras (Tabela 2).

Tabela 2 - Percentual de área das UGs dentro dos municípios da bacia hidrográfica

Município	UG (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Águas Mornas			63					
Florianópolis	5							
São José	35							
Palhoça	28	100		2	100	17	30	
Paulo Lopes						83	70	
São Pedro de Alcântara	31		10					
Garopaba								100
Santo Amaro da Imperatriz	2		27	98				

Fonte: Santa Catarina (2018a)

3.1.3. Recursos hídricos subterrâneos

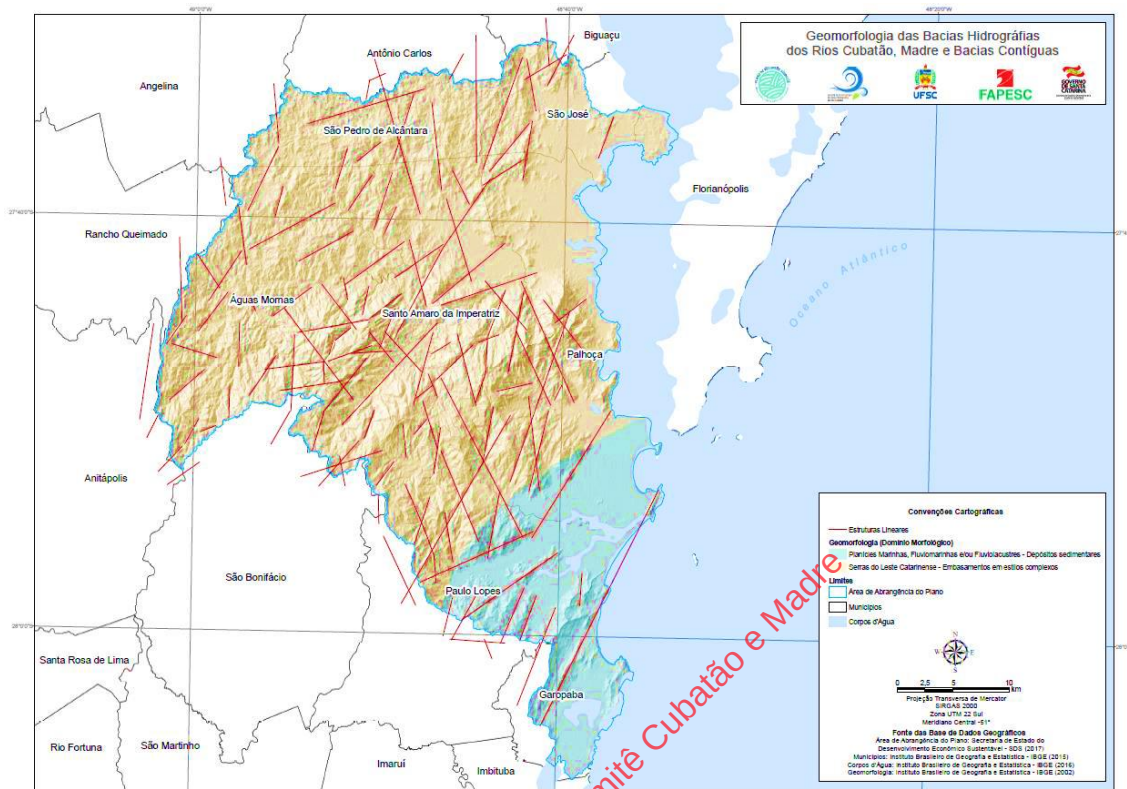
3.1.3.1. Geomorfologia

A UPG 8.2 – Cubatão encontra-se sobre dois domínios morfoestruturais: embasamentos complexos e depósitos sedimentares inconsolidados.

As bacias hidrográficas do Rio Cubatão, Rio Maruim, Rio Passa Vinte e Rio Aririú e bacias contíguas, estão inseridas no domínio morfoestrutural do tipo embasamento em estilos complexos, representado pela região geomorfológica das Serras do Leste Catarinense (Santa Catarina, 2018a).

Na bacia hidrográfica do Rio da Madre, em parte dos municípios de Palhoça, Paulo Lopes e Garopaba, passa a ocorrer segmentos de depósitos sedimentares inconsolidados dos períodos terciários ou quaternários, representados pelas planícies marinhas, fluviomarinhas e fluviolacustres (Santa Catarina, 2018a) (Figura 8).

Figura 8 – Mapa geomorfológico da UPG 8.2 – Cubatão no PRHCM



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018a), ETAPA C – TOMO I - página 91, Figura 27 – Mapa geomorfológico. Fonte: IBE (2002).

Fonte: Santa Catarina (2018a)

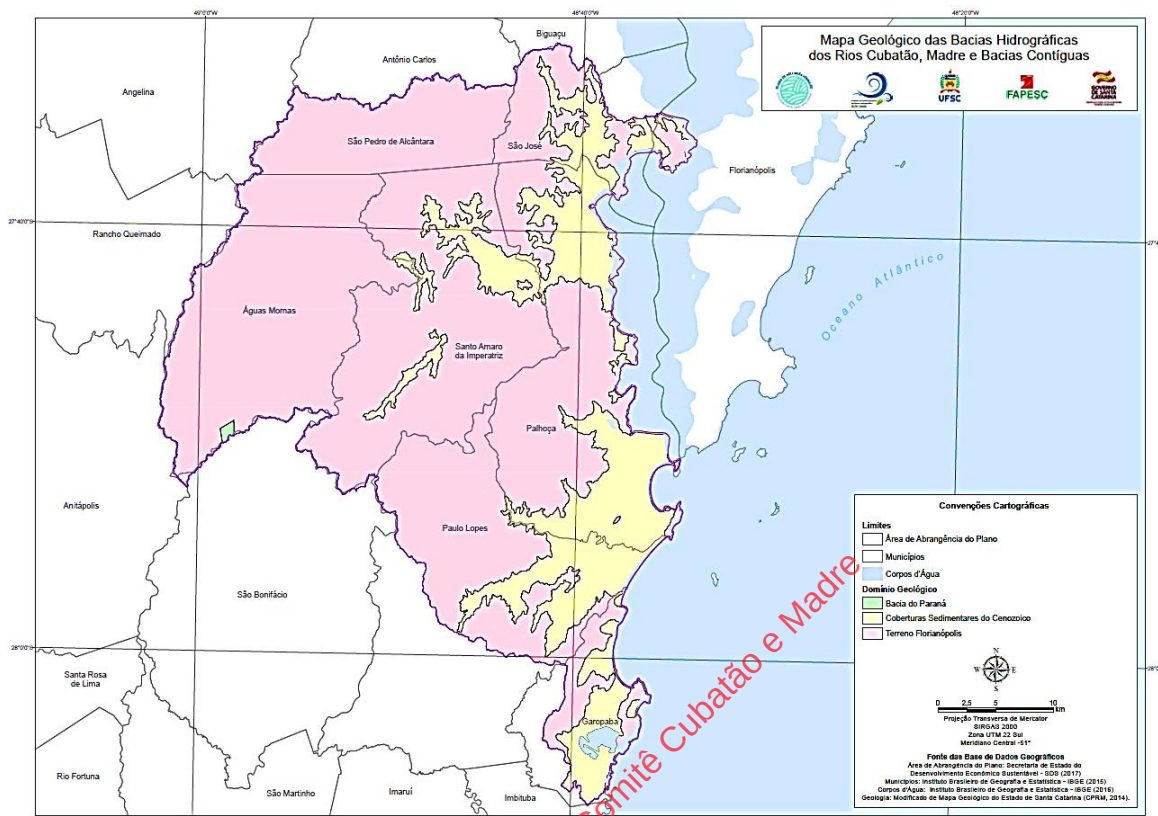
A região possui drenagem densa, apresentando uma sequência de colinas, outeiros, morros e montanhas orientadas por uma forma paralela à linha de costa, acompanhando antigas zonas de fraqueza do embasamento cristalino e falhas relacionadas aos processos de formação do rifte do Atlântico Sul (Santa Catarina, 2018a).

Essas vertentes apresentam com frequência muitos blocos de rochas residuais em superfície e blocos rolados em diferentes graus de alteração, promovendo risco de queda, em especial nos vales em “V” profundo (Santa Catarina, 2018a).

3.1.3.2. Geologia e Hidrogeologia

A UPG 8.2 - Cubatão compreende os domínios geológicos Terreno Florianópolis, Coberturas Sedimentares do Cenozoico e Bacia do Paraná (Machado, 2013 *apud* Santa Catarina, 2018a) (Figura 9).

Figura 9 – Mapa Geológico dos domínios presentes na UPG 8.2 - Cubatão no PRHCM



Nota: não foi possível extrair a Figura com maior qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018a), ETAPA C – TOMO I - página 94, Figura 28 – Mapa Geológico dos domínios presentes na Bacia do Rio Cubatão do Sul, Madre e bacias contíguas. Fonte: CPRM, 2014.

Fonte: Santa Catarina (2018a)

3.1.3.2.1. Terreno Florianópolis – Batólito Florianópolis

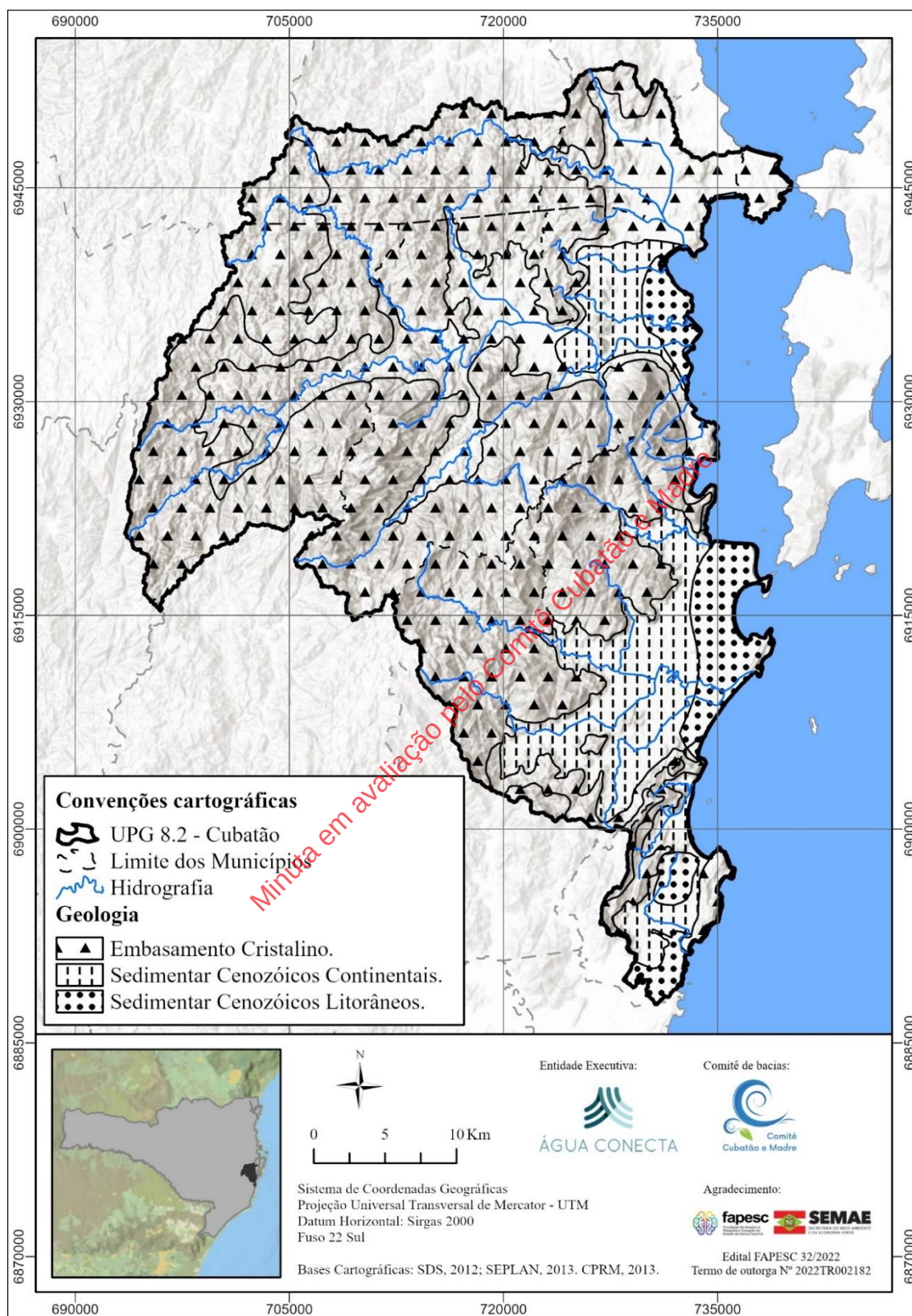
O Cinturão Dom Feliciano é dominado por associações de rochas graníticas dispostas em uma faixa de direção NE que se estende de Santa Catarina ao Uruguai, designada Batólito Pelotas no Escudo Sul-Rio-Grandense, Batólito Florianópolis no Escudo Catarinense e Batólito Aiguá no Escudo Uruguaio. As rochas encaixantes dos granitóides que compõem o Batólito Florianópolis compreendem os Metassedimentos no Terreno Florianópolis, Suíte Pedras Grandes, Suíte Intrusiva Maruim, Suíte Plutono-vulcânica Cambirela, Suíte Intrusiva Paulo Lopes e Complexo Granito-Gnáissico Migmatítico no Terreno Florianópolis (Santa Catarina, 2018a).

De modo geral, o Terreno Florianópolis é caracterizado hidrogeologicamente pela Unidade Hidroestratigráfica Embasamento Cristalino (Figura 10) e composta por uma grande

diversidade de rochas ígneas e metamórficas correspondentes a uma série de eventos pré-cambrianos (Machado, 2013). No Embasamento cristalino, a faixa de afloramentos é de aproximadamente 20.000 km². Litologicamente, esta unidade é complexa, incluindo grupos diversos como granulitos, xistos, granitoides, granitos, mármore e gnaisses (Machado, 2013). Essa unidade hidroestratigráfica caracteriza-se pela captação de águas das fraturas e pela pequena espessura de alteração superficial. As rochas estão estruturadas em forma de pacotes foliados e possuem pouco espaço vazio para armazenamento de água (porosidade), além de pouca mobilidade (permeabilidade). Dessa forma, a água fica contida nas discontinuidades estruturais e sua disponibilização está atrelada à densidade e à interconexão dos planos de fraturamento (Santa Catarina, 2018a). A subunidade Complexo Granulítico caracteriza-se pela intensa intemperização das suas litologias, que podem ser maiores de 50 m (Machado, 2013). O intemperismo químico dos minerais que compõem as rochas-mãe são responsáveis pela dissolução e disponibilização dos íons nas águas subterrâneas. É um aquífero de captação simultânea, em que a porção de alteração de rocha ou de sedimentos de origem continental e marinha influi positivamente na recarga dos aquíferos fraturados.

A UPG 8.2 – Cubatão é compreendida majoritariamente pela unidade hidroestratigráfica Embasamento cristalino (Figura 10), que compõe relevos de regiões serranas e montanhosas com picos que variam entre 300 a 1.000 m de altitude, caracterizando sistemas aquíferos do tipo na_1 (áreas praticamente sem aquíferos – aquícludes e raros aquíferos localizados) ou relevos montanhosos, intensamente dissecado, caracterizando sistemas tipo af2 (aquíferos fraturados de menor potencialidade) (Machado, 2013).

Figura 10 - Distribuição espacial das unidades hidroestratigráficas na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

3.1.3.2.2. Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná contempla uma área pequena na UPG 8.2 - Cubatão e tem ocorrência caracterizada pela Formação Rio do Sul, intervalo superior do Subgrupo Itararé, na qual inclui um complexo de facies representativas de condições glaciais, glacio-marinhas e marinhas. De acordo com Machado (2015), na Unidade Hidroestratigráfica Rio do Sul, as capacidades dos poços são muito variáveis, dependendo das condições de sedimentação e da estruturação tectônica.

A qualidade da água não ultrapassa 300 mg/L de sólidos totais para um pH levemente alcalino de 7,4, indicando boa condição de utilização. Os termos mais alcalinos encontram-se normalmente associados às áreas de sedimentação em paleovales. Quanto ao tipo químico, as águas são bicarbonatadas cálcicas a mistas, com teores de sólidos dissolvidos entre 80 e 360 mg/L. Os teores de ferro encontram-se entre 0,15 e 6 mg/L, em geral acima de 0,5 mg/L. Em alguns poços a água possui pronunciado cheiro de gás sulfídrico (H₂S) derivado da redução dos sulfatos (Santa Catarina, 2018a).

3.1.3.2.3. Coberturas sedimentares do cenozoico

A Unidade Hidroestratigráfica Sedimentos Cenozóicos distribui-se por toda a faixa litorânea atlântica, assentando-se diretamente sobre unidades pré-cambrianas e terrenos gondwânicos (Machado, 2015). Sua área de ocorrência é contínua, com interrupções associadas com unidades do embasamento cristalino. Esta unidade apresenta conjuntos litológicos distintos devido às condições deposicionais variadas (Machado, 2013), como depósitos aluvionares, colúvio aluvionares, eólicos, feixes de restinga, flúvio-lagunar, planície de maré e planície lagunar e depósitos praias atuais. Com relação à qualidade química, as águas dos poços profundos podem apresentar de baixa a alta salinidade, no último caso decorrente de possível intrusão marinha com mistura das águas do aquífero. O pH pode ser alcalino e os teores de ferro e gás sulfídrico (H₂S) podem ser elevados.

Considerando as características geológicas da UPG 8.2 - Cubatão, a presença de depósitos sedimentares do Cenozoico e da Bacia do Paraná favorece a disponibilização localizada de quantidades significativas de água subterrânea, propícia a formação de aquíferos permeáveis e de porosidade primária. Deve ser considerada, entretanto, a ocorrência limitada das litologias sedimentares representantes da Bacia do Paraná, a uma área extremamente

pequena ao sudoeste/oeste da região em estudo (Santa Catarina, 2018a).

3.1.4. Interconexão Hidráulica

Pela análise apresentada na Figura 11 é possível inferir sobre dinâmica aquífero-rio próxima a zona costeira da UPG 8.2 - Cubatão, principalmente nos municípios de São Jose, Palhoça, Paulo Lopes e Garopaba. Em uma visão geral e preliminar sobre a dinâmica d'água subterrânea-superficial verifica-se que as setas apontam em direção ao mar, como esperado.

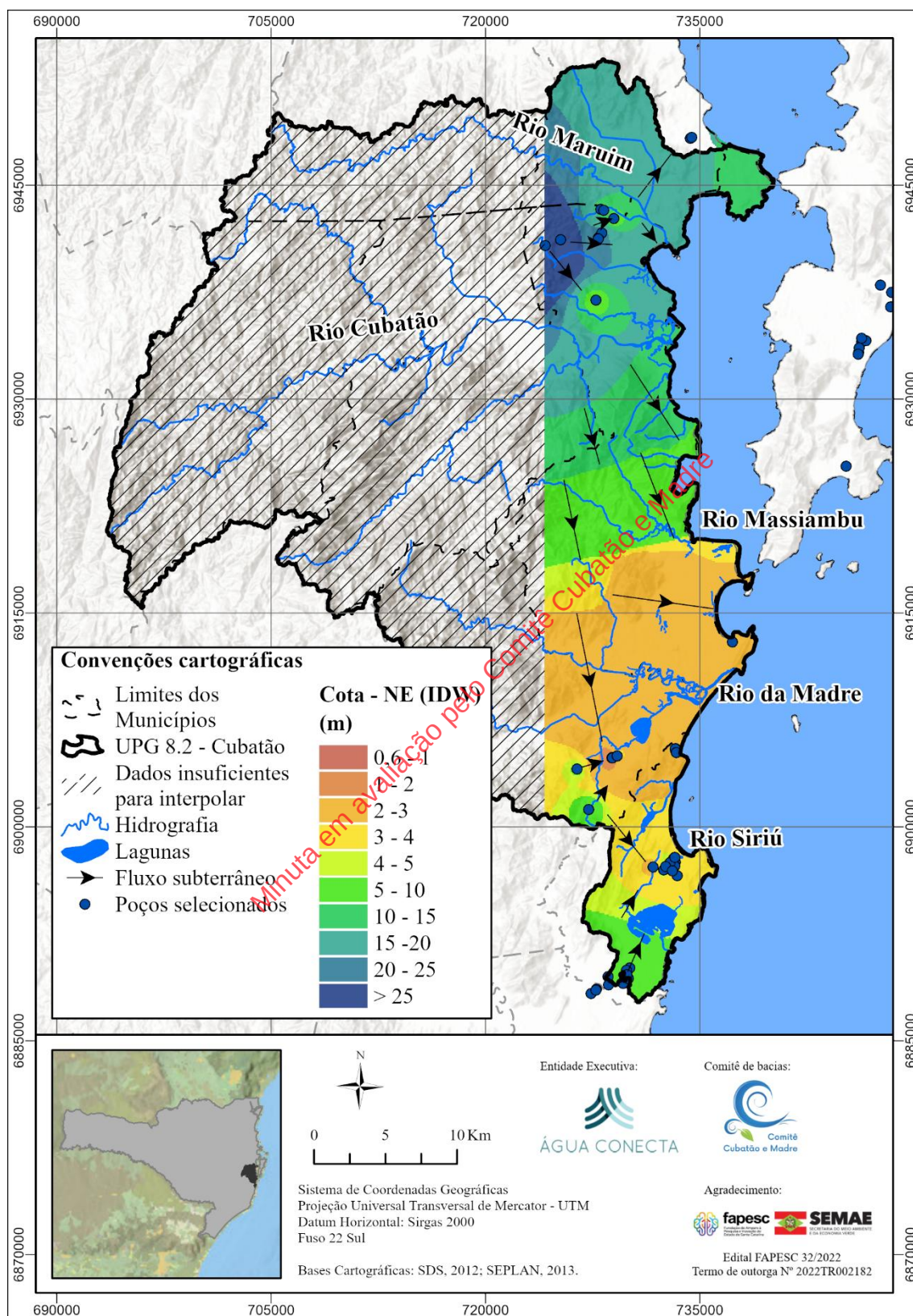
Foram verificadas direções de fluxo subterrâneo principais no sentido NW – SE e SW – NE na região Norte da UPG 8.2 - Cubatão, inclusive podendo indicar uma contribuição dos aquíferos sedimentares (as2) no fluxo de base do Rio Maruim. Na região Sul da UPG 8.2 – Cubatão também se verifica direções de fluxo subterrâneo no sentido SW – NE, que podem indicar uma contribuição do aquífero sedimentar (as1) para as massas de água (lagunas). Outra direção de fluxo subterrâneo observada na UPG 8.2 – Cubatão é a NW – SE, que pode indicar contribuição do aquífero sedimentar para o fluxo de base do Rio Siriú.

Cabe ressaltar que a metodologia adotada prevê a seleção apenas de poços em aquíferos sedimentares (livres ou semi-livres), o que torna limitada a interpretação sobre o fluxo subterrâneo, já que na região oeste da UPG 8.2 – Cubatão a maioria dos poços estão localizados no embasamento cristalino. Sendo assim, pelo número reduzido de informações nos aquíferos sedimentares não foi possível a geração da visualização temática da análise proposta (considerando toda a área de UPG 8.2), apenas uma orientação parcial (Figura 11).

Esse resultado é proveniente de um estudo preliminar sobre o balanço hídrico subterrâneo, que influencia diretamente na interconexão hidráulica dos ambientes superficial-subterrâneo. Destaca-se que etapas posteriores sobre a quantificação do balanço hídrico e a complementação da informação com uma maior abrangência de poços são necessários para uma análise completa da UPG 8.2 - Cubatão.

Cabe ressaltar que devido a limitação da metodologia, a Figura 11 possui apenas parte da UPG 8.2 – Cubatão (região litorânea) com dados gerados pela interpolação. O procedimento de interpolação em sistemas de informação geográfica é condicionado à disponibilidade e cobertura dos dados, que no caso de poços em aquíferos sedimentares, é reduzido tendo em vista a ocorrência natural desse sistema e a disponibilidade de poços.

Figura 11 - Mapa de superfície potenciométrica dos aquíferos porosos da UPG 8.2 - Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

3.2. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS

Para identificação e localização dos usos e interferências foram utilizados o Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH), Sistema de Outorga de Santa Catarina (SIOUT-SC) e o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), fornecidos pela SEMAE (Figura 12).

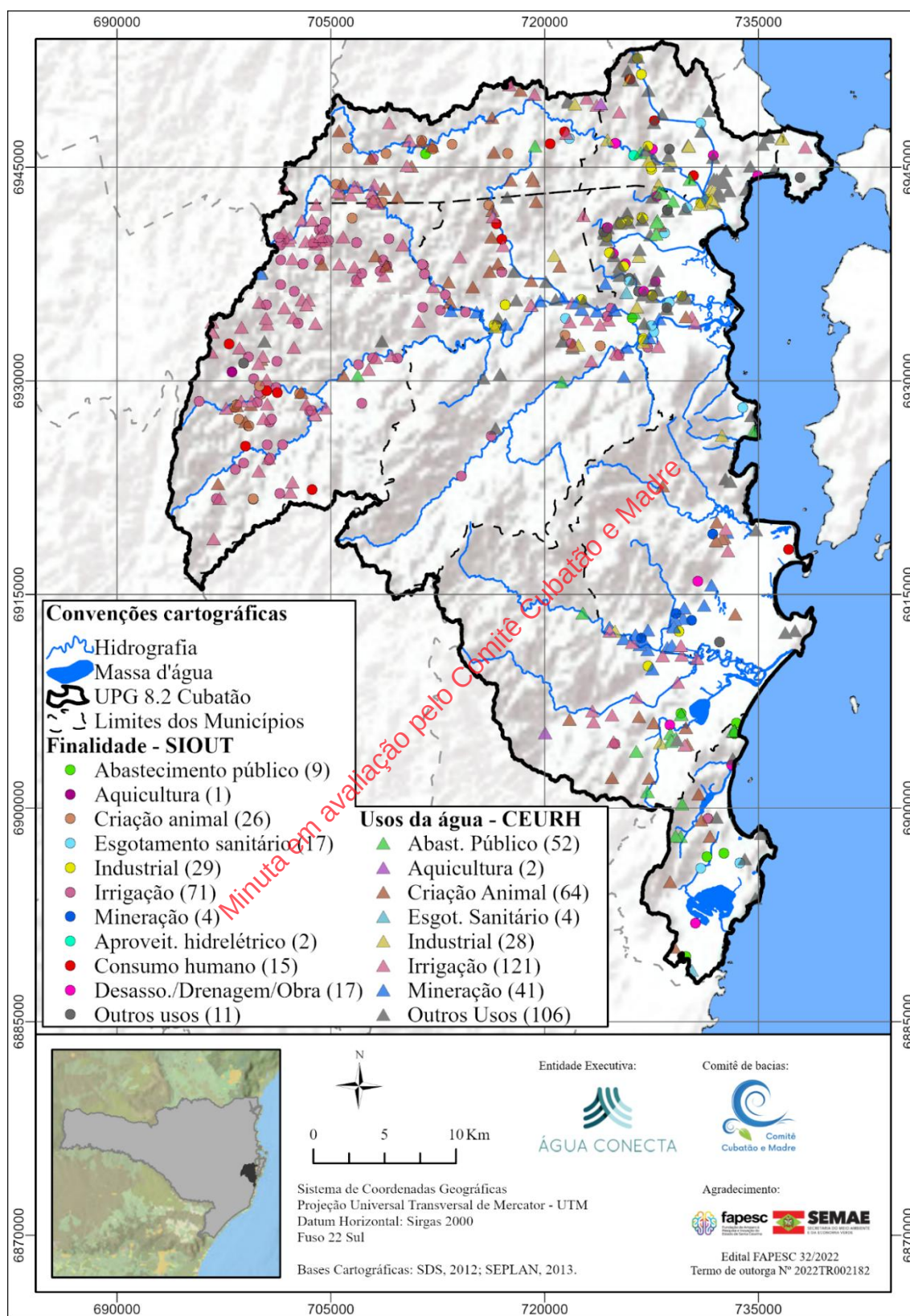


De acordo com informações do CEURH, de janeiro de 2023, foram identificados 448 cadastros (Figura 12) na UPG 8.2 – Cubatão, sendo que 58 encontram-se com o status de “aprovados” (13%), 360 “não avaliadas” (80%) e 30 “reprovados” (7%).

Em relação ao CEURH (2023), o maior número de cadastros é de irrigação (121 usuários), localizados na parte alta da bacia hidrográfica do Rio Cubatão e na parte baixa da bacia hidrográfica do Rio da Madre. A segunda atividade com maior número de cadastros é a atividade de “outros usos” (106 usuários), seguido da criação animal (64 usuários). A criação animal ocorre principalmente nas partes altas da bacia hidrográfica do Rio Maruim e do Rio Cubatão, nos municípios de Águas Mornas e São Pedro de Alcântara. O Abastecimento Público (52 usuários) tem uma predominância principalmente na parte baixa da região do adensamento urbano da UG Maruim e UG Foz do Cubatão. A Mineração (41 usuários) está concentrada na bacia hidrográfica do Rio Cubatão e no Rio da Madre.

Na análise dos dados do SIOUT-SC, a irrigação também foi a atividade com o maior número de cadastros, com 71 usuários, seguida da industrial (26 usuários), criação animal (26 usuários), consumo humano (28), desassoreamento/dragagem/obra (17) e esgotamento sanitário (15).

Figura 12 - Mapa de localização dos cadastros de usuários na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

3.3. IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS

3.3.1. Efluentes domiciliares

Vale pontuar o município de Florianópolis se insere nesta análise de forma especial. Florianópolis não tem a sede na UPG 8.2 e possui apenas 1,94% do município está inserido nos limites da UPG 8.2 – Cubatão (Santa Catarina. 2018a). Desta forma, foi considerada apenas a população de Florianópolis abastecida pelo Sistema Integrado de Água da Grande Florianópolis operado pela CASAN, que capta água dos rios Vargem do Braço e Cubatão no município de Santo Amaro da Imperatriz (Santa Catarina. 2018a).

Segundo dados da CASAN (São José, 2019), atualmente a população atendida pela coleta e tratamento de esgoto no Município de São José é de 98.466 habitantes, que somados aos 99.090 habitantes atendidos na parte continental de Florianópolis, totalizam uma população de 197.556 habitantes, que encaminham seus esgotos para a ETE de Potecas.

A partir dos dados do Censo Demográfico de 2022 para os municípios inseridos na área de abrangência da UPG 8.2 – Cubatão, contabilizou-se um total de 629.178 habitantes, distribuídos conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição da população residente inserida na UPG - 8.2 - Cubatão

Município	Área do município na UPG 8.2 (km ²)	Porcentagem de área do município na área da UPG 8.2 (%)	População 2022	Porcentagem da população (%)
Águas Mornas	325,7	20,7%	6.743	1,07
Florianópolis	11,72	0,7%	99.090 ¹	15,75
Garopaba	80,7	5,1%	20.971 ²	3,33
Palhoça	326,6	20,7%	222.598	35,38
Paulo Lopes	249,7	15,8%	4.985 ²	0,79
Santo Amaro da Imperatriz	345,2	21,9%	27.272	4,33
São José	97,4	6,2%	241.743 ³	38,42
São Pedro de Alcântara	139,7	8,9%	5.776	0,92
Total	1.576,7	100%	629.178	100

Legenda: ¹ População de Florianópolis foi considerada com base em São José (2019). ² População parcialmente considerada (porcentagem do município inserido na UPG 8.2). ³ Para o município de São José foi considerado a diferença em relação ao dado de população inserido no Diagnóstico da UPG 8.2 – Cubatão.

Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Os municípios de Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São José possuem redes coletoras de esgoto domiciliares até as Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), porém nenhum município possui cobertura completa. Os outros municípios possuem sistemas individuais de tratamento.



Além das fontes clássicas e pontuais de carga doméstica, sabe-se da existência de outras fontes difusas provenientes de vazamentos na rede coletora e esgotos não tratados. Entretanto, devido à dificuldade de contabilização dessa carga poluente, estes não foram consideradas.

O cálculo da carga doméstica em águas superficiais considerou a população do município e a porcentagem coletada pela rede. A carga orgânica proveniente dos efluentes domésticos, em unidade de kg/dia, foi estimada considerando o valor de DBO_{5,20} per capita de 54g de DBO/habitante/dia (Von Sperling; Chernicharo, 2005) (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores per capita de carga doméstica da população para DBO_{5,20°C}, fósforo total (Pt), nitrato, nitrogênio amoniacal (NH₄) e coliformes termotolerantes

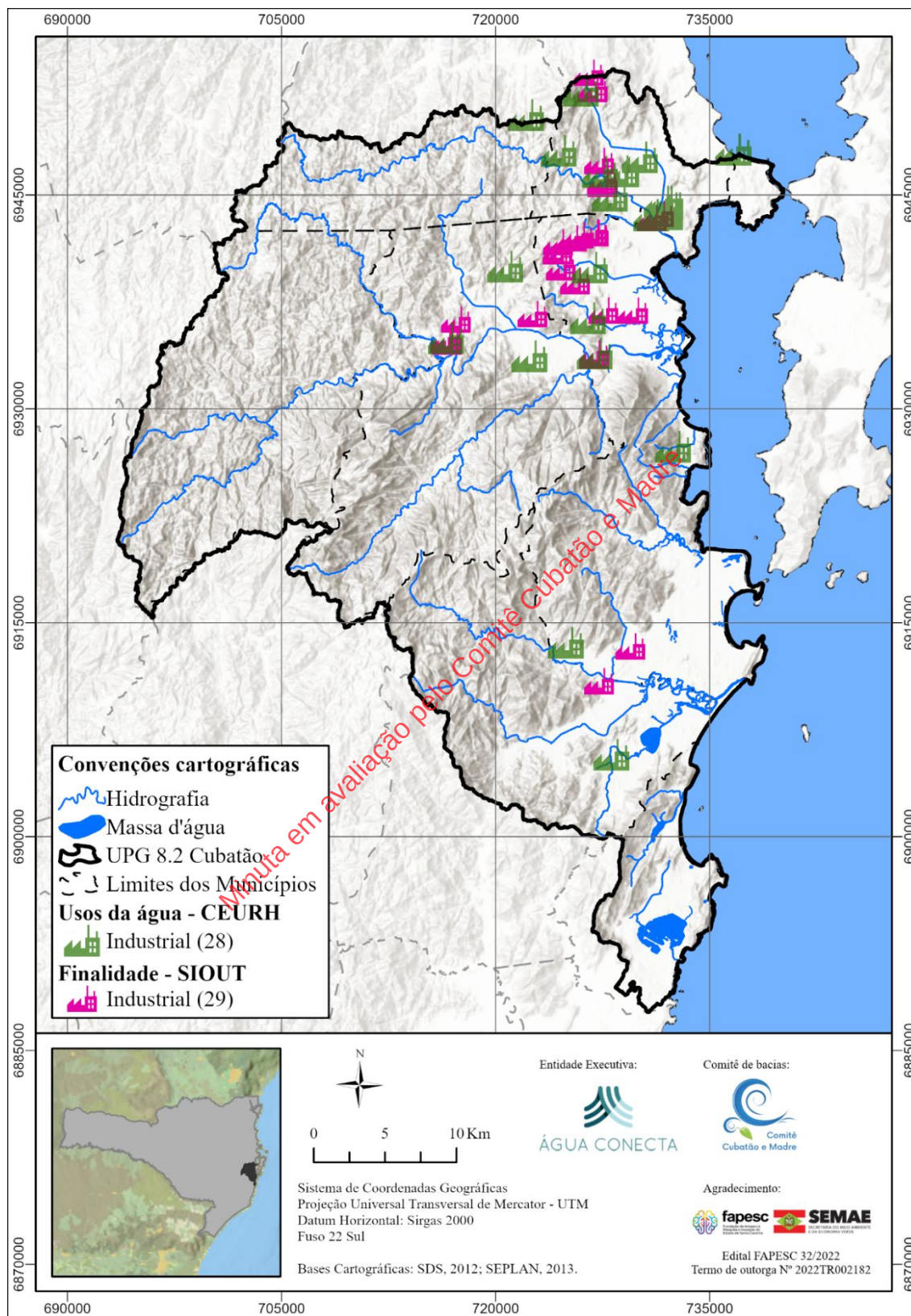
Parâmetro	Literatura kg/hab*dia	Adotado kg/hab*dia	População total	Carga	
				kg/dia	t/dia
DBO _{5,20°C}	0,045 – 0,060	0,054	629.178	33.975,61	34,0
Fósforo total (Pt)	0,0007 – 0,0025	0,001		629,18	0,61
Nitrogênio total (N _{total})	0,006 – 0,010	0,008		5.033,42	5,0
Nitrato	0,0001 – 0,0002	0,0025		1.572,94	1,6
Nitrogênio amoniacal (NH ₄)	0,0035 – 0,006	0,003		1.887,53	1,9
	org/hab*dia	Adotado		org/dia	
Coliformes termotolerantes	10 ⁹ -10 ¹²	10 ¹⁰		6,29*10 ¹⁵	

Fonte: Von Sperling (2005).

3.3.2. Efluentes industriais

Na atualização (2023), com os cadastros do CEURH e do SIOUT-SC foram encontrados um total de 57 indústrias cadastradas na UPG 8.2 – Cubatão (Figura 13).

Figura 13 - Cadastros de usuários industriais na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Na análise de indústrias do Instituto do Meio Ambiente (IMA) foram encontradas 09 empresas com dados de automonitoramento em corpos hídricos. A Figura 13 apresenta o número de cadastros de indústrias no CEURH e no SIOUT-SC, com a data de exportação em janeiro de 2023. Observa-se que os pontos de captação se concentram na região Litorânea Norte, próximo da Grande Florianópolis, principalmente na UG do Maruim. Os municípios destaque são Palhoça e São José, ambos com 21 cadastros.

De acordo com o PRHCM (Santa Catarina 2018a), na região estavam cadastradas na época do PRH um total de 45 indústrias, em 14 tipos de atividades, no qual prevalecem a metalúrgica, produtos alimentícios e material elétrico e comunicações, que juntas somam 21 indústrias, representando 46%. A atividade industrial de maior representatividade é a metalúrgica, que pode gerar efluentes como: fluídos do corte, óleos e graxas, emulsão de óleos, detergente, metais pesados, tintas e solventes (Edlinger et al., 2012; Nogueira; Pasqualetto, 2008). São José e Palhoça possuem o maior número de indústrias na UPG 8.2 – Cubatão, representando 71% (Santa Catarina 2018a).

3.3.3. Efluentes de atividades agropecuárias

Para as atividades agropecuárias, considerou-se o Portal Cidades (IBGE, 2023) e as informações dos municípios inseridos na UPG 8.2 – Cubatão. O município de Florianópolis não foi considerado nesta análise tendo em vista que a parte do município que está inserida na UPG 8.2 – Cubatão não possui área rural, sendo esta totalmente adensada pela urbanização. Para São José a criação animal foi considerada em sua totalidade, já que a parte do município que está inserida na UPG 8.2 – Cubatão compreende toda a área rural do município. Para os municípios de Garopaba e Paulo Lopes a criação animal parcial (com base na área inserida dos municípios na UPG 8.2 - Cubatão) foi considerada.

Em relação aos rebanhos, há um total de 913.283 unidades, destacando-se a criação de galináceos (862.157 unidades) e bovinos (43.636 unidades), que representam, respectivamente, 94,4 % e 4,8 % do rebanho total. Destacam-se os municípios de Águas Mornas, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara (Tabela 5).

Tabela 5 - Efetivo de rebanhos por espécie animal e por município da UPG 8.2 estimados para o ano de 2022

Espécie	Número de cabeças por município (2022)						
	Águas Mornas	Garopaba*	Palhoça	Paulo Lopes*	S. A. da Imperat.	São José	S. P. de Alcântara
Bovinos	7.445	2.850	6.405	6.199	12.510	3.049	4.640
Bubalinos	-	176	45	-	32	-	9
Equinos	27	120	961	220	663	835	185
Suínos	263	42	268	70	90	58	346
Caprinos	10	30	332	111	242	63	47
Ovinos	22	15	748	537	303	185	236
Galináceos	222.034	885	210.506	16.356	56.472	1.615	354.004
Carpa	10.100	-	-	150.178	100	-	-
Tilápia	30.200	-	1.950	14.086	5.000	3.295	-
Ostras, vieiras, mexilhões	-	23.833	2.800.000	-	-	801.300	-

Legenda: * Rebanhos considerados parcialmente, proporcionais à porcentagem do município na UPG 8.2, exceto para produção de ostras, vieiras e mexilhões.

Fonte: IBGE (2023).

A cidade em destaque na produção bovina é Santo Amaro da Imperatriz com 29% do total (12.510 cabeças). Para galináceos, São Pedro de Alcântara detém a maior produção (41%), seguido de Águas Mornas com 26% e Palhoça com 24%, para o ano de 2022. Já o rebanho de equídeos é superior em São José com 31% do total (982 cabeças), enquanto a produção de suínos é maior em São Pedro de Alcântara (346 cabeças), algo em torno de 30%. Palhoça se destaca na criação de caprinos (332 cabeças) e ovinos (748 cabeças).

A carga orgânica proveniente de efluentes da criação animal, em unidade de kg/dia, foi estimada considerando a produção de DBO_{5,20} por peso de animal vivo (Von Sperling; Chernicharo, 2005), sendo adotado Bovinos 0,84 kg DBO/cabeça/dia, suínos 0,16 kg DBO/cabeça/dia e aves 0,0018 kg DBO/cabeça/dia (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da carga de DBO_{5,20°C} de criação animal na UPG 8.2 – Cubatão

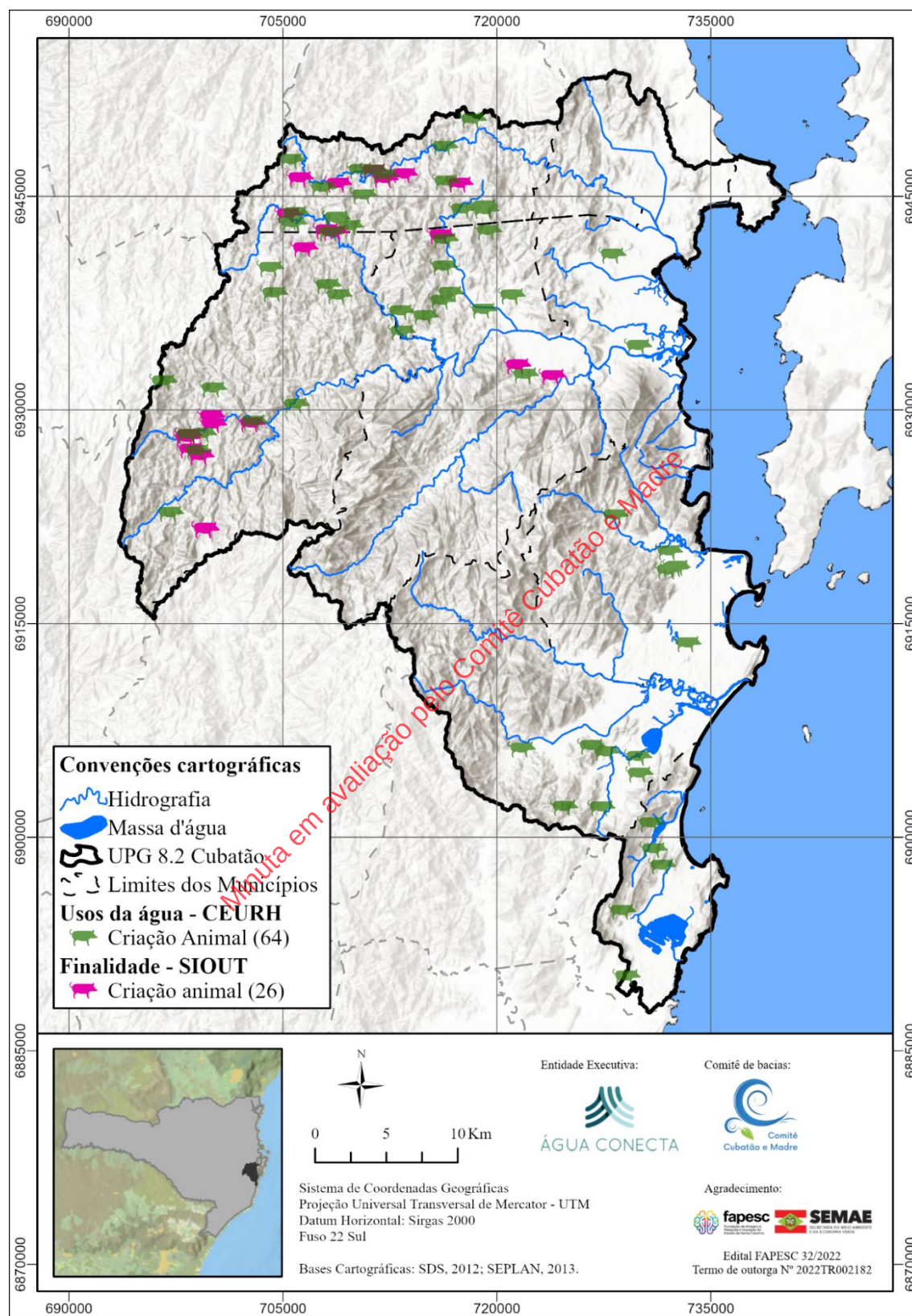
Espécie	kg DBO/cabeça/dia	Número de cabeças	Carga (kg DBO/dia)	Carga (ton DBO/dia)
Bovinos	0,84	43.636	36654,03	36,6
Bubalinos	-	262	-	-
Equinos	-	3.158	-	-
Suínos	0,16	1.147	183,496	0,18
Caprinos	-	846	-	-
Ovinos	-	2.079	-	-
Galináceos	0,0018	862.157	1551,88206	1,5

Fonte: Von Sperling e Chernicharo (2005) e IBGE (2023).

Na Figura 14, observa-se que os pontos de captação cadastrados na finalidade de criação animal se concentram na parte oeste/norte da UPG 8.2, na região do Rio Caldas do Norte e cabeceira do Rio Maruim, mais especificamente nos municípios de Águas Mornas e São Pedro de Alcântara, também confirmado pela Tabela 5. Na região de Paulo Lopes, Garopaba e Palhoça, também existem pontos onde se verifica uma concentração de cadastros de criação animal, na parte leste/sul da UPG 8.2 – Cubatão.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 14 - Cadastros de usuários de criação animal na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

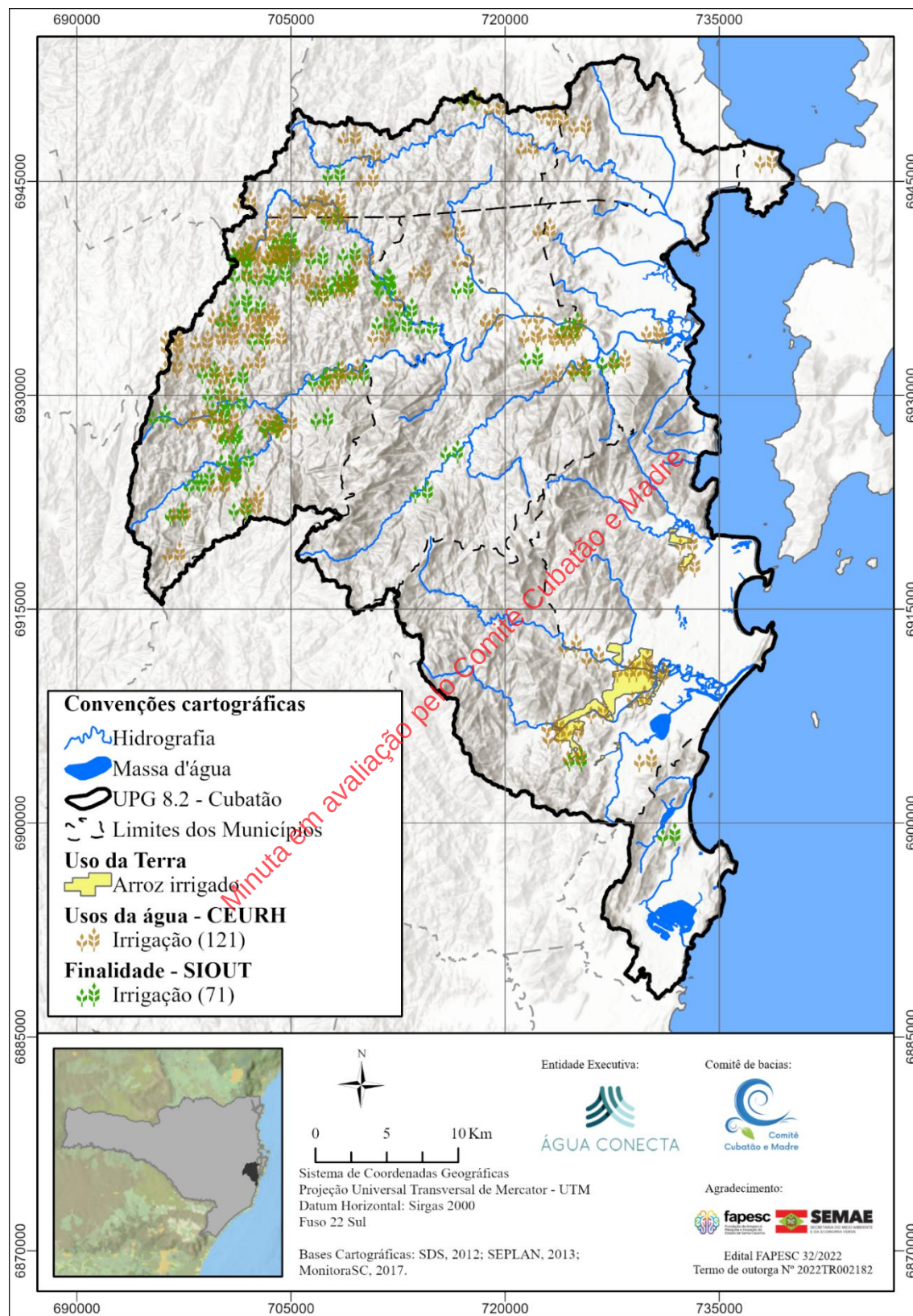
Em relação a aquicultura, nem todas as cidades apresentaram produção. O destaque para o ano de 2022 foi o município de Paulo Lopes (150.178 kg) na produção de Carpas e Águas Mornas (30.200 kg) na produção de Tilápias.

Em relação a agricultura, destaca-se o arroz irrigado, especialmente pelo alto consumo de água que esta cultura exige. Para o ano de referência de 2017, em Paulo Lopes foram declarados 816 hectares de cultivo do arroz (em casca). A produção do arroz na UPG 8.2 - Cubatão também é realizada em Palhoça (605 ha) e Garopaba (172 ha) (Figura 15) (IBGE, 2023). Para Águas Mornas, Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, São Pedro de Alcântara não foram declaradas áreas de cultivo de arroz irrigado.

A partir dos dados do Programa MonitoraSC (FlorestaSC, 2018), totalizou-se a área de arroz irrigado na UPG 8.2 – Cubatão de 1.574 ha, conforme Figura 15. Na figura abaixo foram discretizadas duas classificações: (i) arroz irrigado que é a cobertura geográfica obtida pela classificação do Programa MonitoraSC, e (ii) a irrigação que é referente a um cadastro de usuário de água para a finalidade da irrigação.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 15 - Cadastros de usuários de irrigação e áreas de arroz irrigado na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

3.4. DISPONIBILIDADE, DEMANDA E CONDIÇÕES DAS ÁGUAS

3.4.1. Disponibilidade Hídrica Superficial

Dentre as Unidades de Gestão (UGs), a que apresenta a maior disponibilidade hídrica é a UG Foz do Cubatão, enquanto a UG Siriú apresenta a menor disponibilidade hídrica (Tabela 7). Para cada UG, apresenta-se a vazão média de longo termo (Q_{mlt}), vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$), vazão com permanência de 98% do tempo (Q_{98}), vazão com permanência de 95% do tempo (Q_{95}), vazão com permanência de 90% do tempo (Q_{90}) (Santa Catarina, 2018a).

Tabela 7 - Vazões características por Unidade de Gestão da UPG 8.2 – Cubatão

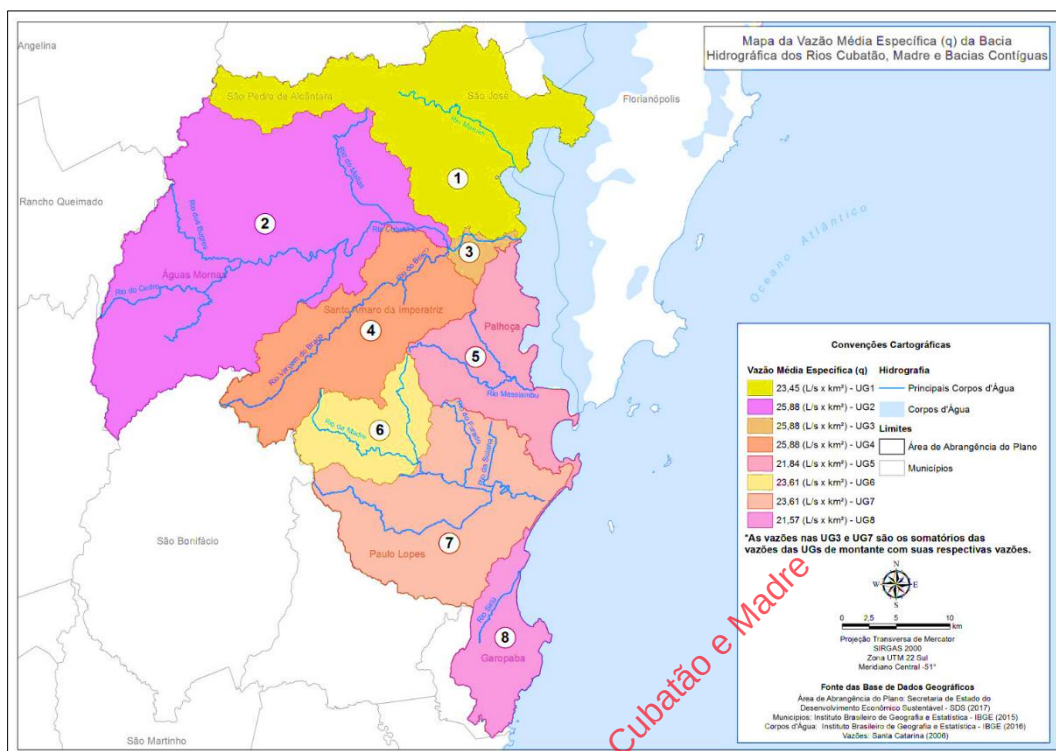
Unidades de gestão	Q_{mlt} L/s	Q_{90} L/s	Q_{95} L/s	Q_{98} L/s	$Q_{7,10}$ L/s
Maruim	6.657	3.195	2.663	2.197	1.149
Cubatão	13.432	6.448	5.373	4.443	2.355
Foz do Cubatão ¹	19.217	9.224	7.687	6.342	3.370
Vargem do Braço	5.345	2.566	2.138	1.764	937
Massiambu	3.048	1.036	823	640	465
Cachoeiras	2.165	736	585	455	340
Madre ²	7.939	2.699	2.143	1.667	1.245
Siriú	1.819	619	491	382	281

¹ Inclui as contribuições de vazões das UGs Cubatão e Vargem do Braço. ² Inclui a contribuição de vazão da UG Cachoeiras.

Fonte: Santa Catarina (2018a).

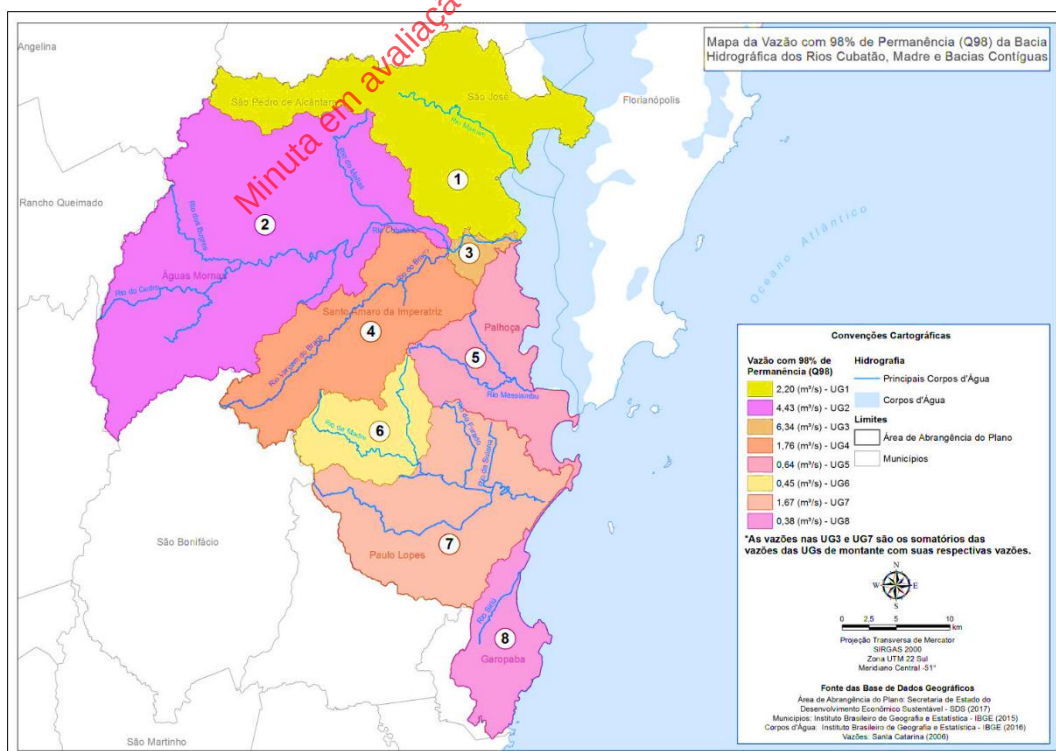
A área de drenagem das UGs foi o fator determinante para a disponibilidade hídrica. A UG Siriú possui a menor área de drenagem, com o equivalente a 84 km². A UG Foz do Cubatão recebe as contribuições de vazões da UG Cubatão e UG Vargem do Braço, totalizando assim 743 km² de área de drenagem (Figura 16 e Figura 17).

Figura 16 - Qmlt nas UGs da UPG 8.2 - Cubatão.



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade. Arquivo disponível na ETAPA C – TOMO II - página 76, Figura 30 – Vazão média de longo termo específica nas UGs. Fonte: Santa Catarina (2018b).

Figura 17 - Vazão com 98% de permanência nas UGs da UPG 8.2 – Cubatão.



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade. Arquivo disponível em Santa Catarina (2018b), ETAPA C

– TOMO II - página 88, Figura 47 – Vazão com 98% do tempo nas UGs. Fonte: Santa Catarina (2018b).

3.4.2. Disponibilidade Hídrica Subterrânea

Os sistemas de aquíferos estão relacionados aos domínios geológicos, representados pelas unidades hidroestratigráficas.

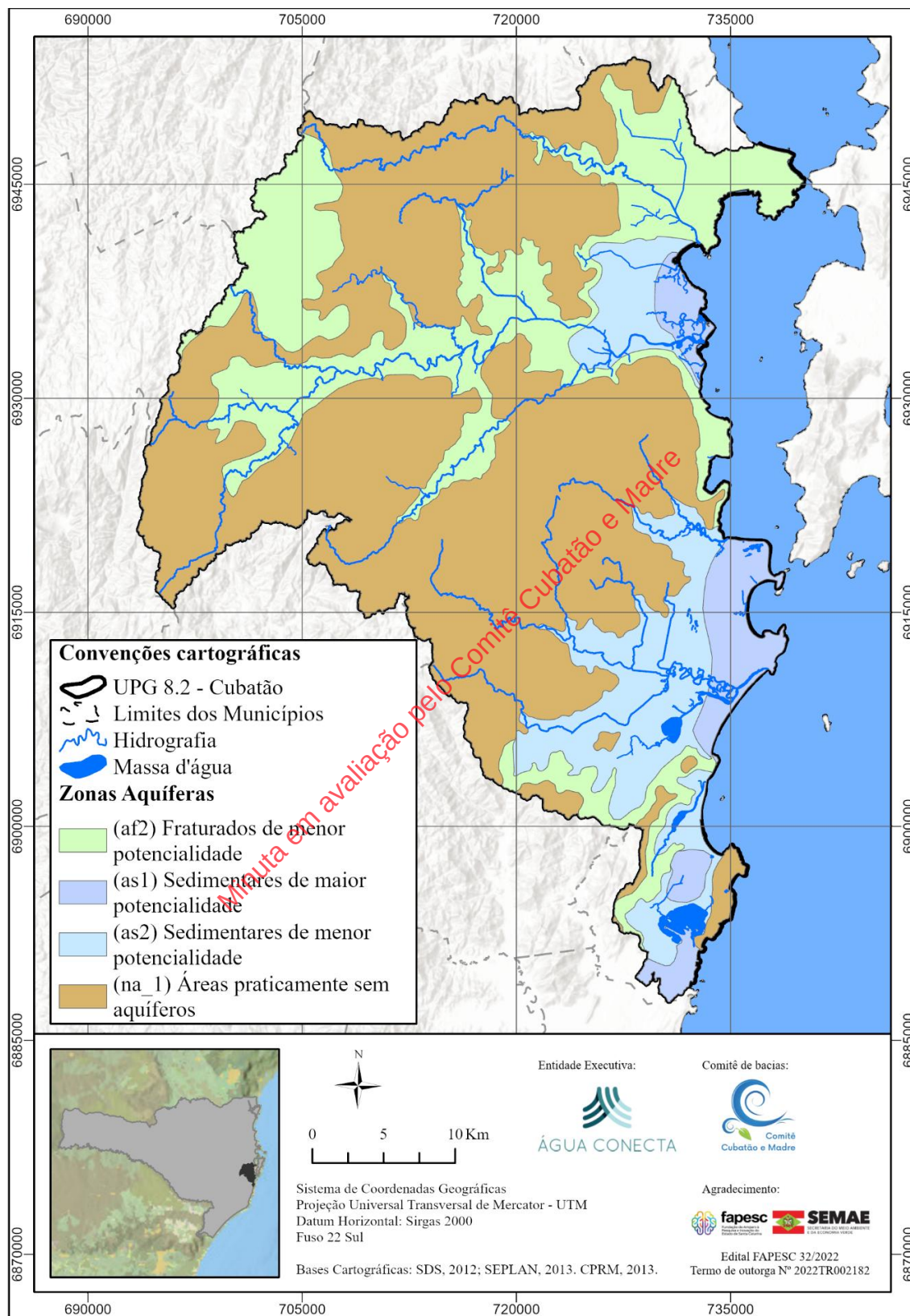
No Terreno Florianópolis – Batólito Florianópolis e Terreno Tijucas – granitóides relacionados ao Cinturão Metavulcanossedimentar, as vazões podem variar entre 0,5 e 20,0 m³/h, apresentando níveis de água rasos nas regiões aplainadas, variando de aflorante até 3 m (Santa Catarina, 2018a). Em áreas de relevo acentuado, os níveis praticamente não ultrapassam 6 m. A capacidade específica (média) está em torno de 0,67 m³/h/m.

Para a Bacia do Paraná, a área é caracterizada pelo sistema de aquífero relacionado à Formação Rio do Sul, cujas vazões dos poços variam de 1 m³/h a 10 m³/h. As capacidades específicas variam conforme as condições de sedimentação e a estruturação tectônica (Santa Catarina, 2018a).

Para as Coberturas Sedimentares do Cenozóico, o aquífero apresenta alta potencialidade, podendo fornecer vazões superiores a 30 m³/h. A capacidade específica também tende a ser alta, podendo chegar a 6 m³/h/m, especialmente em áreas em que o nível estático se encontra próximo à superfície (Santa Catarina, 2018a). A Figura 18 mostra o Mapa Hidrogeológico apresentando uma discretização das áreas hidrogeologicamente semelhantes.

Na UPG 8.2 – Cubatão foram identificadas quatro diferentes zonas aquíferas, sendo a maior parte da UPG 8.2 - Cubatão, cerca de 57,50 %, identificada sobre uma zona de baixa potencialidade aquífera, caracterizada por Machado (2013) como áreas praticamente sem aquíferos (na_1). Essas áreas são compreendidas por rochas graníticas e granitóides presentes na forma maciça, o que condiciona a ocorrência do armazenamento de água subterrânea em fraturas, entretanto, praticamente sem movimentação. Os sistemas aquíferos encontram-se descritos a seguir.

Figura 18 - Distribuição espacial das zonas aquíferas na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

3.4.2.1. Aquíferos sedimentares - as1 (litorâneos)

A zona as1 é caracterizada por Sistemas de Aquíferos Cenozóicos Litorâneos, predominantemente associados à Unidade Hidroestratigráfica do Cenozóico. Consiste em um sistema de aquíferos livres, contínuos e homogêneos, caracterizado por sedimentos marinhos e costeiros, representados em sucessões de camadas arenosas pouco ou não consolidadas (Machado, 2013). Este sistema de aquíferos compõe a zona de menor abrangência na UPG 8.2 - Cubatão, totalizando 5,33%, ocupando uma fração do município de Garopaba, litoral de Paulo Lopes e litoral nos extremos norte e sul de Palhoça (Santa Catarina, 2018b).

A zona as1 é caracterizada por uma alta potencialidade, com vazões variando de 20 m³/h a 90 m³/h, sendo o nível estático de 2,0 m a 4,0 m, bem próximos à superfície (Machado, 2013).

A zona as1 apresenta grande importância hidrogeológica, especialmente para o município de Garopaba, cujo abastecimento público de água na área urbana ocorre por meio da captação de água subterrânea por poços tubulares em sua totalidade. A alta potencialidade resulta no predomínio de poços perfurados na zona de aquíferos sedimentares em Garopaba, operados pela CASAN.

Em Garopaba o abastecimento público é realizado totalmente por captação de água subterrânea, existem no total 32 poços de captação ativos para abastecimento público, destes, 30 estão localizados na zona aquífera as1 e as2.

Na região sul de Palhoça foram identificados quatro poços localizados na praia da Pinheira, sendo um destes de propriedade do Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Palhoça. Além da praia da Pinheira, são atendidas por este poço a praia do Sonho e a Guarda do Embaú (Santa Catarina, 2018b).

3.4.2.2. Aquíferos sedimentares - as2 (continentais)

O sistema de aquíferos sedimentares as2 é representante da Unidade Hidroestratigráfica do Cenozóico correspondente aos Sistemas de Aquíferos Cenozóicos Continentais associados a Sistemas Marinhos. São aquíferos caracterizados principalmente por sedimentos continentais de origem aluvial e fluvial, apresentando sedimentos marinhos intercalados (Machado, 2013).

A zona aquífera as2 corresponde a 13,30% da área total da UPG 8.2 - Cubatão, sendo que sua área de abrangência compreende os municípios de Garopaba, Paulo Lopes, Palhoça, e uma pequena área no município de Santo Amaro da Imperatriz.

Embora esse sistema de aquíferos seja caracterizado por apresentar boa porosidade intergranular, trata-se de aquíferos anisotrópicos (Machado, 2013), os quais consistem em reservas subterrâneas que direcionam os fluxos em caminhos preferenciais. Por essa razão, apresentam menor produtividade quando comparados aos aquíferos sedimentares litorâneos. Nessas condições, os aquíferos sedimentares continentais apresentam potencialidade de média a baixa, com vazões médias variando entre 1,0 – 3,0 m³/h. Os níveis estáticos variam de 2,0 m a 4,0 m na superfície (Santa Catarina, 2018b).

Conforme SIAGAS (CPRM, 2017), no município de Garopaba existem dois poços de captação no sistema de aquíferos sedimentares continentais. No município de Palhoça, foram identificados 15 poços no sistema aquífero as2, destes três são utilizados para exploração de água mineral (Santa Catarina, 2018b). Em Santo Amaro de Imperatriz existem 3 poços localizados no as2 e apenas 1 poço em Paulo Lopes.

Apesar de indicarem menor produtividade (Machado, 2013), os aquíferos sedimentares continentais apresentam grande importância hidrogeológica local. Esse aspecto é identificado especialmente no município de Paulo Lopes, onde o sistema de aquíferos sedimentares continentais é utilizado como manancial de dois sistemas de abastecimento de água, atendendo cerca de 2.700 habitantes (CASAN, 2017 *apud* Santa Catarina, 2018b). Ressalta-se a alta produtividade e a potencialidade identificadas no município de Palhoça, em poços localizados próximos à zona aquífera fraturada (Santa Catarina, 2018b). Essa variação da produtividade indica uma heterogeneidade no sistema de transmissibilidade do fluxo, possivelmente justificada pelas variações da granulometria e da razão areia/argila, características desse sistema de aquíferos (Santa Catarina, 2018b).

3.4.2.3. Aquíferos fraturados - af2

O sistema de aquíferos fraturados af2 é determinado pela Unidade Hidroestratigráfica Embasamento Cristalino. A zona aquífera af2 é composta por uma litologia complexa, a qual constitui em aquíferos semiconfinados, cuja condutividade ocorre por fraturamentos, podendo ser ampliada conforme a espessura de alteração superficial (Machado, 2013). Esse sistema de aquíferos apresenta uma expressiva variabilidade hidrogeológica, indicando uma significativa variação na produtividade.

A zona aquífera af2 corresponde a 24% da área da UPG 8.2 - Cubatão, abrangendo as regiões centrais de Garopaba e Paulo Lopes; o litoral central de Palhoça e pequena porção norte

do município; a região central de Santo Amaro da Imperatriz; a porção central e noroeste de Águas Mornas, estendendo-se para região oeste do município de São Pedro de Alcântara; e, quase integralmente o município de São José (Santa Catarina, 2018b). De acordo com Machado (2013), o sistema de aquíferos fraturados pode ser caracterizado por apresentar vazões na faixa de 2 m³/h a 9 m³/h, com alguns poços que chegam a atingir 20 m³/h. Os níveis estáticos tendem a variar entre 3,0 metros a 12,0 metros.

Na UPG 8.2 - Cubatão, há um número significativo de poços localizados em aquíferos fraturados, especialmente na região dos municípios de Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, São José, Águas Mornas, Florianópolis e São Pedro de Alcântara. Foram identificados 115 poços situados nesta zona aquífera, os quais caracterizam uma vazão característica de 2 a 9 m³/h (CPRM, 2017) e de acordo com o PRHCM a vazão média é de 10,63 m³/h (Santa Catarina, 2018b).

Nos poços cadastrados no Siagas (CPRM, 2017), a capacidade específica média calculada para zona aquífera af2 consiste em 1,81 m³/h/m, caracterizando produtividades de média a alta, possivelmente devido à localização dos poços em relação aos lineamentos e descontinuidades geoestruturais (Santa Catarina, 2018b).

No município de Águas Mornas foram identificados 18 poços na porção leste, com vazão média de 14,7 m³/h de acordo com o PRHCM, o que caracteriza uma vazão representativa de alta potencialidade para aquíferos fraturados (Machado, 2013).

Em Santo Amaro da Imperatriz, foram identificados 32 poços, sendo sete desses em áreas de concessão de lavra para utilização de engarrafamento de águas minerais e de águas termais. Os poços localizados dentro dos limites de Santo Amaro da Imperatriz estão situados quase que integralmente no sistema de aquíferos fraturados af2. Dos sete poços identificados sobre as áreas de concessão de lavra, três são referente ao segmento de engarrafamento, com uma vazão média é de 22 m³/h (CPRM, 2017). A vazão média dos poços localizados em Santo Amaro da Imperatriz é de 9,24 m³/h, representando um valor esperado entre limites estabelecidos por Machado (2013) para esse sistema de aquíferos.

No município de Palhoça foram identificados 33 poços sobre o sistema de aquíferos fraturados, sendo a maior parte localizada ao norte do município. De acordo com os dados do PRHCM a vazão média dos poços é de 19,9 m³/h, e a capacidade média específica é de 2,27 m³/h/m (Santa Catarina, 2018b), representando respectivamente boa potencialidade e alta produtividade dos aquíferos fraturados localizados nessa região.

O município de São José é quase que integralmente caracterizado pela ocorrência de aquíferos fraturados af2. Nessa zona aquífera foram identificados 25 poços, que de acordo com os dados do PRHCM apresentam vazão média de 9,74 m³/h, representando uma potencialidade média esperada para os aquíferos fraturados (Machado, 2013).

Na região continental de Florianópolis, foram identificados seis poços. De acordo com os dados do PRHCM, estes apresentam vazão média de 4 m³/h. De acordo com os dados dos poços cadastrados no Siagas (CPRM, 2017), a capacidade específica média dentro dos limites continentais de Florianópolis é de 0,21 m³/h/m, caracterizando uma produtividade baixa.

No município de São Pedro de Alcântara, há um poço localizado na área de ocorrência da zona aquífera af2, utilizado no abastecimento do Complexo Penitenciário São Pedro de Alcântara.

De forma geral, esse sistema aquífero apresenta produtividade de média a baixa, com pontos isolados de alta produtividade (como em Águas Mornas e ao norte do município de Palhoça), em que a vazão específica média apresenta cerca de 4,6 m³/h/m. Nas demais áreas, a capacidade específica média identificada é menor que 1 m³/h/m, caracterizando produtividade de média a baixa (Santa Catarina, 2018b). Entretanto, apresenta grande importância hidrogeológica para a bacia hidrográfica, pois a maioria dos poços encontram-se perfurados na área de ocorrência dos aquíferos fraturados af2.

3.4.2.4. Áreas praticamente sem aquíferos - na_1

A maior parte da UPG 8.2 – Cubatão, cerca de 57,4%, é formada por áreas praticamente sem aquíferos (na_1). De acordo com Machado (2013), essa zona aquífera é constituída de aquíclides e aquíferos restritos a zonas fraturadas, ocupando áreas de altitudes mais elevadas. Apesar de se tratar de uma zona aquífera desfavorável, foram identificados 20 poços, cuja vazão média identificada no PRHCM é de 6,66 m³/h, valor considerado alto para as características hidrogeológicas desse sistema de aquíferos (Santa Catarina, 2018b).

O município de São Pedro de Alcântara apresenta o maior número de poços identificados em zona aquífera desfavorável. Foram identificados dez poços, sendo dois em áreas de concessão de água mineral voltados à engarrafamento de água mineral. A vazão média dos poços localizados no município é de 9,77 m³/h, considerada alta (Santa Catarina, 2018b).

No município de Palhoça foram identificados sete poços tubulares profundos, localizado na região central do município, próximo ao limite da zona sedimentar continental (as2). De

acordo com o PRHCM, um deles foi classificado como poço seco, ressaltando a baixa produtividade dessa zona aquífera (Santa Catarina, 2018b).

Em Santo Amaro da Imperatriz foi identificado um poço tubular profundo, localizado sobre o prolongamento de uma descontinuidade geoestrutural (lineamento), que atravessa a zona de aquífero fraturada. A vazão média neste local é de 2,4 m³/h, com capacidade específica de 0,058 m³/h/m (Santa Catarina, 2018b).

Também foram identificados poços na zona aquífera na_1 em Águas Mornas (1 poço) e São José (1 poço).

Esse sistema é caracterizado por aquíferos praticamente improdutivos, com exceção de situações pontuais em que ocorrem em porções topograficamente mais baixas ou sobre fraturas localizadas. Os poços identificados nesta área (na_1) apresentam-se próximos a outras zonas aquíferas e sobre vales abertos, ou seja, vales que provavelmente se encontram conectados às zonas aquíferas por fraturas (Santa Catarina, 2018b). Esse cenário indica uma importância hidrogeológica local desse sistema de aquíferos para essa área, a qual deve ser considerada como potencial hídrico em locais próximos a vales e cursos hídricos superficiais, especificamente associados a lineamentos geoestruturais. Ressalta-se, entretanto, que, excepcionalmente, o município de São Pedro de Alcântara apresenta a maior parte de poços identificados ocorrendo sobre a zona aquífera desfavorável e com uma vazão média considerada alta para esse sistema (Santa Catarina, 2018b).

3.4.3. Demandas de retirada superficial

3.4.3.1. Superficial – PRHCM (2018)

A Tabela 8 apresenta as vazões de retirada, retorno e consumo de água para o abastecimento urbano calculadas no PRHCM (Santa Catarina, 2018b). O município de Florianópolis apresenta as maiores demandas hídricas, e Águas Mornas a menor.

Tabela 8 - Vazões de retirada, retorno e consumo de abastecimento urbano para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Demanda hídrica de retirada (m³/mês)	Demanda hídrica de retorno (m³/mês)	Demanda hídrica de consumo (m³/mês)
Águas Mornas	12.998	10.398	2.600
Florianópolis	2.232.902	572.501	1.660.401
Garopaba	140.993	112.794	28.199
Palhoça	1.153.663	922.930	230.733
Paulo Lopes	25.756	20.605	5.151
Santo Amaro da Imperatriz	330.099	264.079	66.020
São José	791.780	633.424	158.356
São Pedro de Alcantara	13.286	10.629	2.657

Fonte: Santa Catarina (2018a).

Florianópolis foi caracterizado como consumidor de água devido ao fato do abastecimento público fazer a maior parte da captação no Rio Cubatão (Santa Catarina, 2018b). Segundo o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB) de Florianópolis (Florianópolis, 2011), os mananciais Rio Vargem do Braço e Rio Cubatão abastecem o Sistema Integrado de Abastecimento da Região de Agrônômica, Balneário, Barra do Sambaqui, Bom Abrigo, Cacupé, Canto, Centro, Coloninha, Coqueiros, Córrego Grande, Estreito, Itacorubi, Itaguaçu, Jardim Atlântico, João Paulo, José Mendes, Monte Cristo, Monte Verde, Pantanal, Saco dos Limões, Saco Grande, Sambaqui, Santa Mônica, Santo Antônio e Trindade.

Em relação a população rural, esta não foi considerada para o município de Florianópolis, pois a parte do município que é contemplada na área de estudo é urbana.

A Tabela 9 apresenta as vazões de retirada, retorno e consumo de água para o abastecimento rural, calculadas para os municípios da UPG 8.2 – Cubatão (Santa Catarina, 2018b).

Tabela 9 - Vazões de retirada, retorno e consumo de abastecimento rural, calculadas para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Demanda hídrica de retirada (m³/mês)	Demanda hídrica de retorno (m³/mês)	Demanda hídrica de consumo (m³/mês)
Águas Mornas	10.809	5.405	5.405
Garopaba	10.056	5.028	5.028
Palhoça	7.134	3.567	3.567
Paulo Lopes	6.114	3.057	3.057
Santo Amaro da Imperatriz	16.353	8.177	8.177
São José	8.412	4.206	4.206
São Pedro de Alcantara	3.414	1.707	1.707
Total	62.292	31.146	31.146

Fonte: Santa Catarina (2018b).

3.4.3.2. Superficial – atualizado (2023)

Com dados do CEURH (2023) as vazões de retirada total superficial da UPG 8.2 – Cubatão foram estimadas em 11,44 m³/s. São um total de 259 cadastros de usuários de água superficial, no qual a maioria (230) está como “não avaliados” (88,8%) e 29 estão “aprovados” (11,2%) (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo das vazões de captação por setor usuário para a UPG 8.2 – Cubatão

Finalidades	Status		Total (m³/s)
	Aprovado (m³/s)	Não avaliado (m³/s)	
Abastecimento Público	5,0267	0,0887	5,1153
Aquicultura	-	0,0186	0,0200
Criação Animal	0,0002	0,0029	0,0031
Industrial	-	0,0306	0,0306
Irrigação	-	5,9811	5,9811
Mineração	0,0155	0,2479	0,2634
Outros Usos	0,0011	0,0244	0,0255
Total Geral	5,0435	6,3941	11,4377

Fonte: adaptado de CEURH (2023).

Com dados do SIOUT-SC (2023) as vazões de retirada total superficial da UPG 8.2 – Cubatão foram estimadas em 61,29 m³/s. Entretanto, a partir de uma análise preliminar destes dados, considera-se a possibilidade de inconsistências nos cadastros do SIOUT-SC, tendo em vista que um único cadastro industrial do SIOUT-SC está com vazão de 60 m³/s declarados. Neste caso, foi excluído o cadastro para apresentação dos resultados. Desta forma, o total declarado na UPG 8.2 – Cubatão foi de 1,2961 m³/s. A irrigação é a atividade que mais demanda água (47,8%), seguido do abastecimento público (29,7%). Além destes, há usos para o fornecimento de água para terceiros (6,5%), indústria (5,9%), mineração (5,3%) e a criação animal (3,9%), que ainda possuem uma certa representatividade nas vazões declaradas (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo das vazões de captação por setor usuário para a UPG 8.2 – Cubatão

Finalidades	Total (m³/s)
Abastecimento Público	0,3850
Aquicultura	0,0003
Consumo Humano	0,0123
Criação Animal	0,0504
Industrial	0,0762*
Irrigação	0,6191
Mineração	0,0691
Fornecimento de água a terceiros	0,0836
Total Geral	1,2961

Legenda: * retirado usuário industrial com 60 m³/s declarado.

Fonte: adaptado de SIOUT-SC (2023).

3.4.4. Demanda de retirada subterrânea

3.4.4.1. Subterrânea – PRHCM (2018)

De acordo com os dados do CEURH, disponibilizados pela SDS em 2017 (Santa Catarina, 2017), existiam 85 usuários de água subterrânea cadastrados na UPG 8.2 - Cubatão. A maior parte dos usuários cadastrados estavam localizados entre os municípios de Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz, com destaque para o município de Garopaba. Nesta avaliação foram desconsiderados dois usuários cadastrados que apresentaram o parecer de outorga reprovado. Além destes, considerou-se 16 pontos de captação subterrânea sob operação da Casan, 13 no município de Garopaba e 03 em Paulo Lopes. Também foram considerados os dados dos poços cadastrados no SIAGAS na estimativa da demanda hídrica geral, considerando que os respectivos poços estão em regime de operação e aptos a extrair a vazão de estabilização cadastradas (Silva; Kirchheim, 2011 *apud* Santa Catarina, 2018b).

A vazão média de captação dos poços cadastrados em 2017 é 27,9 m³/h ou de 10.044 m³/mês, considerando uma operação ininterrupta de 12 horas por dia. A vazão média de extração caracteriza uma alta demanda hídrica, especialmente devido aos poços localizados em Garopaba, onde há alta densidade de demanda hídrica subterrânea para o abastecimento público (Santa Catarina, 2018b).

O somatório das vazões de extração, representando a vazão de demanda hídrica total da UPG 8.2 – Cubatão é de 2.706 m³/h, o que corresponde a uma demanda de 974.251 m³/mês. No PRHCM foi considerado um fator de clandestinidade de poços (Silva; Kirchheim, 2011), de 5

poços clandestinos para 1 poço cadastrado. Adicionalmente, considerando esse fator a demanda hídrica subterrânea da UPG 8.2 - Cubatão passaria a ser 13.531 m³/h, que representa uma demanda total de 4,9 hm³/mês (Santa Catarina, 2018b).

De acordo com os dados apresentados no PRHCM é possível perceber que as maiores demandas se concentram no município de Garopaba, com destaque também para um poço com alta demanda no município de Águas Mornas (Tabela 12).

A seguir, encontra-se uma tabela e um resumo por município da avaliação realizada pelo PRHCM (Santa Catarina, 2018b).

Tabela 12 - Demanda hídrica subterrânea no local dos poços cadastrados

Município	Número de poços	Vazão média de captação (m ³ /h)	Vazão total extraída ¹ (m ³ /h)
Águas Mornas	8	149	1.195
Florianópolis	4	4,1	16,6
Garopaba	13	68,8	894
Palhoça	28	8,8	246
Paulo Lopes	5	22,2	111
Santo Amaro da Imperatriz	19	7,3	139
São José	18	5,2	94,2
São Pedro de Alcântara	2	5,2	10,4
Total	97	-	2.706

¹ Vazão de extração considerando um regime de operação de 12h/dia.

Fonte: Santa Catarina (2017), CPRM (2017) e Santa Catarina (2018b)

Em Águas Mornas foram identificados oito poços cadastrados, sendo a maioria destes destinados ao uso na irrigação. A vazão média de extração dos poços é de 149 m³/h, indicando uma alta demanda comparada à média total da UPG 8.2 – Cubatão. O somatório das vazões de extração dos poços em Águas Mornas é de 1.195 m³/h, caracterizando uma região de alta densidade de demanda hídrica subterrânea (Santa Catarina, 2018b). Entretanto, sabe-se que essa alta vazão de extração é reflexo de um poço identificado no CEURH, apontado pelo PRHCM, cuja média é de 1.111 m³/h, de uso destinado à criação animal. Considerando as vazões médias de exploração na UPG 8.2 – Cubatão, pode-se inferir que este valor se trata de um dado inconsistente, superestimando a vazão média calculada para o município. Salienta-se que no momento do estudo, o cadastro deste poço ainda não havia sido avaliado, o que também implica na ausência de consistência da informação.

No município de Florianópolis foram contabilizados quatro poços cadastrados na base do Siagas (CPRM, 2017), cuja vazão média de estabilização é de 4,1 m³/h. O somatório das

vazões de extração é de 16,6 m³/h (Santa Catarina, 2018b).

Em Garopaba foram identificados 13 poços. A vazão média de captação desses poços é de 825 m³/dia. Considerando a operação simultânea de todos os poços, em um regime de operação de 12 horas, o somatório das vazões de extração é de 894 m³/h.

No município de Palhoça existem 28 poços, cuja vazão média é de 8,8 m³/h. O somatório das vazões é de 246 m³/h. Foram identificados sete poços sob operação do Sistema de Água e Esgoto (SAE), localizados sobre o sistema de aquíferos fraturados e utilizados para o abastecimento público do bairro Pedra Branca (Santa Catarina, 2017). Os poços operados pelo SAE Pedra Branca totalizam uma demanda hídrica de 35.892 m³/mês. Ademais, foi identificado, na base Siagas (CPRM, 2017), um poço da Águas de Palhoça, cuja vazão de extração é de 10,8 m³/h. Entretanto, de acordo com os dados do Relatório de Fiscalização do Sistema de Abastecimento de Águas de Palhoça (ARIS, 2013), o sistema de captação subterrânea na região da praia da Pinheira é composto por 19 poços, totalizando uma vazão média de 90 m³/h (Santa Catarina, 2018b).

Em Paulo Lopes foram identificados cinco poços, cuja vazão média de captação é 22,2 m³/h e que contabilizam uma demanda hídrica de 111 m³/h. Três destes poços são operados pela CASAN. De acordo com consulta realizada à CASAN (2017), há dois pontos de captação subterrânea que compõem o SAA Paulo Lopes Areias, que juntos contabilizam vazão média de captação de 680 m³/h (Santa Catarina, 2018b).

No município de Santo Amaro da Imperatriz, foram contabilizados 19 poços cadastrados, cuja vazão média de captação é de 7,3 m³/h, sendo grande parte no sistema de aquíferos fraturados. O somatório das vazões de extração dos poços contabilizados é 139 m³/h, representando uma região de média demanda (Santa Catarina, 2018b).

Em São José foram identificados 18 poços, que apresentam vazão média de captação de 5,2 m³/h, e contabilizam uma demanda hídrica total de 94,2 m³/h. Essa região, em conjunto com a região norte de Palhoça, esta é uma região de alta densidade de demandas hídricas subterrâneas, sendo a maior parte da captação realizada em ambiente fraturado (Santa Catarina, 2018b).

Em São Pedro de Alcântara são dois poços, que representam uma vazão de captação média de 5,2 m³/h. O somatório das vazões de extração dos poços apresentou uma demanda hídrica de 10,4 m³/h (Santa Catarina, 2018b).

3.4.4.2. Subterrânea – Dados atualizados

De acordo com os dados do CEURH e SIOUT foi possível avaliar 187 usuários de água subterrânea cadastrados na UPG 8.2 – Cubatão. Além destes, foram considerados 29 pontos de captação subterrânea sob operação da CASAN, localizados em Garopaba.

A vazão média de captação dos poços cadastrados na bacia é de 8,9 m³/h ou de 3.190 m³/mês, considerando uma operação ininterrupta de 12 horas por dia. No cálculo da vazão média dos poços de captação subterrânea da CASAN considerou-se a vazão de estabilização do teste de bombeamento, já os dados provenientes do CEURH e SIOUT foram disponibilizados informações da vazão média.

O somatório das vazões de extração é de 1.896 m³/h, considerando uma operação ininterrupta de 12 horas por dia, por 30 dias de atividade, o que corresponde a uma demanda de 682.639 m³/mês. As maiores demandas hídricas subterrâneas (vazão média de exploração), em ordem decrescente, se concentram nos municípios de Garopaba, Santo Amaro da Imperatriz, Palhoça e Paulo Lopes (Figura 19 e Tabela 13).

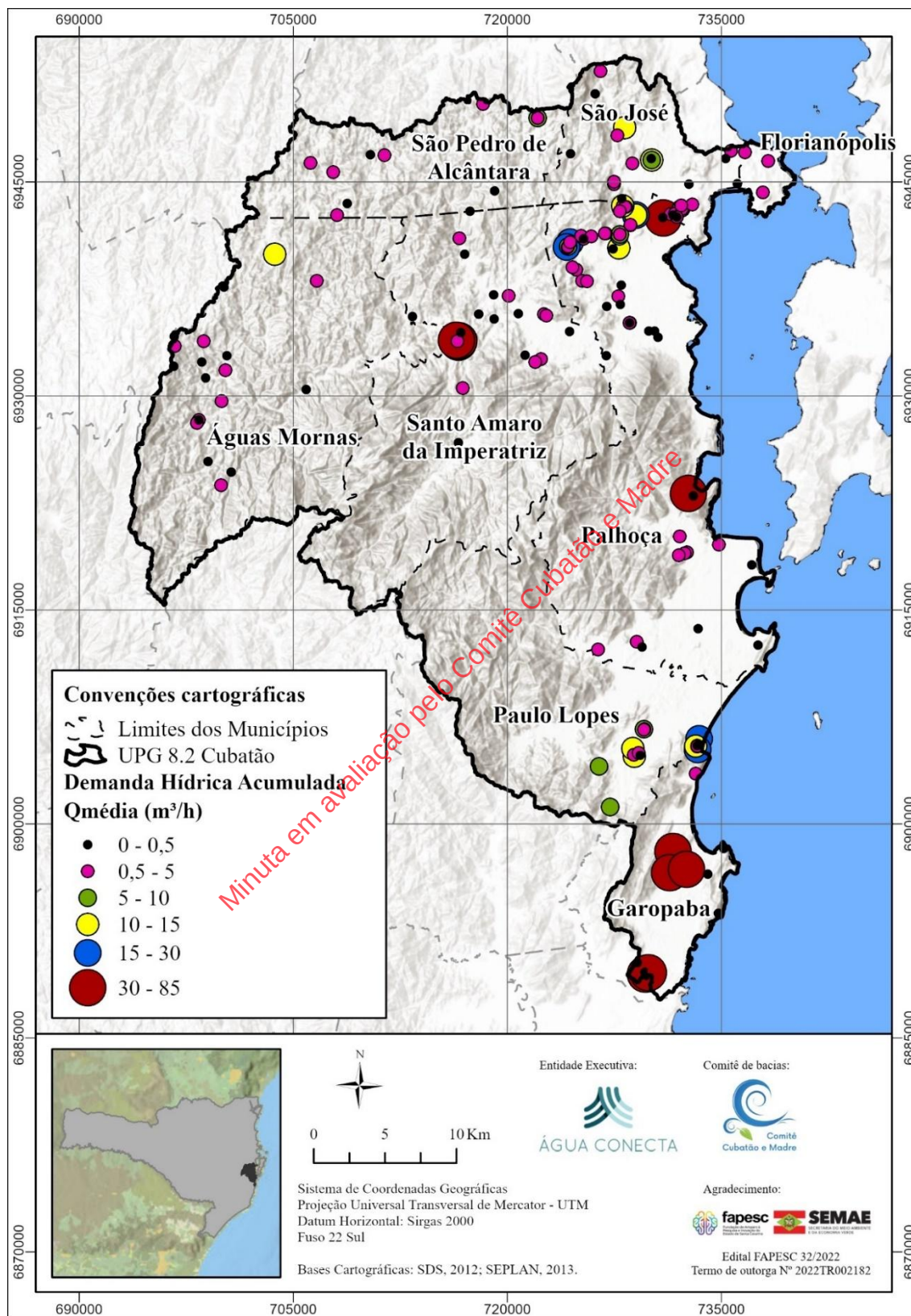
A Tabela 13 apresenta as principais informações sobre a exploração das águas subterrâneas por município da UPG 8.2 - Cubatão.

Tabela 13 - Caracterização da exploração subterrânea por município da UPG 8.2. – Cubatão considerando dados do CEURH e SIOUT (2023)

Município	Poços	Q média captação (m ³ /h)	Somatório Q explorada (m ³ /h)	Sistema aquífero principal	Principais usos
Garopaba	41	28,3	1.160	as1	Abastecimento público
Santo Amaro da Imperatriz	21	10,1	211	af2	Industrial, outros usos
Palhoça	63	4,7	295	af2	Abastecimento público, criação animal, industrial, outros usos
Paulo Lopes	28	3,8	105	as2	Abastecimento público
São José	28	2,5	69,7	af2	Industrial, outros usos
Águas Mornas	19	1,8	34,9	af2	Criação animal, irrigação
São Pedro de Alcântara	10	1,7	17,2	na_1	Criação animal
Florianópolis	2	1,7	3,3	af2	Irrigação, outros usos
Rancho Queimado	2	0,2	0,3	n/d	Irrigação, outros usos
Total	214	-	1.896	-	-

Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 19 - Demanda hídrica subterrânea com base nas vazões médias dos poços cadastrados



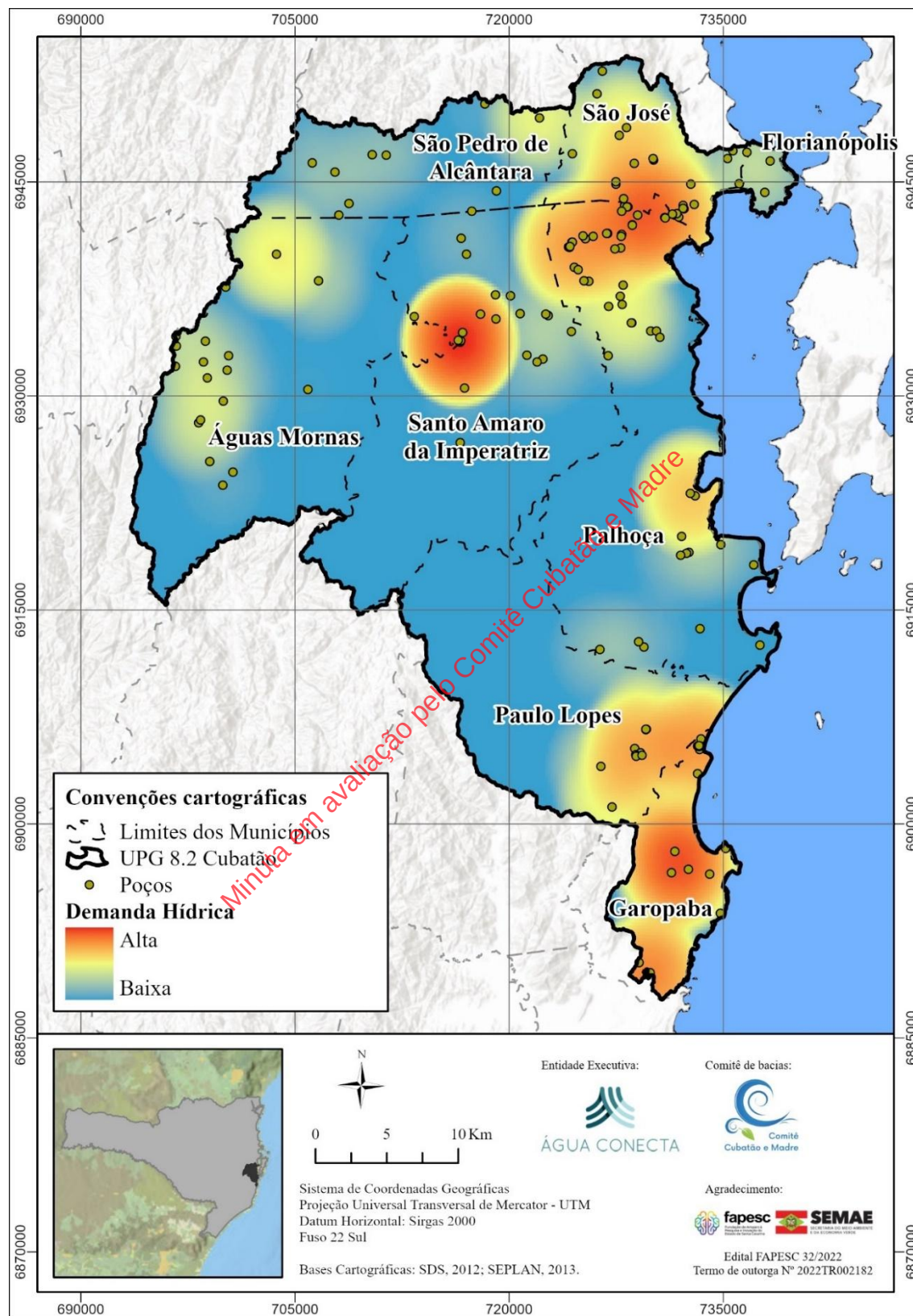
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Em linhas gerais, verifica-se vazões médias de exploração maiores em Garopaba (Q média = 28,3 m³/h) e Santo Amaro da Imperatriz (Q média = 10,1 m³/h), destinada ao abastecimento público e uso industrial, respectivamente.

A Figura 20 representa a densidade das demandas hídricas subterrâneas, de acordo com os poços cadastrados no estado de SC, ou seja, a magnitude da demanda de exploração por unidade de área (km²) utilizando a função de Kernel (Rosenblatt, 1956; Parzen, 1962). Está é uma atualização das informações contidas no PRHTB. Assim, foi possível identificar regiões com alta densidade hídrica subterrânea na UPG 8.2 – Cubatão, como áreas próximas a região central de Santo Amaro de Imperatriz, divisa entre São José e região Norte de Palhoça, Garopaba e Paulo Lopes; regiões com densidade de demandas hídricas médias, como nas proximidades de Palhoça; norte de São José; Paulo Lopes e Florianópolis.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 20 - Densidade de Demanda Hídrica Subterrânea na UPG 8.2 - Cubatão

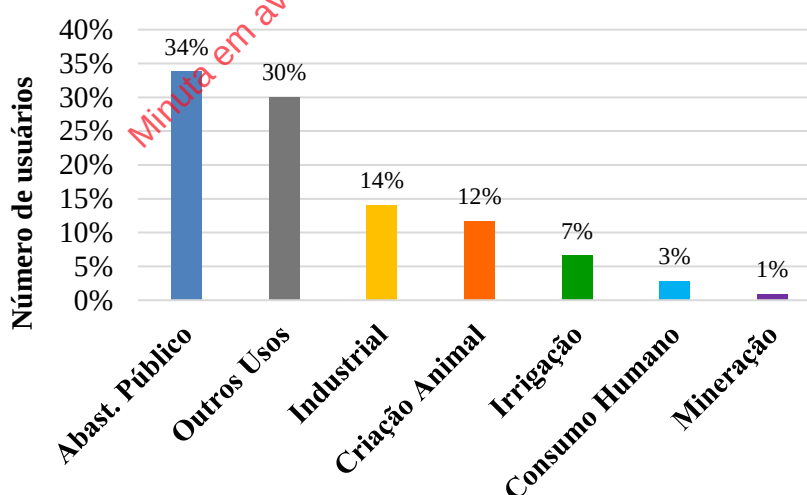


Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

A partir dos dados se traçou um panorama dos principais usos múltiplos da água subterrânea (Figura 21), bem como da demanda média de captação por setor usuário (Figura 21). Nessa interpretação, os dados foram sintetizados de acordo com as finalidades do CEURH (abastecimento público, consumo humano, criação animal, esgotamento sanitário, industrial, irrigação e outros usos), sendo assim, os dados do SIOUT cuja finalidade não se enquadrava nessas supracitadas (ex. limpeza geral, lavanderia, sistema de combate à incêndios), foram reclassificados como “outros usos”. Outra consideração sobre o gráfico apresentado foi a priorização dos usos principais para contabilização das finalidades, dessa forma, para usuários que continham mais de um tipo de finalidade no cadastro considerou-se a de maior importância, de acordo com os usos prioritários (exemplo: abastecimento público/consumo humano > criação animal > indústria).

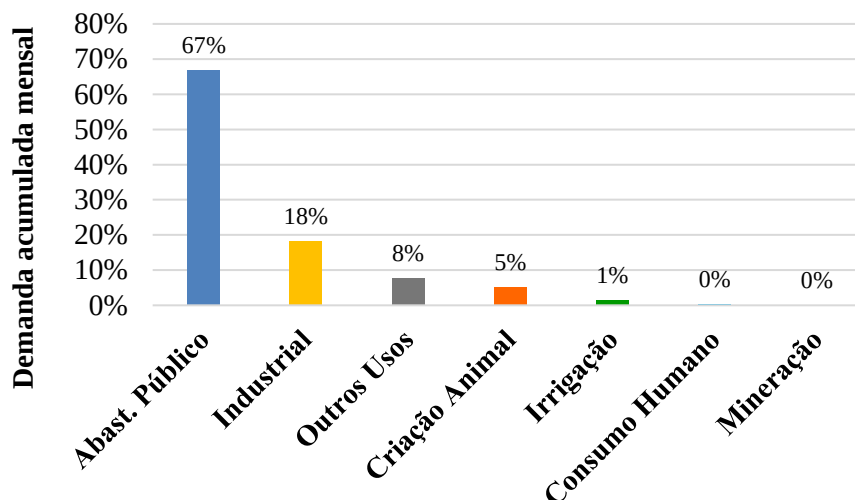
Os usos das águas subterrâneas mais relevantes por número de usuários na UPG 8.2 – Cubatão foram: abastecimento público (72 usuários ou 34%), outros usos (64 usuários ou 30%), industrial (30 usuários ou 14%), seguidos de criação animal (25 usuários ou 12%), irrigação (14 usuários ou 6%), consumo humano (6 usuários ou 3%) e mineração (2 usuários ou 1%). Vale ressaltar que além dos dados cadastrados do CEURH e SIOUT, nesta análise foram incorporados os dados da CASAN em Garopaba.

Figura 21 - Panorama dos usos múltiplos da água subterrânea por número de cadastros*



Nota: *Foram considerados os poços cadastrados no CEURH, SIOUT e poços da CASAN do município de Garopaba. Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Figura 22 - Panorama dos usos múltiplos da água subterrânea considerando a porcentagem da demanda acumulada total mensal*



Nota: * Foram considerados os poços cadastrados no CEURH, SIOUT e poços da CASAN do município de Garopaba – somatória dos dados de vazão acumulada considerando 12 h/dia de operação e 30 dias/mês. Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

O abastecimento público possui maior representatividade, caracterizando 34% dos usuários e 67% da demanda hídrica subterrânea média, com uma demanda hídrica subterrânea acumulada mensal a de 454.774 m³/mês. Maior parte dos poços cuja captação da água subterrânea é destinada ao abastecimento público se concentra em Garopaba. De acordo com o PRHCM (Santa Catarina, 2018b), o abastecimento público também apresentou maior representatividade dentre os setores usuários. Foi apontado no PRHCM que em Palhoça e São Pedro de Alcântara há a utilização no engarrafamento de águas minerais e Santo Amaro da Imperatriz e Águas Mornas uso de hotelaria/balneário/terapia.

O uso industrial da água subterrânea representa 14% dos usuários e 18% da demanda hídrica subterrânea mensal, totalizando 12.4523 m³/mês. Os municípios de São José e Palhoça dominam o setor com destaque para a construção civil (Santa Catarina, 2014 apud Santa Catarina, 2018b). No PRHCM foi identificado um poço de uso industrial no município de Santo Amaro da Imperatriz, voltado à produção de laticínios, e em São Pedro de Alcântara referente à água mineral engarrafada.

A irrigação consiste em cerca de 7% dos usuários de água subterrânea, concentrando-se no município de Águas Mornas. Este setor representa 1% da demanda hídrica subterrânea total mensal, caracterizando uma vazão média de 10.017 m³/mês, com as maiores vazões concentradas na zona de aquíferos fraturados. A criação animal representa 12% dos usuários e 5% da demanda hídrica subterrânea mensal, totalizando 36.052,37 m³/mês. Para criação animal,

o diagnóstico difere do PRHCM.

Para os setores “Consumo humano” e “Mineração” verificou-se baixa representatividade tanto para número de usuários quanto da demanda total mensal.

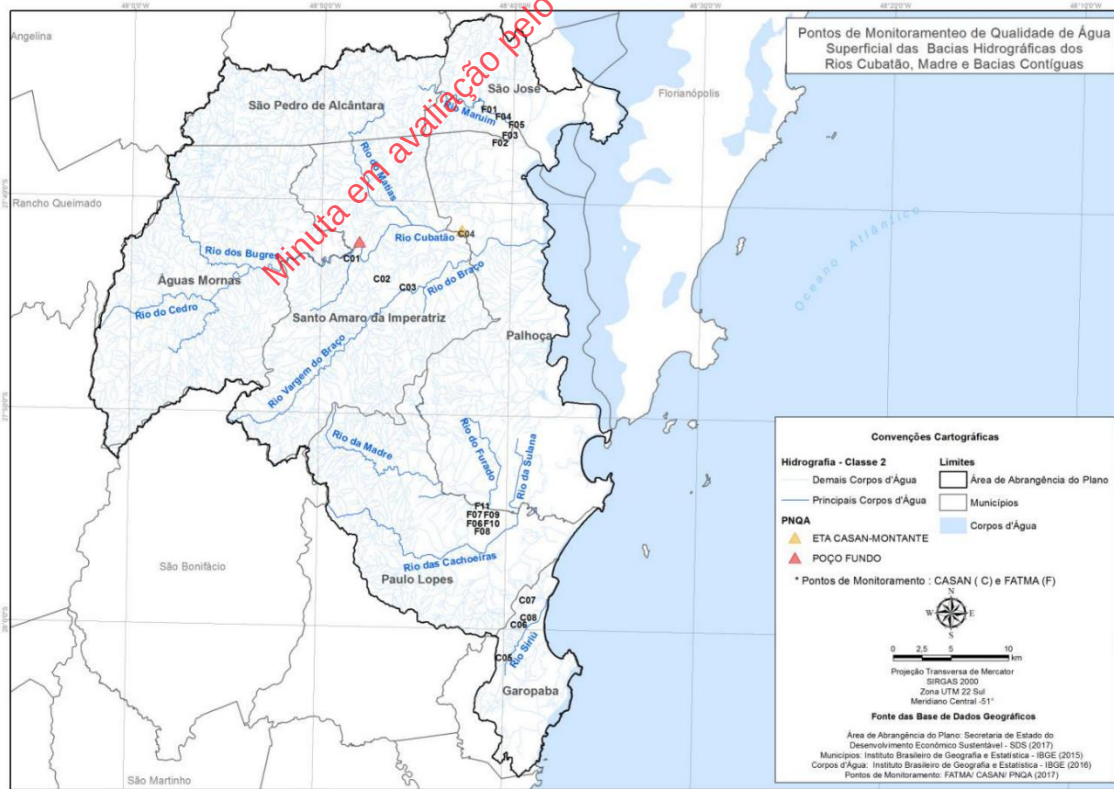
Verificou-se que os valores das demandas hídricas subterrâneas mensais foram discrepantes em comparação ao PRHCM. Essa diferença pode estar relacionado ao conjunto de dados, sendo neste diagnóstico utilizados os dados atualizados do CEURH e SIOUT (2023), acrescidos de dados da CASAN do município de Garopaba. No atual diagnóstico foram desconsiderados os valores discrepantes e cadastros “reprovados”. Em geral valores de vazão são coerentes com o PRHCM (2018b), ao menos em proporção, salvas exceções.

3.4.5. Qualidade da água superficial

3.4.5.1. Água Doce – dados do PRHCM (2018)

A Figura 23 apresenta a localização dos pontos de monitoramentos de qualidade utilizados no PRHCM (Santa Catarina, 2018).

Figura 23 - Pontos de monitoramento de qualidade da água superficial



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade. Arquivo disponível: ETAPA C – TOMO II - página 145, Figura 50 – Pontos de monitoramento de qualidade da água superficial. Fonte: Santa Catarina (2018b).

Em relação ao IMA, o PRHCM ressaltou a dificuldade de obtenção dos dados de monitoramento de qualidade de água em processos de licenciamento ambiental, devido a não uniformidade na exigência de parâmetros e na frequência de análises por tipologia de empreendimento (Santa Catarina, 2018b). No PRHCM, pontos de monitoramento do IMA ficaram concentrados em Paulo Lopes, São José e Palhoça (Quadro 5).

Quadro 5 - Pontos de monitoramento de qualidade de água do PRHCM (2018b) que apresentaram parâmetros fora do limite de qualidade em relação à Resolução CONAMA 357/2005

Ponto	Origem	Rio	Ano	Parâmetro fora do limite Qualidade CONAMA – classe 2 (doce)
Poço Fundo	Hidroweb	Rio Cubatão	2015	pH
ETA CASAN Montante	Hidroweb	Rio Cubatão	2014	Turbidez
ETA CASAN Montante	Hidroweb	Rio Cubatão	2014/2015	pH
Paulo Lopes (F08-F11)	IMA	Canal de drenagem (afluente Rio da Madre)	2016	Óleos e graxas
F08	IMA	Canal de drenagem (afluente Rio da Madre)	2017	Óleos e graxas
F01, F04 e F05	IMA	Rio Maruim	2012	Coliformes termotolerantes, DBO _{5,20°C} , manganês, materiais flutuantes, odor e sulfetos
F02 e F03	IMA	Córrego dos Pombos	2013	Coliformes termotolerantes, DBO _{5,20°C} , nitrogênio amoniacal, óleo e graxas minerais, oxigênio dissolvido e nitrato
C01 - ETA Caldas da Imperatriz	CASAN	Rio das Águas Claras	2015 e 2017	Alumínio dissolvido
C02 - ETA Santa Cruz	CASAN	Afluente do Ribeirão Braço do Sertão	2015	Cloro residual livre
C04 - ETA Rio Cubatão Sul (ETA)	CASAN	Rio Cubatão	2014 e 2015	Alumínio dissolvido, cloro residual livre, ferro dissolvido e manganês

Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2018b)

No PRHCM, houve a utilização de dados do IMA e relatórios semestrais (2014 a 2017) da água para abastecimento público (Santa Catarina, 2018b).

3.4.5.2. Dados atualizados (2023)

O Quadro 6 apresenta os dados referente aos pontos de monitoramento da qualidade de

água da UPG 8.2 – Cubatão, a partir de dados do PRHCM e atualização.

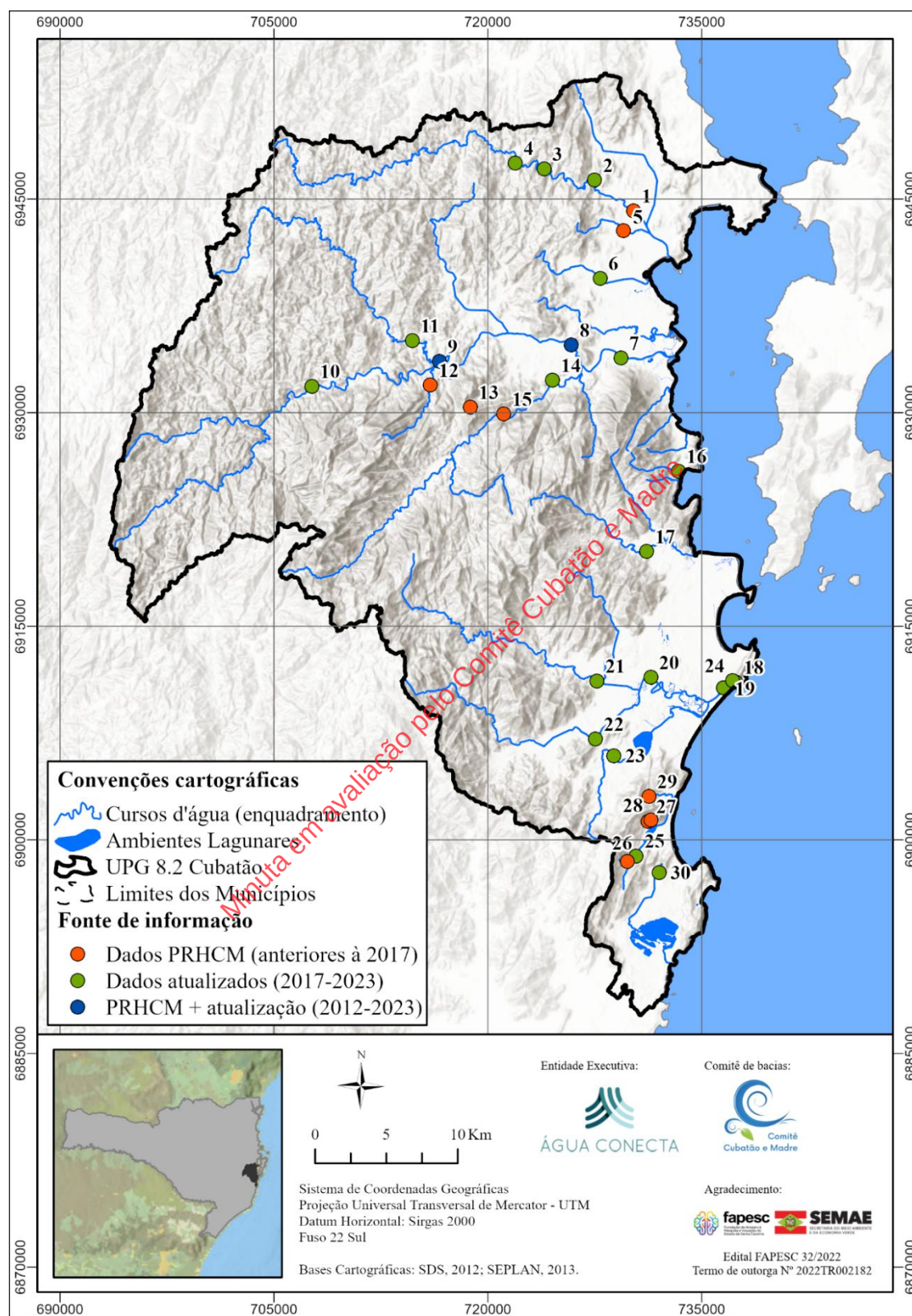
Quadro 6 - Pontos de monitoramento considerados na espacialização das informações de qualidade de água na UPG 8.2 – Cubatão

ID	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Referência	Rio	Origem do dado
1	730211,00	6944186,00	Maruim 01	Rio Maruim	PLANO
2	727492,00	6946327,00	Maruim 02	Rio Maruim	IAC
3	723958,52	6947104,37	Cgh 01 - Jus	Rio Maruim	IMA
4	721929,42	6947538,34	Cgh 01 - Mont	Rio Maruim	IMA
5	729519,00	6942781,00	Af Pombos	Córr. dos Pombos	PLANO
6	727877,00	6939438,00	Passa Vinte	Rio Passa Vinte	IAC
7	729327,00	6933840,00	Palhoça	Rio Cubatão	QUALI
8	725858,49	6934761,65	Eta CASAN	Rio Cubatão	PLANO
9	716601,95	6933611,03	Poço Fundo (Ana)	Rio Cubatão	PLANO
10	707658,00	6931860,00	Santo Amaro 01	Rio Cubatão	QUALI
11	714710,00	6935065,00	Caldas Do Norte	Rio Caldas do Norte	IAC
12	715975,00	6931940,00	Santo Amaro 02	Rio das Águas Claras	PLANO
13	718783,00	6930395,00	Aguas Mornas	Ribeirão Braço do Sertão	PLANO
14	724541,00	6932284,00	Vargem Do Braço 01	Rio do Braço	IAC
15	721116,00	6929899,00	Vargem Do Braço 02	Rio Vargem do Braço	PLANO
16	733361,00	6925895,00	Rio Do Brito	Rio do Brito	IAC
17	731148,00	6920252,00	Massiambu	Rio Massiambu Grande	IAC
18	737366,69	6911087,38	Foz Madre	Rio da Madre	ASS SURF
19	736523,73	6910683,88	Atras Do Camping	Rio da Madre	ASS SURF
20	731426,00	6911409,03	Br - 101 Rio Da Madre	Rio da Madre	ASS SURF
21	727654,00	6911160,00	Paulo Lopes	Rio da Madre	QUALI
22	727556,00	6907087,00	Cachoeiras	Rio das Cachoeiras	IAC
23	728818,18	6905918,66	Br - 101 Paulo Lopes	Rio Paulo Lopes	ASS SURF
24	737168,90	6911199,68	Estacionamento Cabral	Afluentes Rio da Madre	ASS SURF
25	730402,00	6898876,00	Siriú	Rio Siriú	IAC
26	729770,00	6898503,00	Corr Zé Antonio	Córr. Zé Antonio	PLANO
27	731218,00	6901309,00	Zé Gregorio	Córr. Zé Gregório	PLANO
28	731438,00	6901397,00	Corr Abilio	Córr. Abílio	PLANO
29	731306,00	6903062,00	Siriú - Pç Anta	Córr. Siriú	PLANO
30	731998,00	6897699,00	Linhares	Rio Linhares	IAC

Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

A Figura 24 apresenta a síntese dos pontos de monitoramento onde foi possível obter informações referentes a qualidade da água para a UPG 8.2 – Cubatão.

Figura 24 - Síntese dos dados de qualidade de água na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Por meio do Sistema de Gestão de Processos Eletrônico (SGPe) foram acessados dados de pelo menos 09 pontos de monitoramento com laudo de qualidade de água, proveniente do automonitoramento realizado por empresas que possuem atividades potencialmente poluidoras. As empresas estão espalhadas por diversos municípios da UPG 8.2 – Cubatão, de forma que uma boa cobertura de informações foi possibilitada com os dados de automonitoramento, monitoramento realizado pelo Instituto Água Conecta e UFSC, dados do PRHCM e dados atualizados de outras instituições.

Também foram obtidos dados do Governo do Estado de Santa Catarina, que possui coletas trimestrais de qualidade de água por meio do Programa Qualiágua-SC. Os pontos disponíveis na UPG 8.2 – Cubatão são nos municípios Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, e Paulo Lopes, sendo que foram utilizadas informações disponíveis entre março de 2020 e dezembro de 2022 (Santa Catarina, 2023).

Das empresas de abastecimento, a CASAN que é a responsável pelo abastecimento público de água de Águas Mornas, Florianópolis, Garopaba, Paulo Lopes, Santo Amaro da Imperatriz, e São José, também forneceu dados para oito pontos de monitoramento.

Na Tabela 14 é apresentada a caracterização hidroquímica da água superficial dos pontos de monitoramento da UPG 8.2 – Cubatão. Para cada ponto foi considerada a mediana dos laudos/análises existentes. Nos casos de Limite de Quantificação (LQ), foi adotada a metade do LQ (ou LQ/2).

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Tabela 14 - Caracterização hidroquímica das águas superficiais dos pontos de monitoramento considerados na espacialização das informações de qualidade de água na UPG 8.2 – Cubatão

ID	Referência Unidade	OD	DBO _{5,20}	N- NO ₃ ⁻	Pt	NH ₄ ⁺	P- PO ₄ ³⁻	pH	Colif. NMP/ 100 mL	Salin. ‰
1	F05 - MARUIM 01	8,12	8,40	0,18		0,49	-	7,26	230	
2	MARUIM - P08	9,15	0,80	1,38	1,10		-	6,74	1225	0,03
3	CGH PINGO - JUS	9,4			0,15		-	6,79	790	
4	CGH PINGO - MONT	8,54			0,01		-	7,32	7300	
5	F 02 - MONT AF POMBOS	2,56	15,83	8,50		3,18	-	6,64	5595	
6	PASSA VINTE - P07	2,05	12,10	0,82	2,30		-	6,43	636	0,20
7	PALHOÇA - P6	7,50	3,05	0,39	0,04	0,15	1,0	6,91	665	
8	ETA CASAN (84150100)	8,20	1,50	0,56	0,01	0,05	-	6,38	364	
9	POÇO FUNDO (84100000)	9,30					-	6,83		
10	ST AMARO-P35	7,99	2,00	0,24	0,03	0,15	-	7,21	700	
11	CALDAS DO NORTE - P06	10,35	0,95	2,25	0,27		-	6,31	1782	0,03
12	C 01 - ST AMARO			0,59	0,01	0,05	-			
13	C 02 - AGUAS MORNAS			0,41	0,01	0,05	-			
14	VARGEM - P05	9,25	0,90	1,60	0,10		-	7,31	691	0,02
15	C 03 - Vargem do Braço			0,80	0,01	0,05	-			
16	RIO DO BRITO - P15	8,90	0,10	0,54	0,001		-	6,44	4352,0	0,01
17	MASSIAMBU - P04	9,00	1,55	1,60	0,060		-	7,28	722,9	0,01
18	FOZ MADRE	5,92	6,15	0,15	0,017	0,2	0,45	7,16		9,02
19	ATRAS DO CAMPING	7,33	5,80	0,16	0,014	0,1	-	7,07		9,40
20	BR - 101 MADRE	5,92	5,20	0,15	0,013	0,1	-	6,51		0,10
21	PAULO LOPES-P37	8,17	2,00	0,25	0,030	0,2	0,03	7,19	130,0	
22	CACHOEIRAS - P03	7,85	1,55	1,61	0,001		-	6,68	2910,4	0,03
23	BR - 101 PAULO LOPES	1,86	6,10	0,21	0,108	0,2		6,45		0,17
24	ESTAC CABRAL	5,52	6,00	0,18	0,052	0,3	-	7,27		6,47
25	SIRIU - P02	10,15	1,75	0,65	0,085		-	5,92	651,4	0,04
26	C 05 - CORR ZÉ ANTONIO			0,19	0,010	0,1	-			
27	C 06 - ZÉ GREGORIO			0,15	0,010	0,1	-			
28	C 08 - CORR ABILIO			0,34	0,010	0,1	-			
29	C 07 - SIRIÚ - PÇ ANTA			0,10	0,010	0,1	-			
30	LINHARES - P01	1,35	3,35	1,20	0,180		-	6,61	1209,8	0,13

Legenda: ID: identificador; Referência: nomeclatura de referência; OD: Oxigênio Dissolvido; DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxigênio; NO₃⁻: nitrato; Pt: Fósforo total; pH: potencial hidrogênico; Colif.: coliformes termotolerantes; NH₄⁺: nitrogênio amoniacal; PO₄³⁻: fosfato; Salin.: Salinidade; -: sem dados.

Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

3.4.6. Espacialização da situação atual das classes

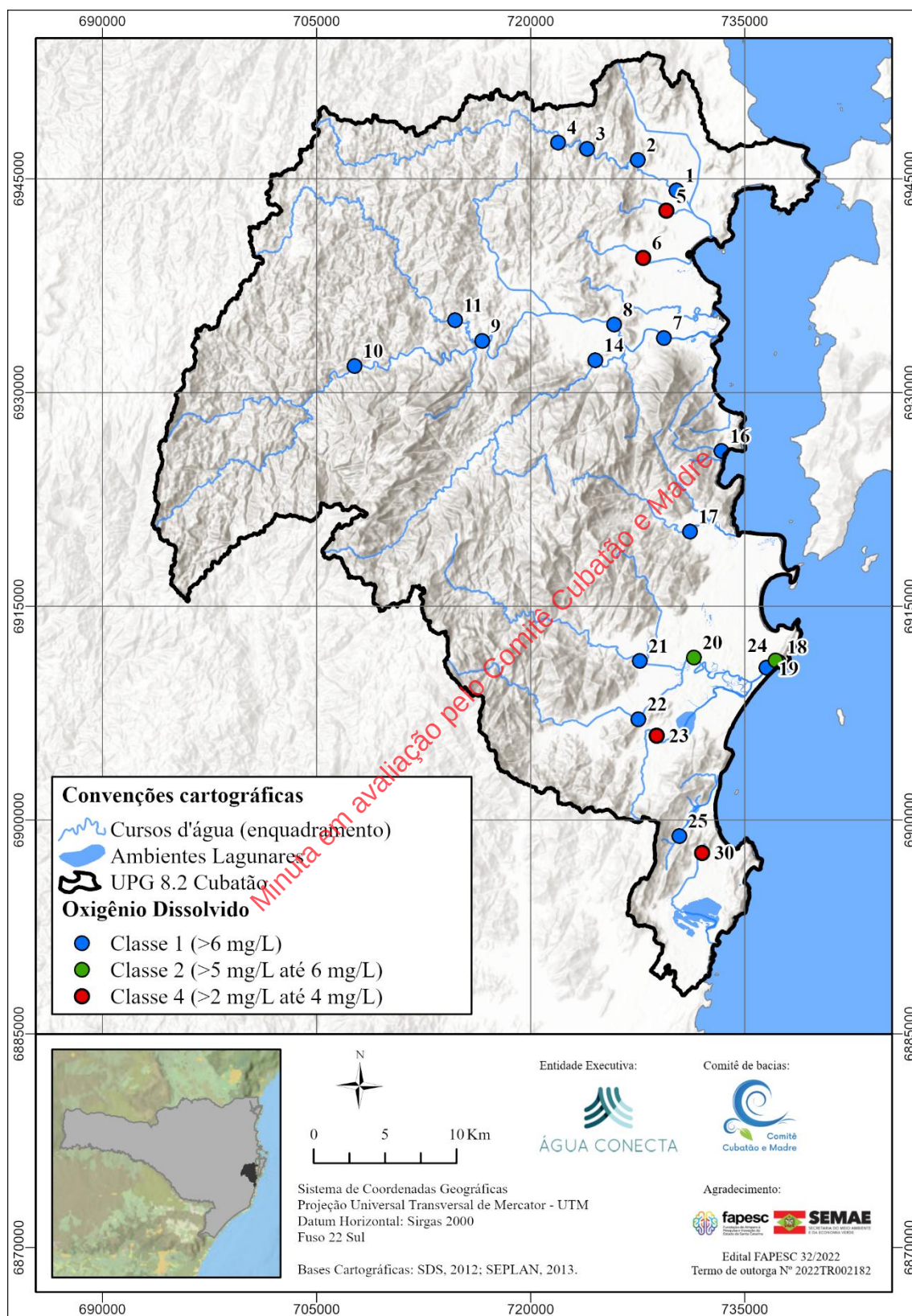
Foram selecionados cinco parâmetros de qualidade da água para realizar o diagnóstico da qualidade da água da UPG 8.2 – Cubatão, sendo eles: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$), fósforo total (Pt), nitrato (NO_3^-), e coliformes termotolerantes. Esses parâmetros foram selecionados considerando a importância para os fins de enquadramento de corpos d'água, além de que, esses parâmetros apresentam facilidade de monitoramento e são comumente utilizados (Bitterncourt; Fernandes; Gallego, 2019).

Foi utilizada a mediana de cada parâmetro tendo em vista o histórico (laudos/análises) e o ponto de monitoramento. Nos casos de Limite de Quantificação (LQ), foi adotada a metade do LQ (ou $\text{LQ}/2$) (Comunidade Europeia, 2009).

Nas Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28 e Figura 29 são demonstradas a situação atual para OD, $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$, Pt, nitrato e coliformes termotolerantes, respectivamente. Estes resultados apresentam a **mediana da situação atual** de cada parâmetro tendo em vista as Classes 1 (verde), 2 (amarelo), 3 (vermelho) e 4 (preto) de enquadramento da Resolução CONAMA 357/2005.

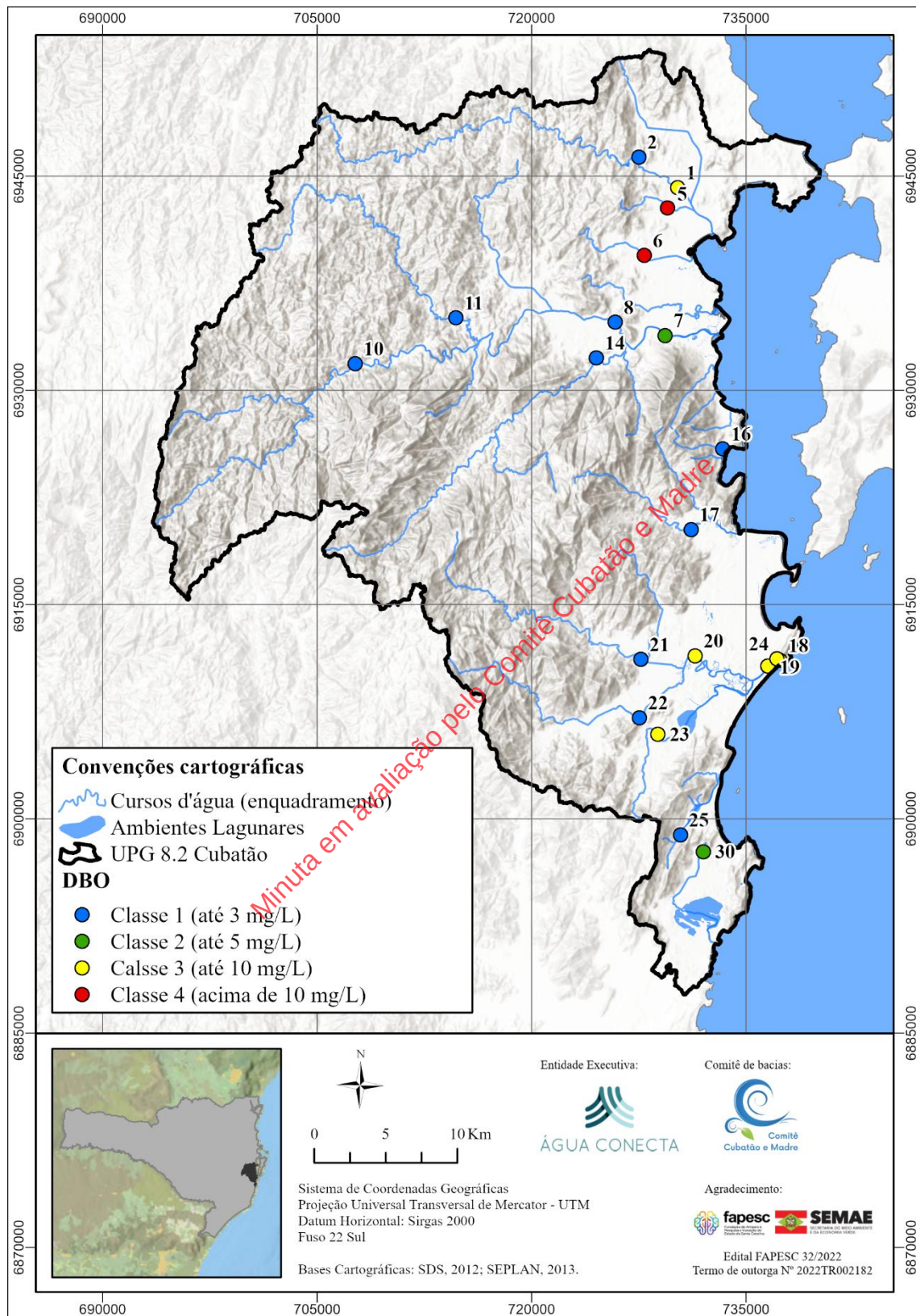
Ressalta-se a importância da realização do monitoramento de qualidade da água sistemático no maior número possível de pontos nos corpos hídricos da UPG 8.2 - Cubatão.

Figura 25 - Diagnóstico em relação ao oxigênio dissolvido (OD) na UPG 8.2 – Cubatão



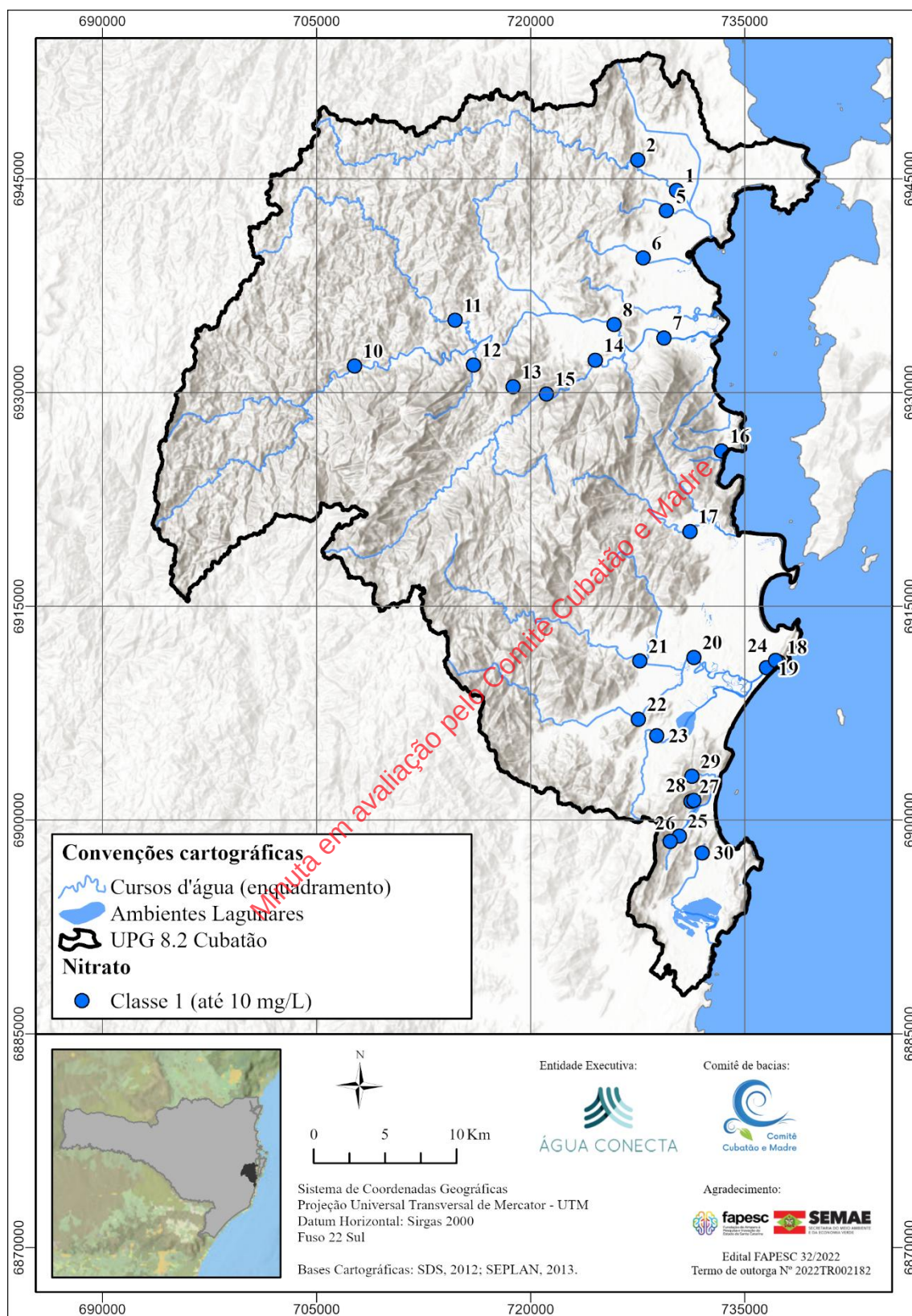
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 26 - Diagnóstico em relação à $DBO_{5,20^{\circ}C}$ na UPG 8.2 – Cubatão



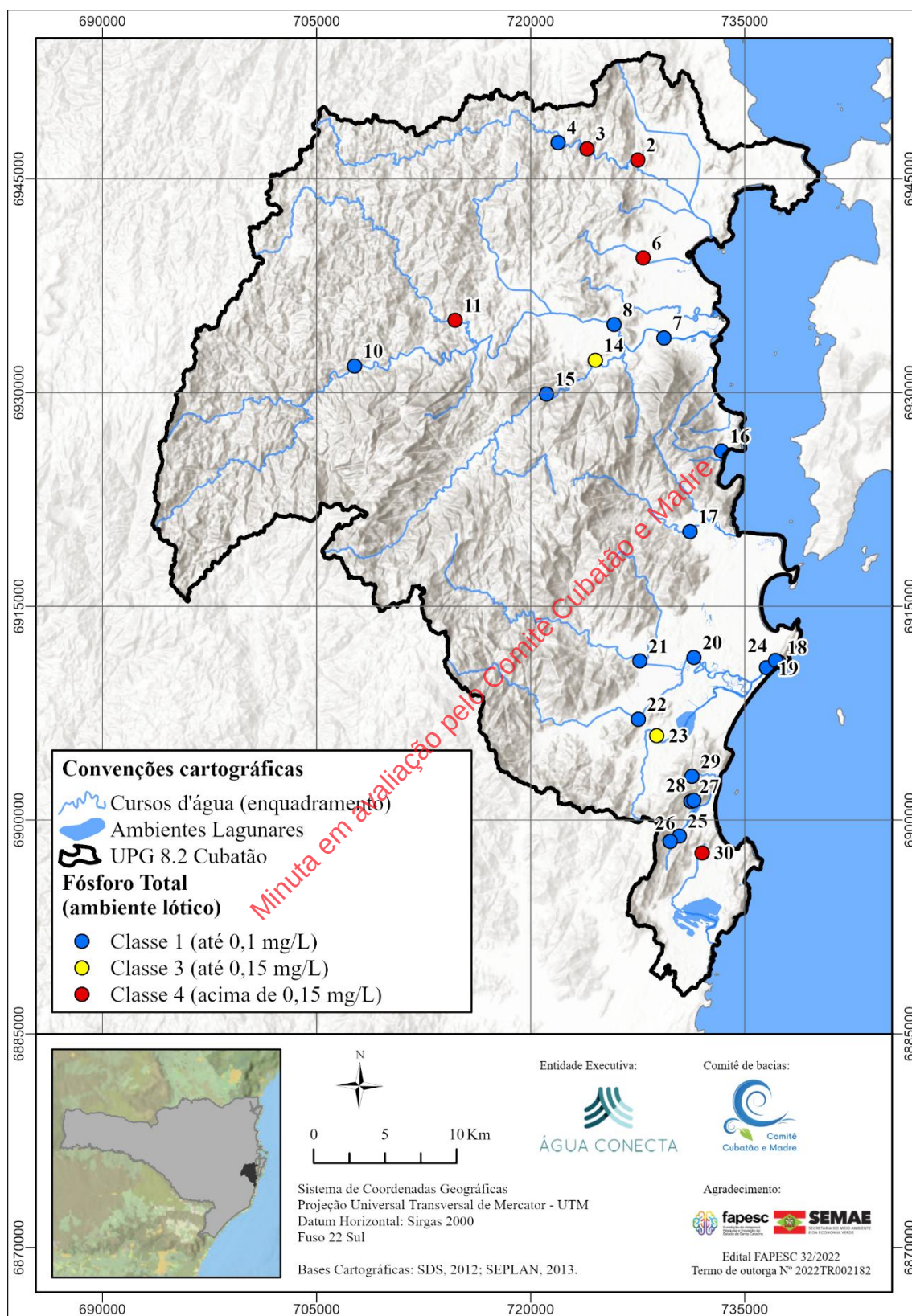
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 27 - Diagnóstico em relação ao nitrato (NO_3^-) na UPG 8.2 – Cubatão



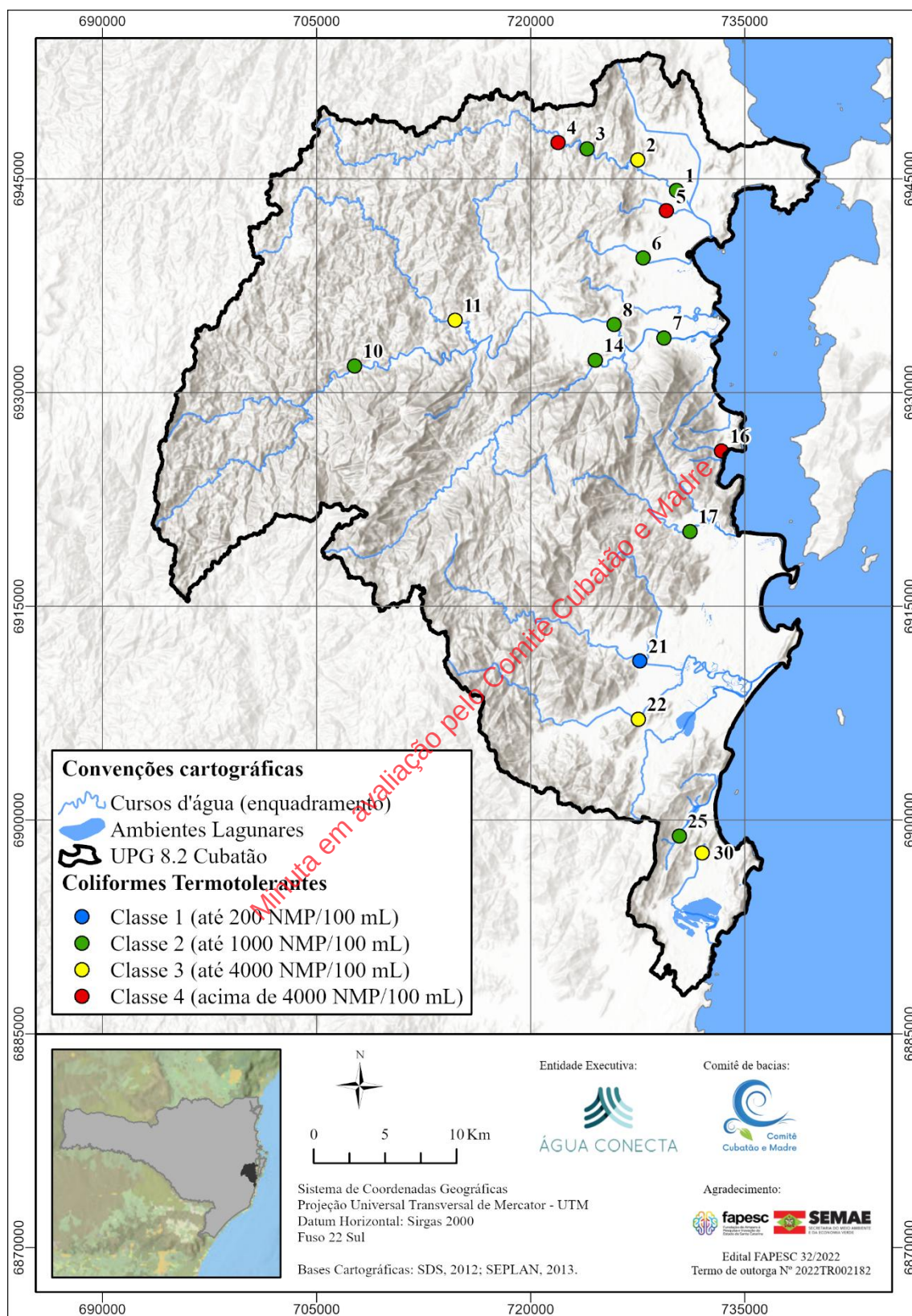
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 28 - Diagnóstico em relação ao fósforo total (Pt) na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 29 - Diagnóstico em relação aos coliformes termotolerantes na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Em relação ao oxigênio dissolvido (OD), percebe-se que os maiores problemas estão nos rios costeiros, nas planícies da UPG 8.2 – Cubatão e próximos a adensamentos urbanos (Figura 25 e Figura 30). O mesmo acontece em relação a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), em rios costeiros, nas planícies e próximos a adensamentos urbanos (Figura 26 e Figura 31), sendo que, possivelmente a origem da poluição por $DBO_{5,20}$ ocorre pela presença de esgoto sanitário não tratado.

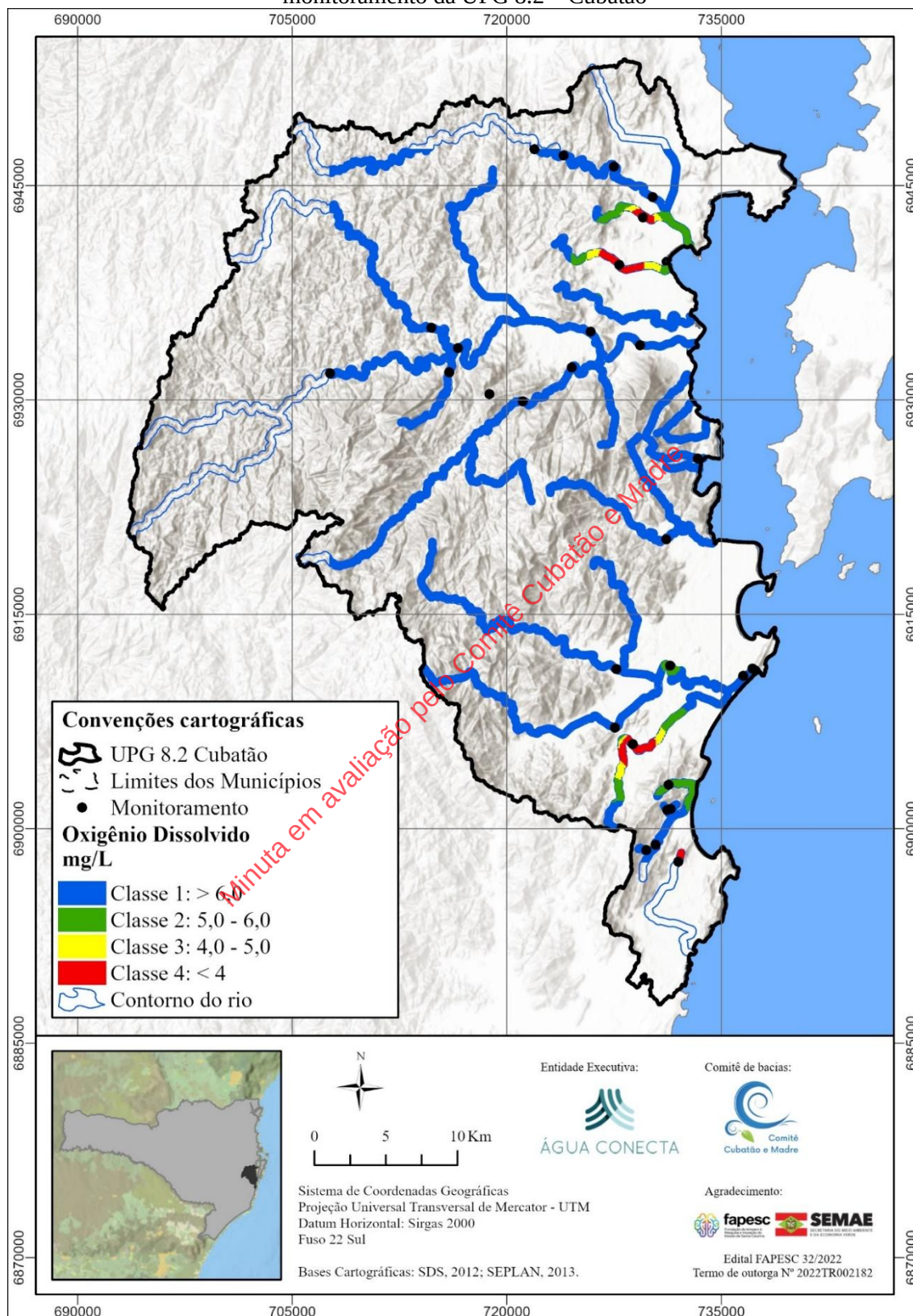
O nitrato (NO_3^-) não apresentou problemas referente aos pontos de monitoramento na UPG 8.2 – Cubatão (Figura 27 e Figura 32). Em relação ao fósforo total (Pt), houve ocorrência de maiores concentrações nas partes baixas e de maior adensamento urbano, possivelmente oriundo de esgoto sanitário não tratado; assim como em pontos de cabeceira, como é o caso em São Pedro de Alcantara e Águas Mornas, Figura 28 e Figura 33, possivelmente relacionado à atividades de agricultura e pecuária. O fósforo, comumente é utilizado como fertilizante, podendo ser lixiviado para água superficiais. O fósforo como fertilizante aparece tanto de fonte orgânica como aplicação de dejetos de animais, como de fontes inorgânicos oriundos de adubos fertilizantes do tipo NPK.

Em relação aos coliformes termotolerantes, há problemas de concentração acima de 200 NMP/100mL de forma quase que distribuída na UPG 8.2 - Cubatão, Figura 29 e Figura 34. A problemática relacionada aos coliformes termotolerantes, geralmente é relacionada a falta de tratamento de esgoto sanitários. Nas regiões de cabeceira, como no Massiambu Grande e no Alto Cubatão, o problema é proporcionalmente menor, porém ainda evidenciado. Nessas áreas, onde há atividade pecuária a presença de coliformes termotolerantes nos rios, pode estar relacionada ao manejo inadequado dos dejetos de origem animal, somado à sistemas de tratamento individual de esgoto, sem a devida manutenção ou até mesmo lançamento de efluentes *in natura*.

Nas Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33 e Figura 34 foi demonstrada a espacialização (interpolação pelo método do inverso quadrado da distância – IDW) da situação atual para OD, $DBO_{5,20^{\circ}C}$, Pt, nitrato e coliformes termotolerantes, respectivamente.

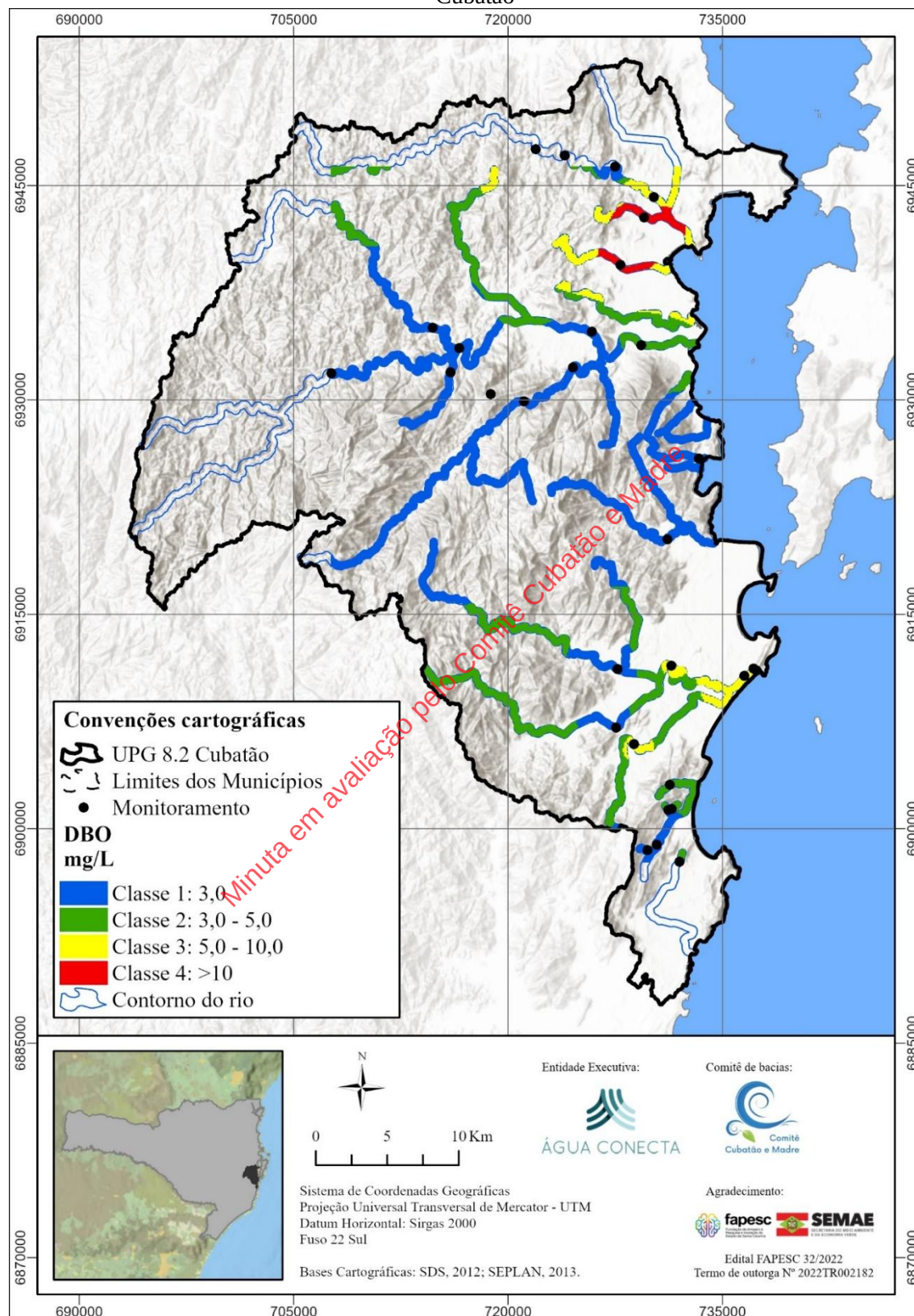
Cabe informar que os mapas de interpolação foram gerados para melhorar a visualização das informações. No entanto, recomenda-se que a avaliação seja realizada por pontos de qualidade. Assume-se que esta técnica, pode introduzir vieses na interpretação, uma vez que, trechos entre dois pontos avaliados podem estar representados por uma classe que não reflete a real condição do trecho do rio.

Figura 30 - Interpolação (IDW) das concentrações de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 – Cubatão



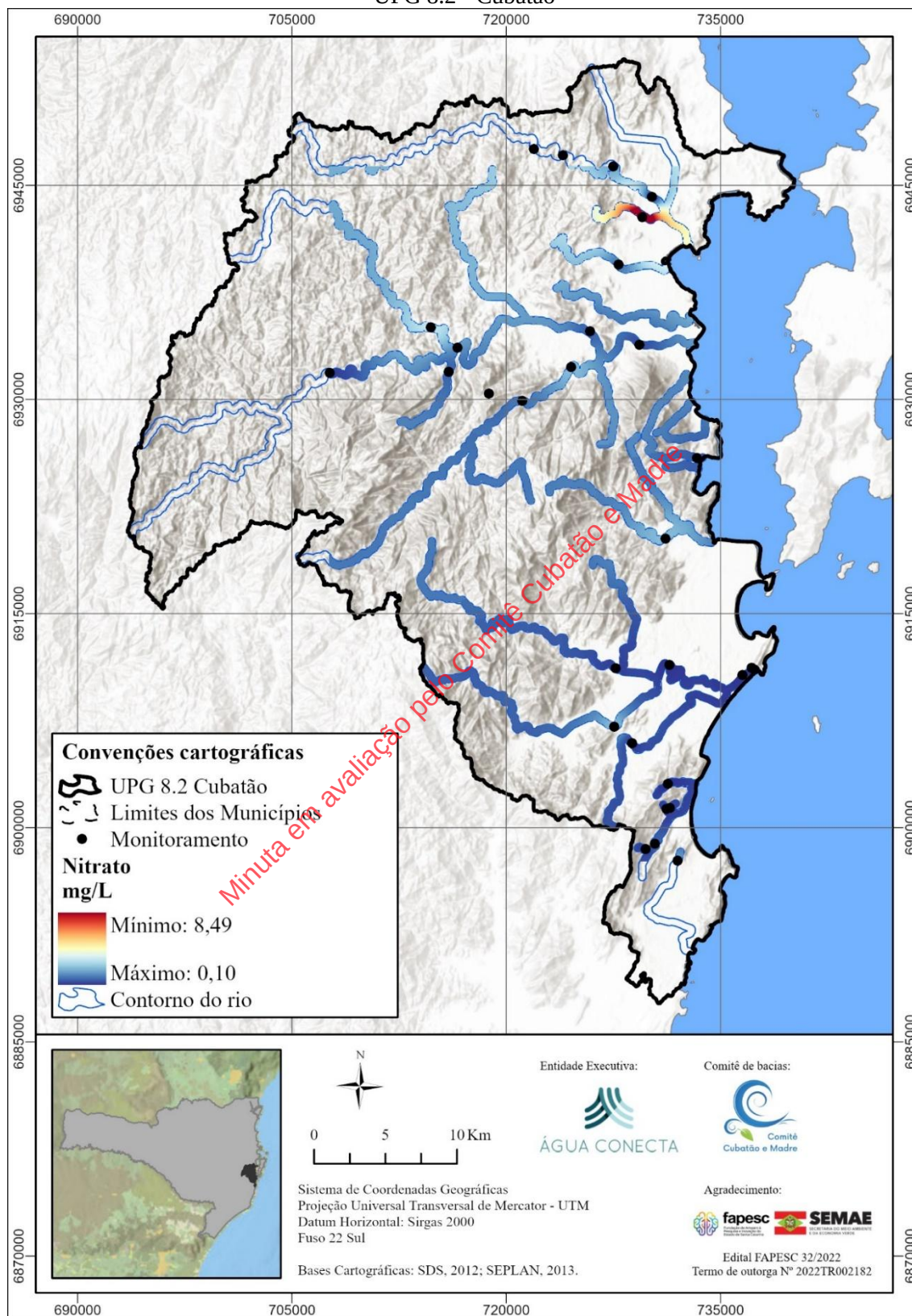
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 31 - Interpolação (IDW) das concentrações de DBO nos pontos de monitoramento da UPG 8.2
– Cubatão



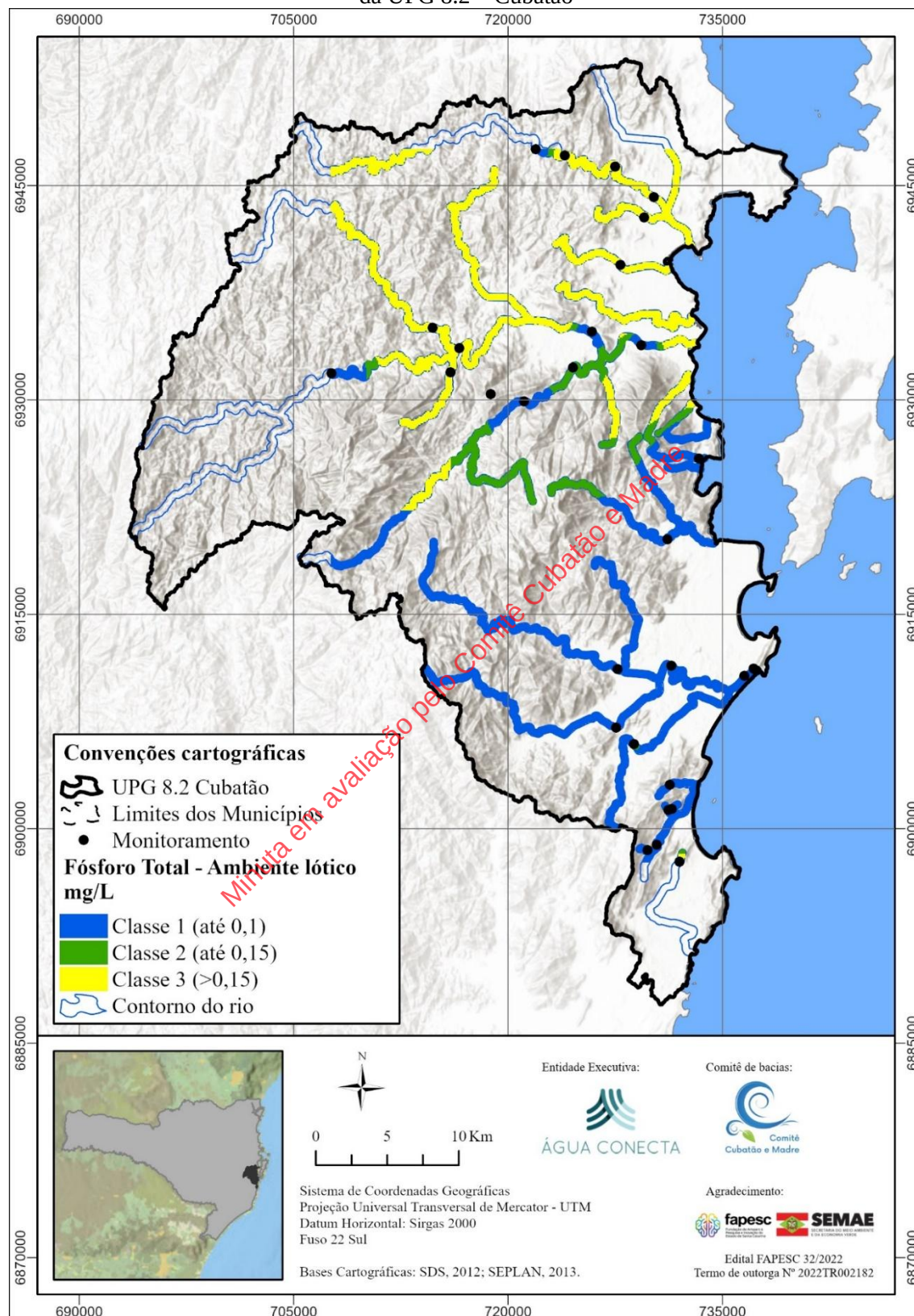
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 32 - Interpolação (IDW) das concentrações de nitrato (NO_3^-) nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 - Cubatão



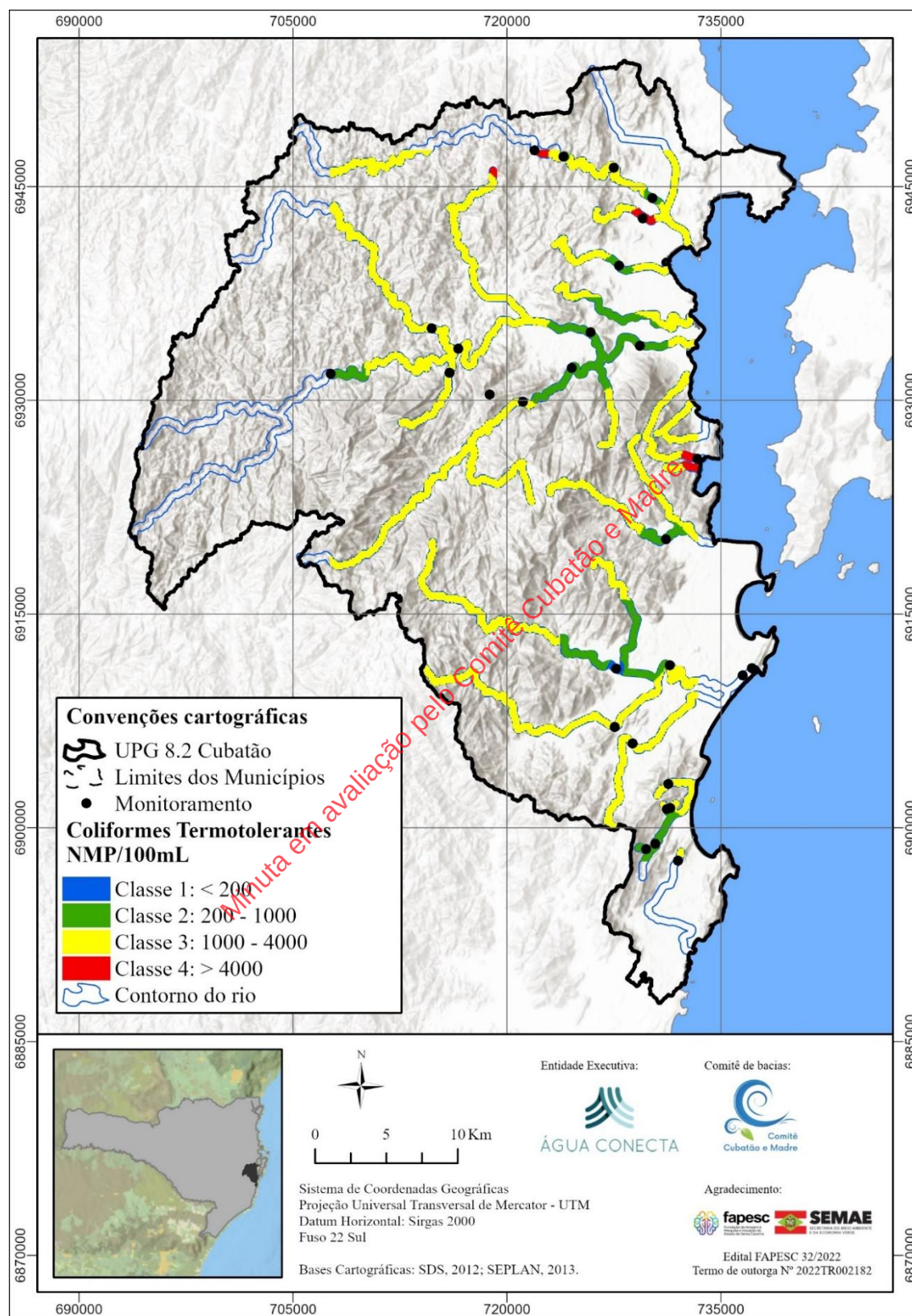
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 33 - Interpolação (IDW) das concentrações de fósforo total (Pt) nos pontos de monitoramento da UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 34 - Interpolação (IDW) das concentrações de coliformes termotolerante na UPG 8.2 - Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

3.4.7. Água Salobra

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, a salinidade é o parâmetro indicado para classificar a água doce, salina ou salobra. A água doce apresenta salinidade igual ou inferior a 0,5‰, enquanto a salobra varia entre 0,5 e 30‰. Essa classificação é relevante na interpretação das classes de enquadramento, pois as faixas de concentração dos parâmetros são distintas de acordo com a salinidade (Tabela 15) (CONAMA, 2005).

Tabela 15 - Concentração máxima permitida em água salobra por classe

Parâmetros	Unidades	Classe 1	Classe 2	Classe 3
COT*	mg C.L ⁻¹	3	5	10
OD	mg O ₂ .L ⁻¹	> 5	> 4	> 3
pH		6,5 a 8,5		5 a 9
Fósforo Total	mg P.L ⁻¹	0,124	0,186	-
Nitrato	mg N.L ⁻¹	0,40	0,70	-
Nitrogênio Amoniacal	mg N.L ⁻¹	0,40	0,70	-
Coliformes Termotolerantes	Org.100 mL ⁻¹	1000	2500	4000

*COT = carbono orgânico total.

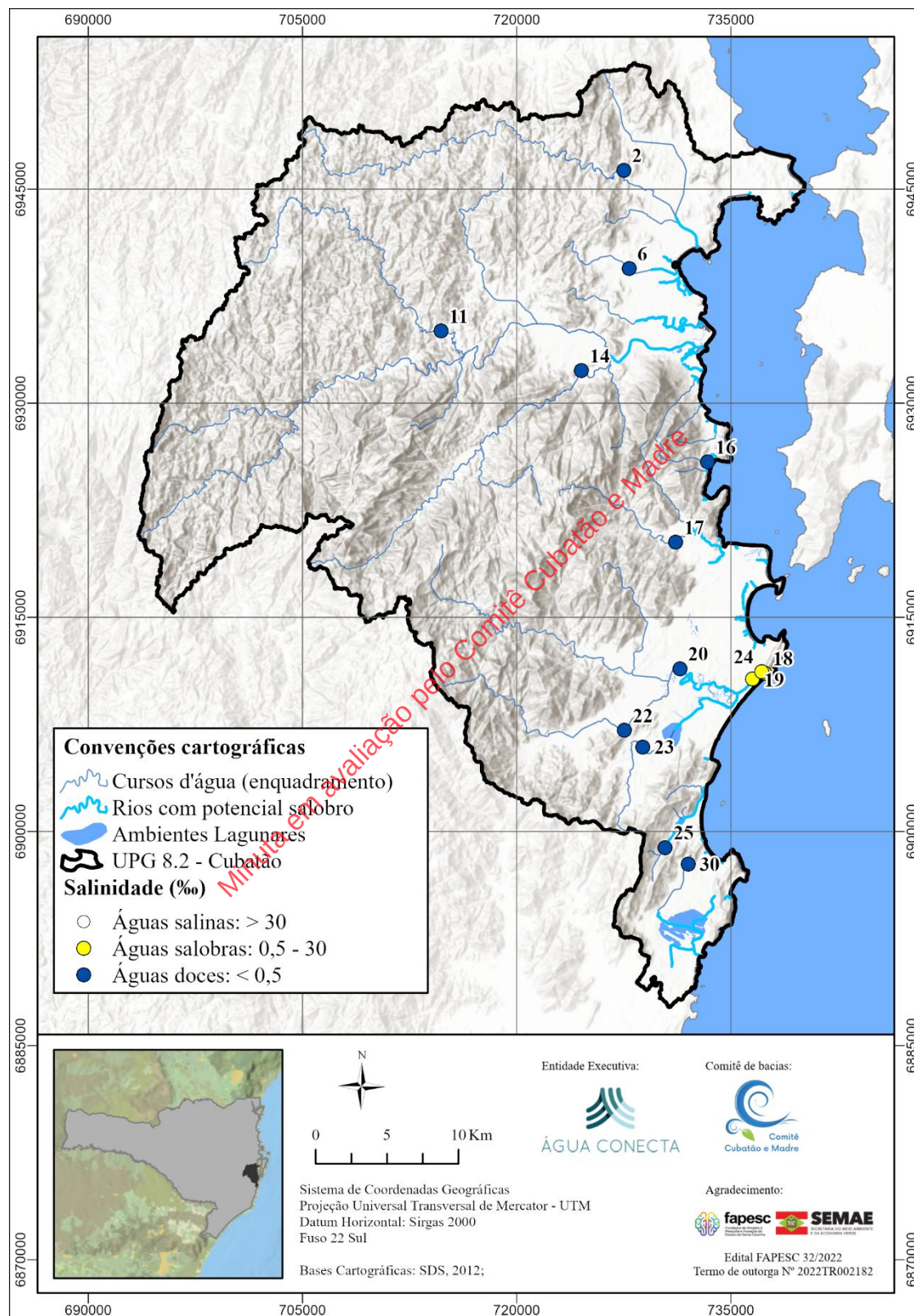
Fonte: CONAMA (2005).

Na UPG 8.2 - Cubatão foram obtidos dados de salinidade por meio do monitoramento realizado pelo IAC, além do monitoramento realizado pela ASPG (Associação de Surf), o qual ocorre principalmente na Bacia Hidrográfica do Rio da Madre (Figura 35). Para os demais cursos de água, em função da falta de dados de salinidade, optou-se por utilizar o modelo digital do terreno (MDT) para estipular o possível ponto de transição entre as águas doce e salobra. Os trechos dos rios que possuem elevação até 1,0 m foram classificados como potenciais de água salobra.

Vale lembrar que em Santa Catarina, enquanto não for aprovado o enquadramento para os corpos de água superficiais, a Resolução CERH nº 001/2008 adota a classificação da Resolução CONAMA nº 357/2005: “Art. 42. **Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos**, as águas doces serão consideradas classe 2, **as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente** (CONAMA, 2005).”

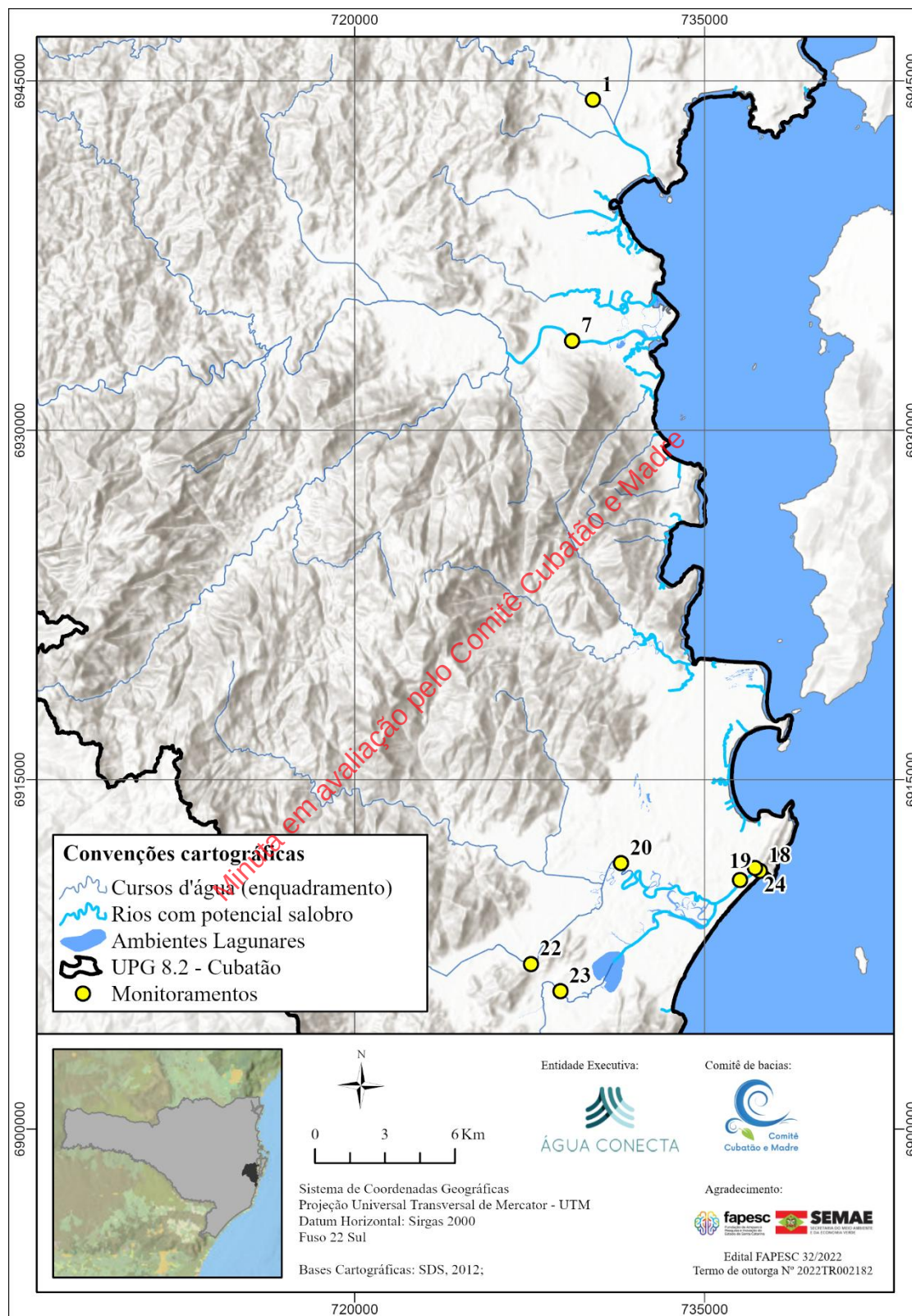
Na Figura 36 foram apresentados os pontos de monitoramento (Tabela 16) que estão na faixa considerada como curso de água com potencial de água salobra.

Figura 35 - Cursos de água até a faixa de 1m no Modelo Digital de Terreno (MDT) e pontos de monitoramento com registro de salinidade, UPG 8.2 - Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 36 - Pontos de monitoramento na faixa - rios com potencial de água salobra, UPG 8.2 - Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Na Tabela 16 é apresentada a caracterização hidroquímica dos pontos de monitoramento situados na zona de rios com potencial água salobra na UPG 8.2 – Cubatão.

Tabela 16 - Caracterização hidroquímica das águas superficiais dos pontos de monitoramento situados na zona considerada de água salobra da UPG 8.2 - Cubatão

ID	Referência	OD	DBO _{5,20}	NO ₃ ⁻	Pt	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	pH	Colif.	Salin.
	Unidade	mg/l							NMP/ 100 mL	‰
1	F05 - MARUIM 01	8,12	8,40	0,18		0,49		7,26	230	
7	PALHOÇA - P6	7,50	3,05	0,39	0,04	0,15	0,03	6,91	665	
18	FOZ MADRE	5,92	6,15	0,15	0,017	0,2		7,16		9,02
19	ATRAS DO CAMPING	7,33	5,80	0,16	0,014	0,1		7,07		9,40
20	BR - 101 MADRE	5,92	5,20	0,15	0,013	0,1		6,51		0,10*
22	CACHOEIRAS - P03	7,85	1,55	1,61	0,001		0,1	6,68	2910,4	0,03*
23	BR - 101 PAULO LOPES	1,86	6,10	0,21	0,108	0,2		6,45		0,17*
24	ESTAC CABRAL	5,52	6,00	0,18	0,052	0,3		7,27		6,47

Legenda: enquadramento de acordo com a Classe 1 – verde; Classe 2 – amarelo; Classe 3 – rosa, Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005). * água doce

Os pontos situados no Rio da Madre para água salobra ficaram enquadrados principalmente na Classe 1. Já os pontos localizados próximos a Paulo Lopes (Pontos 22 e 23) apresentaram os rios nas piores classes, Classe 3 em pelo menos um parâmetro.

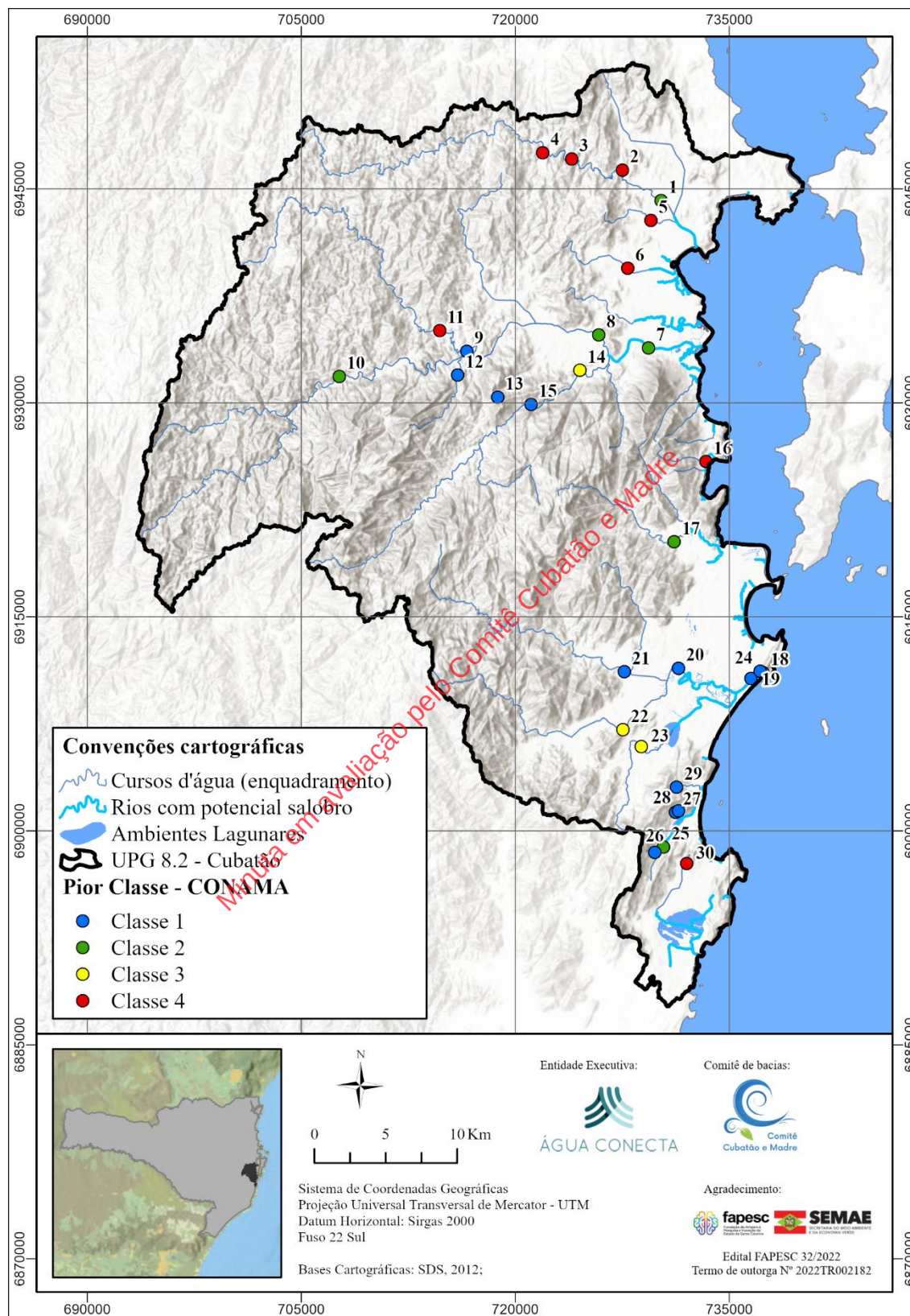
É interessante pontuar que os Pontos 20, 22 e 23 estão na zona considerada salobra, no entanto, a salinidade encontrada nos pontos indica que o trecho é considerado água doce.

Ressalta-se a importância de realizar monitoramento nos trechos dos rios próximos as foz no mar, para que seja possível estimar o ponto mais adequado de transição de água doce para água salobra. Além disso, aponta-se a dificuldade é definir com exatidão um ponto de transição, visto a dinâmica das marés e a mistura das águas, que é influenciada, inclusive na coluna da água. Como sugestão, recomenda-se a ampliação do monitoramento para que futuramente seja possível identificar o ponto com maior permanência da água salobra nas diferentes seções de acompanhamento.

3.4.8. Espacialização da pior situação atual das classes

De forma complementar, foi apresentada a situação atual dos cursos de água da UPG 8.2 – Cubatão, considerando as zonas de águas doce e salgada, e a pior classe dos cinco (05) parâmetros utilizados, OD, DBO_{5,20°C}, Pt, nitrato e coliformes termotolerantes, conforme Figura 37.

Figura 37 - Síntese situação atual dos parâmetros de qualidade de água UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

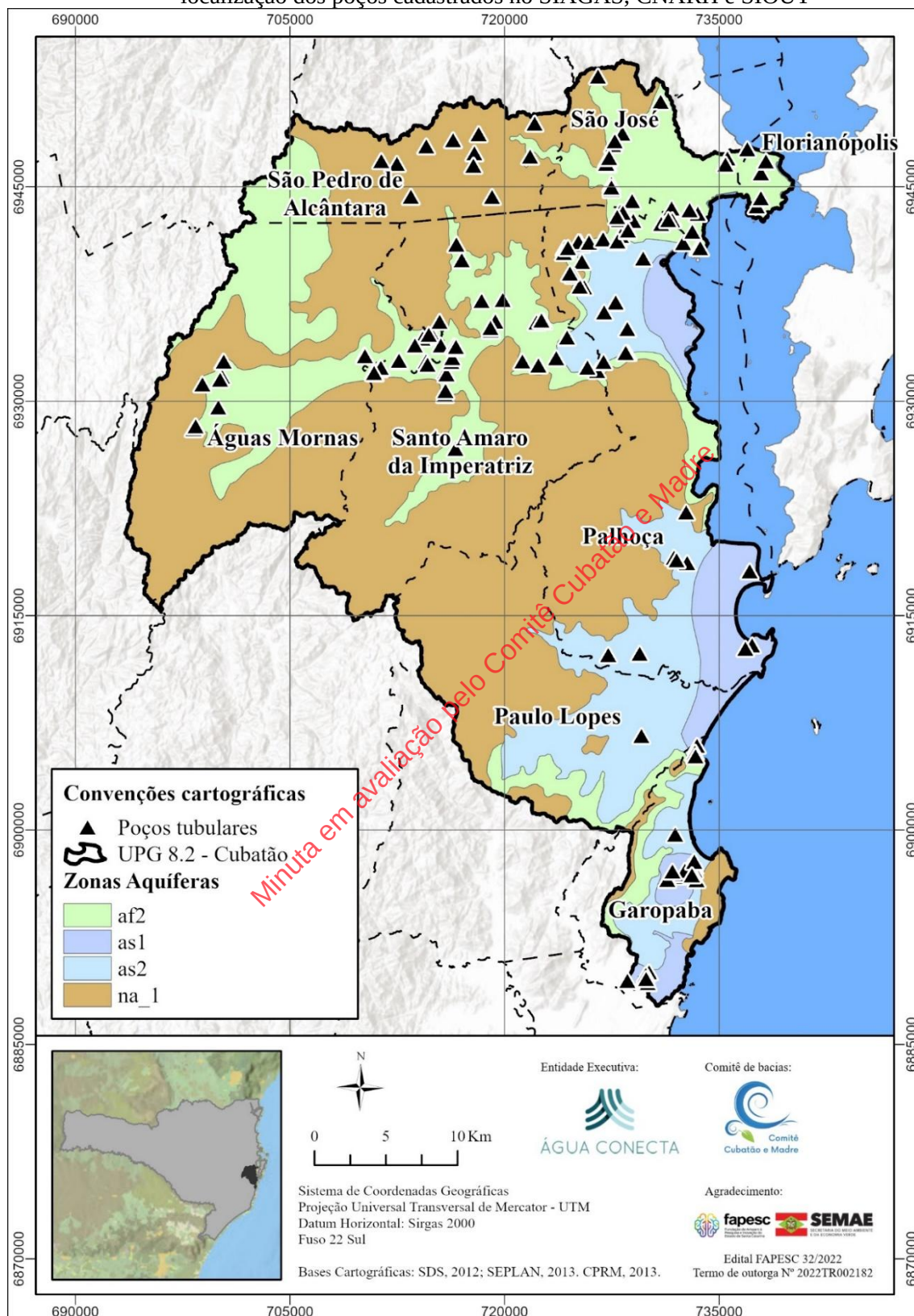
3.5. POTENCIALIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3.5.1. Potencialidade das Águas Subterrâneas

A Figura 38 representa o mapa das zonas aquíferas com a localização dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2023) organizado pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM, 2023), do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH, 2023), do Sistema de Outorga de SC (SIOUT-SC, 2023) e dos poços de abastecimento da CASAN no município de Garopaba.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 38 - Mapa das Zonas Aquíferas das BH do Rio Cubatão e Madre e Bacias contíguas e localização dos poços cadastrados no SIAGAS, CNARH e SIOUT



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

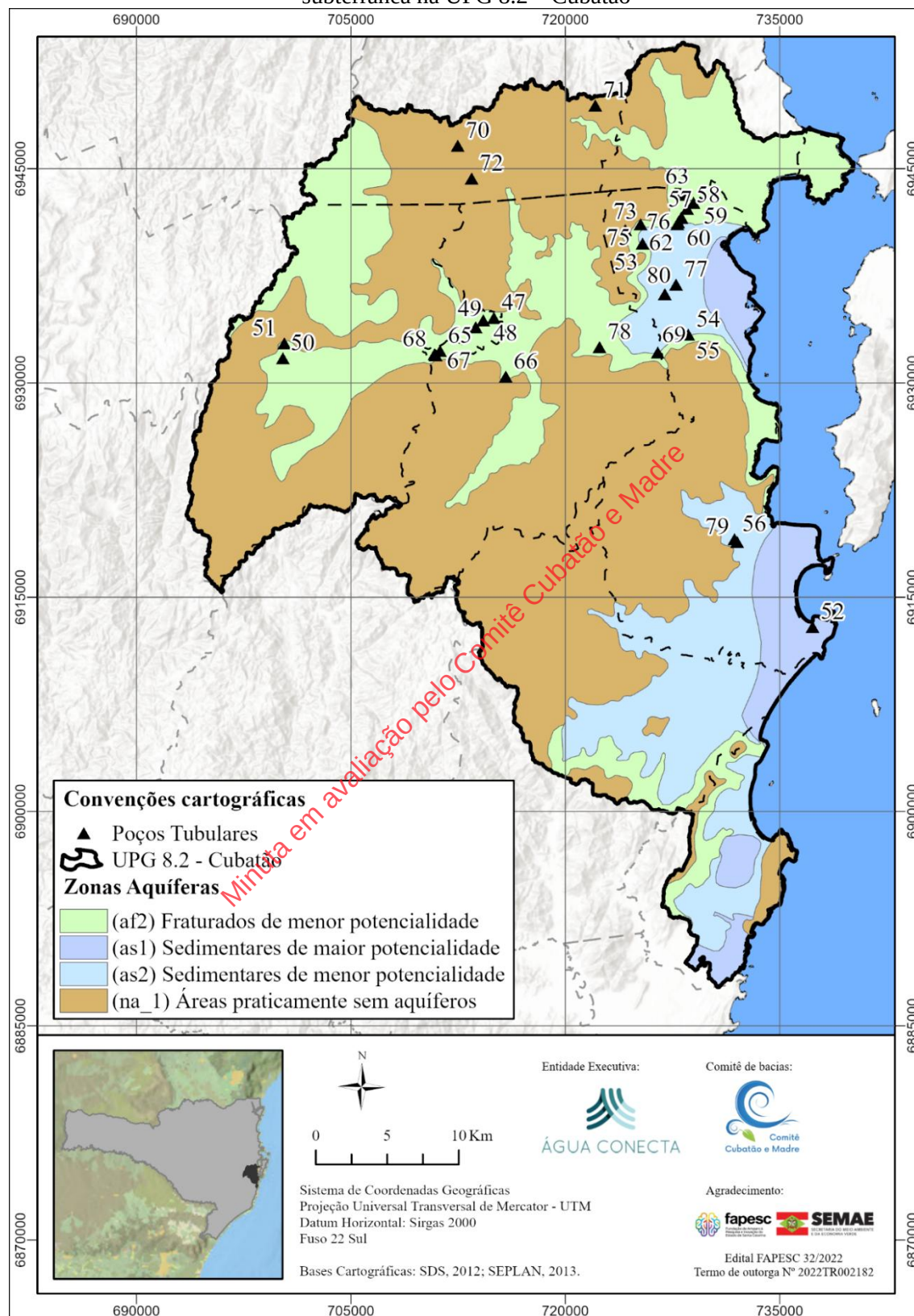
Do total de 189 poços, a maior parte localiza-se na zona aquífera af2 (155 poços), as1 (33 poços), as2 (21 poços) e na_1 (20 poços), em ordem decrescente. Os municípios de Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e Garopaba são os que possuem a maior quantidade de poços nesta análise.

3.5.2. Qualidade das Águas Subterrâneas – Dados atualizados

Para atualização da caracterização hidroquímica das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão foram utilizados dados de 34 poços (enumerados de 47 a 80) obtidos do banco de dados abertos de poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2023), organizado pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM, 2023), do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNAHR, 2023) e do Sistema de Outorga de SC (SIOUT-SC) (Figura 39 e Tabela 17). Destacamos que neste estudo não foram utilizados os dados de qualidade da água dos poços da Casan, visto que esta análise iniciou-se antes da compilação das informações físico-químicas no banco de dados.

Conforme já apontado pelo estudo realizado no PRHCM, há uma lacuna referente ao monitoramento das águas subterrâneas na região, cenário que também observado em todo o Estado de Santa Catarina. No presente diagnóstico (2023), apenas 34 poços continham informações de qualidade da água, consideradas suficientes para a realização da caracterização hidroquímica. Salienta-se que a quantidade limitada de dados caracteriza uma avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea da UPG 8.2 – Cubatão, não sendo considerada representativa de todos os aquíferos da região.

Figura 39 – Zonas aquíferas e distribuição dos poços utilizados para diagnosticar a qualidade da água subterrânea na UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Tabela 17 - Poços utilizados para atualização da caracterização das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão.

Id.	Id. Origem	Origem	Município	Latitude (grau decimal)	Longitude (grau decimal)	Profundidade final (m)
47	4300019045	CPRM_SIAGAS	Águas Mornas	-27,695555	-48,819722	60
48	4300019077	CPRM_SIAGAS	Águas Mornas	-27,697222	-48,827222	46
49	4300019078	CPRM_SIAGAS	Águas Mornas	-27,701666	-48,8325	65
50	4300026495	CPRM_SIAGAS	Águas Mornas	-27,723333	-48,968889	102
51	4300026660	CPRM_SIAGAS	Águas Mornas	-27,713889	-48,968056	120
52	4300004395	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,886944	-48,589444	12
53	4300019079	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,646944	-48,715277	72
54	4300019815	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,703888	-48,681666	41
55	4300019820	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,703888	-48,681666	120
56	4300019822	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,8325	-48,646111	74
57	4300019859	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,630277	-48,688333	78
58	4300022330	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,624444	-48,684167	45
59	4300022331	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,620556	-48,679722	120
60	4300022332	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,633056	-48,690278	120
61	4300026665	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,615	-48,688889	120
62	4300026667	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,634167	-48,690833	60
63	4300026668	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,615556	-48,686944	145
64	4300026669	CPRM_SIAGAS	Palhoça	-27,615556	-48,686389	30
65	4300019075	CPRM_SIAGAS	Santo Amaro da Imperatriz	-27,716944	-48,8575	100
66	4300019082	CPRM_SIAGAS	Santo Amaro da Imperatriz	-27,72325	-48,810555	120
67	4300019085	CPRM_SIAGAS	Santo Amaro da Imperatriz	-27,719722	-48,860555	100
68	4300019086	CPRM_SIAGAS	Santo Amaro da Imperatriz	-27,719166	-48,861388	112
69	4300019182	CPRM_SIAGAS	Santo Amaro da Imperatriz	-27,715555	-48,703055	320
70	4300019074	CPRM_SIAGAS	São Pedro de Alcântara	-27,587222	-48,8475	125
71	4300019081	CPRM_SIAGAS	São Pedro de Alcântara	-27,560277	-48,750555	54
72	4300019852	CPRM_SIAGAS	São Pedro de Alcântara	-27,607777	-48,837222	95
73	1301295	CNARH	Palhoça	-27,638611	-48,72775	102
74	1318389	CNARH	Palhoça	-27,615	-48,688888	118
75	1301294	CNARH	Palhoça	-27,634722	-48,716944	102
76	512506	CNARH	Palhoça	-27,63	-48,688056	80
77	1301296	CNARH	Palhoça	-27,672444	-48,691	102
78	1019385	CNARH	Santo Amaro da Imperatriz	-27,712778	-48,744444	72
79	276	SIOUT	Palhoça	-27,834193	-48,644175	25
80	348	SIOUT	Palhoça	-27,678601	-48,698845	2,5

Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Dos 34 poços analisados, 21 amostras de águas subterrâneas apresentaram erro do balanço iônico – EBI < 23%, indicando adequada a confiabilidade dos resultados. A caracterização hidroquímica dos poços consultados, assim como o EBI calculado encontram-se na Tabela 17. Sendo assim, alguns poços foram desconsiderados (amostras 52; 60; 61; 62; 63; 64; 67; 68; 74; 76; 77; 79 e 80) para classificação de Piper.

Tabela 18 - Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas de poços perfurados na UPG 8.2 - Cubatão

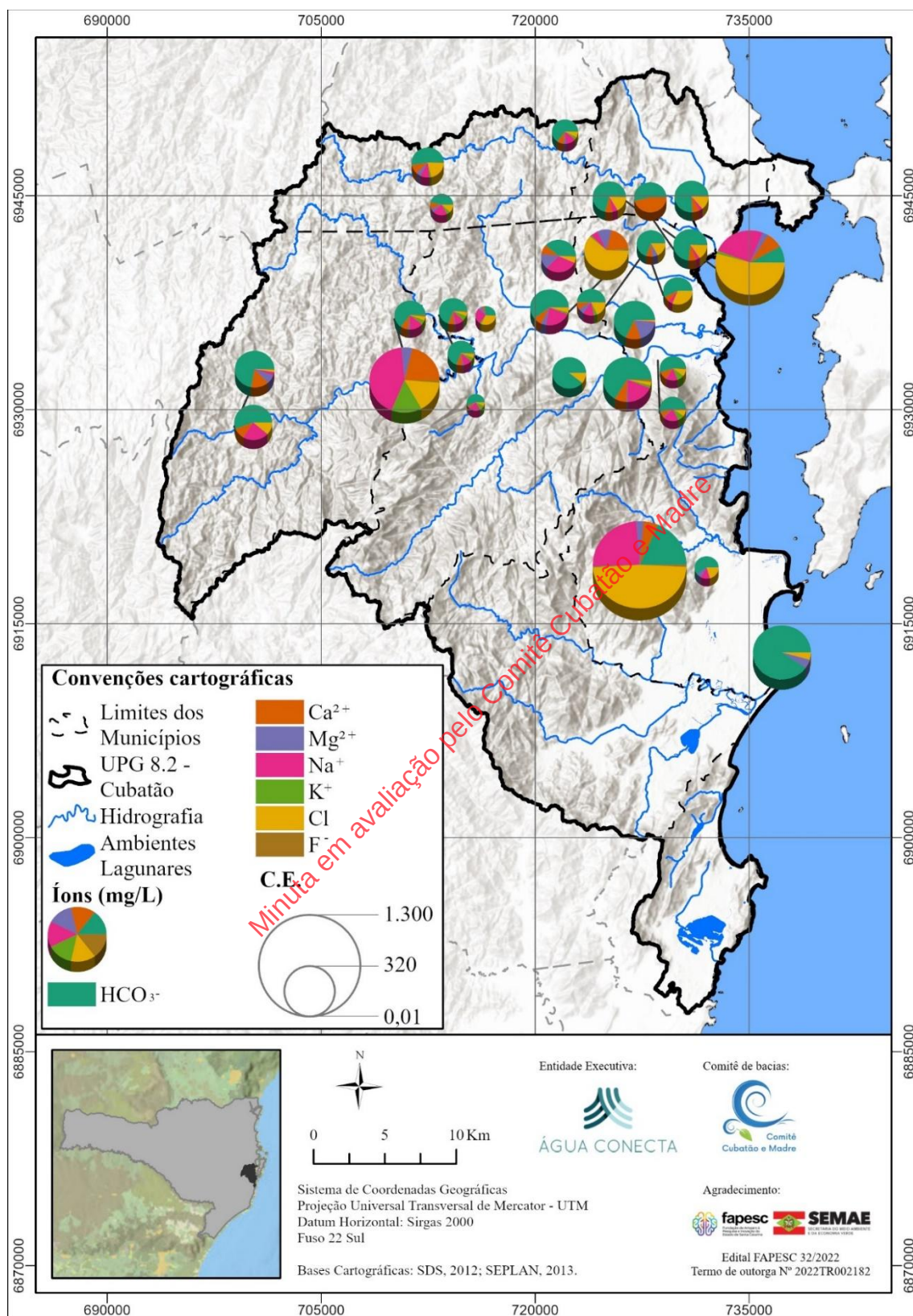
<i>Id_Ponto</i>	EBI (%)	Data de coleta	pH	CE	Temp. (°C)	Turbidez_NTU	Alc_total_ppm	HCO ₃ _ppm	Ca ²⁺ _ppm	Mg ²⁺ _ppm	K ⁺ _ppm	Na ⁺ _ppm	F ⁻ _ppm	Cl ⁻ _ppm	PO ₄ ³⁻ _ppm	NO ₃ ⁻ _ppm	NO ₂ ⁻ _ppm	Al_ppm	Cu_ppm	Cr_ppm	Pb_ppm	Fetotal_ppm,	As_ppm	Mn_ppm	Ni_ppm	B_ppm	Cd_ppm	Dureza_total_ppm	STD_ppm	SO ₄ ²⁻ _ppm	S ²⁻ _ppm	Zn_ppm	Res_sec_180	Se ²⁻ _ppm	SiO ₂ _ppm	Cor_uH
VMP (Consumo Humano)												200	1,5	250		10 (N-NO ₃)	1 (N-NO ₂)	0,2	2	0,05	0,01	0,3	0,01	0,1	0,02	0,5	0,005		1.000	250		5		0,01		
CONAMA 396/2008 (ppm)																																				
47	16%	10/04/2008	6,8	52,1	20		12,00	12	1,8	2,88	1,1	12	0,20	14,20		1,329							0,010					16,00				42,00		16,00		
48	-11%	29/05/2009	6,2	102,0	34			58,72	6,20	1,31	5,30	8,79	1,02	3,69		0,90	0,005	0,10	0,01	0,02	0,005	0,002	0,0100	0,001	0,0020	0,0020	0,0010	24,00		1,70		0,006	0,010	16,43		
49	-11%	29/05/2009	5,9	90,0	37			58,72	6,34	1,38	4,00	9,31	1,06	3,99		1,50	0,005	0,10	0,01	0,02	0,005	0,002	0,0100	0,001	0,0020	0,0020	0,0010	27,50		1,60		0,005	0,010	16,87		
50	6%	04/08/2015	6,7	182,3		0,28		103,00	19,16	<LQ	0,70	42,50	<LQ	20,00	<LQ	15,29			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,130	<LQ	0,0000	0,0020	64,41		1,49		<LQ		<LQ	16,28	<LQ
51	0%	21/10/2015	7,7	196,9		1	143,00	143,00	30,40	14,88	0,50	5,61	0,99	3,50		0,50	<LQ					0,200		0,084				138,00	98,47	24,00				25,60	3	
52	-58%		7,6	425,0		0,5	330,00	330,00		18,70				15,00								0,500	0,0000					313,80							30	
53	22%	22/06/2009	5,5	189,0	21		79,00	79,00	10,00	5,76	2,20	29,00	0,26	5,32	0,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,064	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	49,00	128,29	<LQ	<LQ	<LQ	149,00	<LQ	7,34	
54	11%	20/07/2009	6,4	87,0	33		23,85	42,56	5,73	0,96	6,50	15,50	0,95	6,40		0,70	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,120	<LQ	0,030	<LQ	<LQ	<LQ	18,00		2,10		0,007		<LQ	35,67	
55	7%	01/11/2001	6,6	88,1		2	33,70	33,70	6,46	0,41	5,40	9,00	0,96	5,18	0,10	0,35	0,090					0,210						17,80	53,00	1,00				45,90	5	
56	-7%	29/06/1999	7,9	1107,0		2	158,80	193,74	57,14	28,88	4,10	260,00	7,80	514,21	0,05	<LQ	<LQ					0,420						261,36	1552,00	58,72				42,75	5	
57	6%	26/10/2015	6,3	103,9		0,1	54,08	37,25	5,99	5,00	2,92	10,00	0,25	12,93	0,20	4,02	0,007	<LQ	<LQ		<LQ	0,010	<LQ	0,040	0,0030	0,0040	0,0020	23,54	89,00	1,00		0,012	77,03	<LQ	57,24	1
58	-6%	30/08/2005	6,3		22	0,5		46,21	3,31	1,06	4,13	11,60	0,06	6,37	<LQ	1,70	<LQ	<LQ		<LQ	<LQ	0,166	<LQ	0,136	<LQ	<LQ	<LQ	15,50		1,60		0,431	83,36	<LQ	34,33	0
59	2%	16/11/2015	6,7	604,2		1	115,44	52,82	53,63	19,50	9,60	174,08	0,44	365,50	0,50	4,87	0,007	0,10		<LQ	0,006	0,340	0,0100	0,220	<LQ	0,0090	0,0020	225,00	362,00	18,70		0,020	691,33	<LQ	50,19	1
60	98%	01/11/2015	1,0	0,0		0,1	1,00	46,38	4,55	5,00	2,30	15,18	0,09	5,31	<LQ	4,87	0,007	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,031	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	21,00	0,01	1,80		0,020	86,37	<LQ	32,49	1
61	-47%	26/10/2015	6,5	140,8		1	72,80	72,80	7,70	<LQ	<LQ	5,70	0,38	16,34	0,41	2,08	<LQ					0,180		0,030				34,24	117,00	3,48				67,64	0	
62	-55%	26/10/2015	6,5	109,0		<LQ	43,16	43,16	5,14	<LQ	<LQ	3,80	0,07	23,82	0,20	<LQ	<LQ					0,000		0,040				22,47	107,00	2,84				47,44	0	
63	-54%	26/10/2015	6,7	146,1		<LQ	93,60	93,60	8,99	<LQ	<LQ	4,20	0,32	16,34	0,62	<LQ	<LQ					0,000		0,040				37,45	120,00	3,17				58,64	0	
64	-50%	26/10/2015	6,7	144,6		<LQ	78,00	78,00	8,56	<LQ	<LQ	4,00	0,45	15,65	0,44	<LQ	<LQ					0,070		0,050				37,45		3,83				61,74	0	
65	0%	11/12/1996	6,8	123,0		<LQ		57,31	7,41	1,60	4,10	13,00	1,53	3,67		1,30	0,008	0,03	0,02	0,00	0,020	0,003		0,001	0,0100		0,0010	25,42		1,53		0,004			34,16	0
66	18%	24/06/2009	4,7	41,0	23		15,00	15,00	1,20	0,48	2,50	6,00		1,77	0,21	0,66	0,010	0,01	0,01	0,01	0,010	0,010	0,0100	0,010	0,0100	0,0100	0,0010	5,00	22,44	0,01		0,010	0,050	12,20		
67	30%	13/11/2001	5,5			0,25			0,25	0,16	1,95	3,35	0,10	3,00		1,00	0,005	0,10	0,01	0,02	0,005	0,002	0,0100	0,001	0,0020	0,0020	0,0010			1,00		0,174	0,020	7,44	0	
68	64%	30/10/2001	5,7	620,0	23	<LQ			3,19	0,80	2,24	6,34	0,19	2,30		1,80	0,005	0,10	0,01	0,02	0,005	0,005	0,0100	0,003	0,0020	0,0250	0,0010			1,00		0,001	0,020	13,57	0	
69	5%	21/07/2009	7,8	296,0	19		90,00	109,80	14,51	1,58	2,90	31,00	2,80	4,06		0,27	0,010					0,010						42,38	142,00							
70	-5%	21/05/2009	6,2	131,0	20		39,90	39,90	7,45	3,56	1,50	7,63	0,34	15,59		0,90	0,005	0,10	0,01	0,02	0,002	0,014	0,0200	0,001	0,0020	0,0020	0,0020	33,45		1,10		0,046	0,020	34,84		
71	1%	19/04/2006	6,8	87,0		0,3		40,44	5,59	1,97	2,15	8,14	0,21	4,28		1,60	0,005	0,10	0,01	0,02	0,005	0,015	0,0100	0,001	0,0020	0,0020	0,0020	24,00		1,20		0,021			13,18	0
72	22%	25/05/2009	6,1	68,0	27		28,00	28,00	5,46	3,27	3,00	13,00	0,18	6,76		1,74	0,020	0,031	0,02	0,00	0,001	0,020	0,0001	0,010	0,0001	0,0005	0,0001	27,26	48,77	3,89		0,026		0,001	30,70	
73	21%	22/07/2021	6,25	154,7				33,80	8,01	12,63	0,01	26,80	0,56	5,00		1,97	0,030					0,100						60,00		7,20	12,63					
74	40%	19/01/2021	6,69	132,0				15,48	13,35																											
75	-8%	17/07/2021	6,09	248,5				0,56	19,63	10,70	1,09	5,30	0,47	58,06		1,97	0,030					0,230						63,80		5,20	10,70					
76	-39%	26/10/2015	6,25	103,9				54,00	6,00	5,00	0,00	0,00	0,00	13,00		1,00	0,000					0,000						24,00		0,00	5,00					
77	47%	20/07/2021	6,92					0,56	88,00	47																										

Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

Em relação a distribuição iônica das amostras, em geral, as concentrações dos cátions dissolvidos nas águas subterrâneas apresentaram grande variação, com a seguinte ordem de abundância (em relação ao valor médio): $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Em algumas amostras, a concentração do cátion Na^+ extrapola os demais cátions maiores, ultrapassando o Ca^{2+} (Figura 40 e Tabela 18), assim seu valor médio não foi considerado devido à grande discrepância entre as amostras, representada pelo alto desvio do erro padrão. Quanto às concentrações de ânions dissolvidos nas águas subterrâneas, também se verificou grande variação, sendo os ânions dominantes HCO_3^- , seguidos de Cl^- ; SO_4^{2-} ; NO_3^- e F^- , em ordem decrescente de abundância (Figura 40 e Tabela 18).

A grande variação iônica entre as amostras de água subterrânea resulta em distintas fácies hidroquímicas pela classificação do Diagrama de Piper (Figura 41 e Figura 42). De acordo com esta classificação, as águas subterrâneas foram enquadradas majoritariamente na fácies hidroquímica do tipo bicarbonatadas sódicas e potássicas, totalizando doze amostras (proveniente dos poços 48 - Águas Mornas; 49 - Águas Mornas; 50 - Águas Mornas; 53 - Palhoça; 54 - Palhoça; 55 - Palhoça; 58 - Palhoça; 65 - Santo Amaro da Imperatriz; 66 - Santo Amaro da Imperatriz; 69 - Santo Amaro da Imperatriz; 72 - São Pedro de Alcântara; 78 - Santo Amaro da Imperatriz). As águas bicarbonatadas sódicas são características de altos teores dos cátions sódio e potássio e de ânion bicarbonato. As águas com cátion sódio dominante correspondem a áreas dos aquíferos próximos à região de descarga, portanto, com maior tempo de residência. Em geral, o pH é alcalino e os valores de sais totais dissolvidos são maiores (Machado, 2013), fato este que se distingue do observado na presente análise, cujos valores de pH são ácidos (Tabela 18). Águas oriundas do embasamento cristalino granítico, entretanto, podem ser classificadas como bicarbonatadas sódicas, mesmo nas áreas de recarga (Machado, 2013).

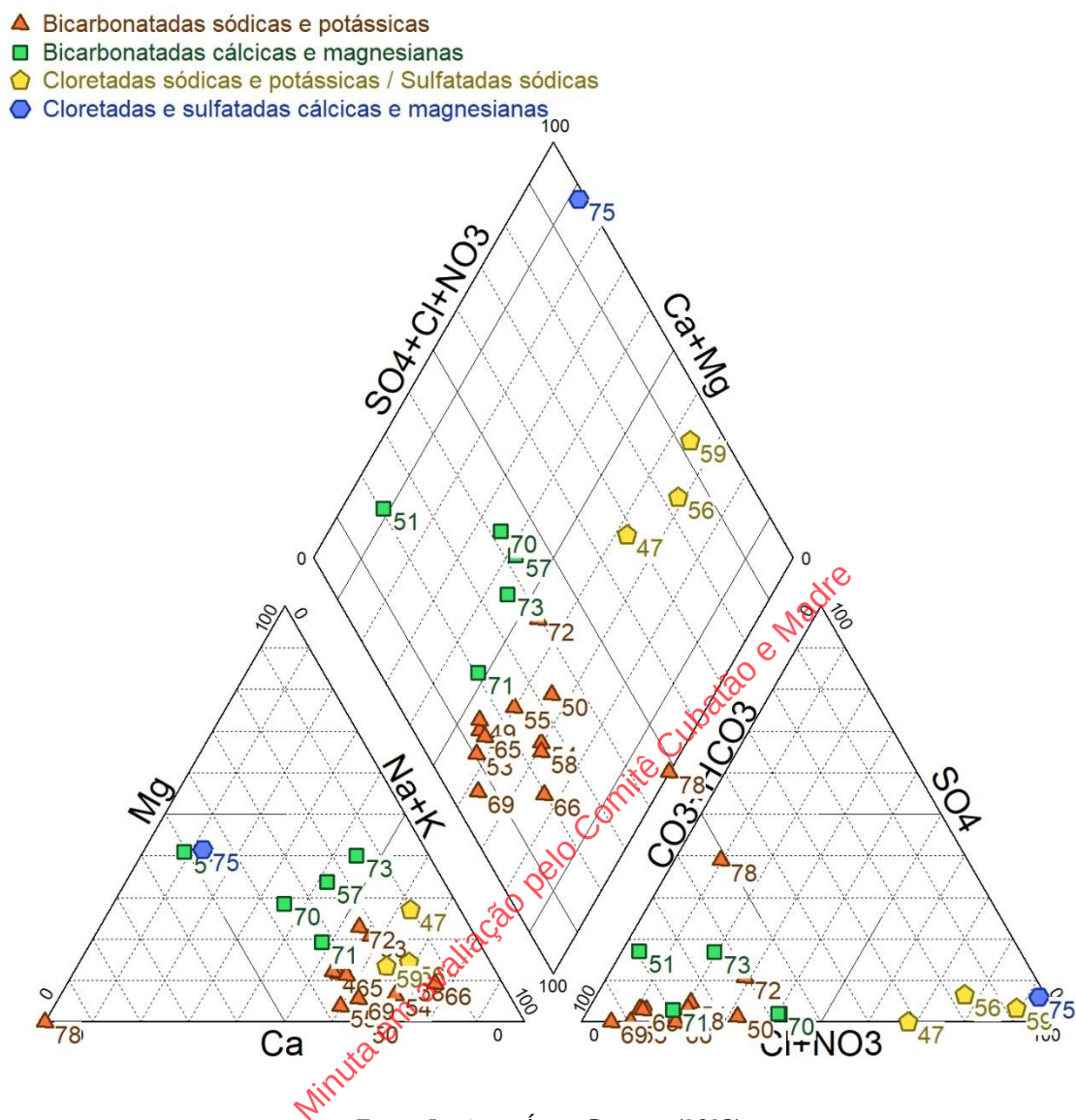
Figura 40 – Distribuição da composição iônica das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão.



Legenda: Os diâmetros dos gráficos indicam a ionização total das amostras (condutividade elétrica).

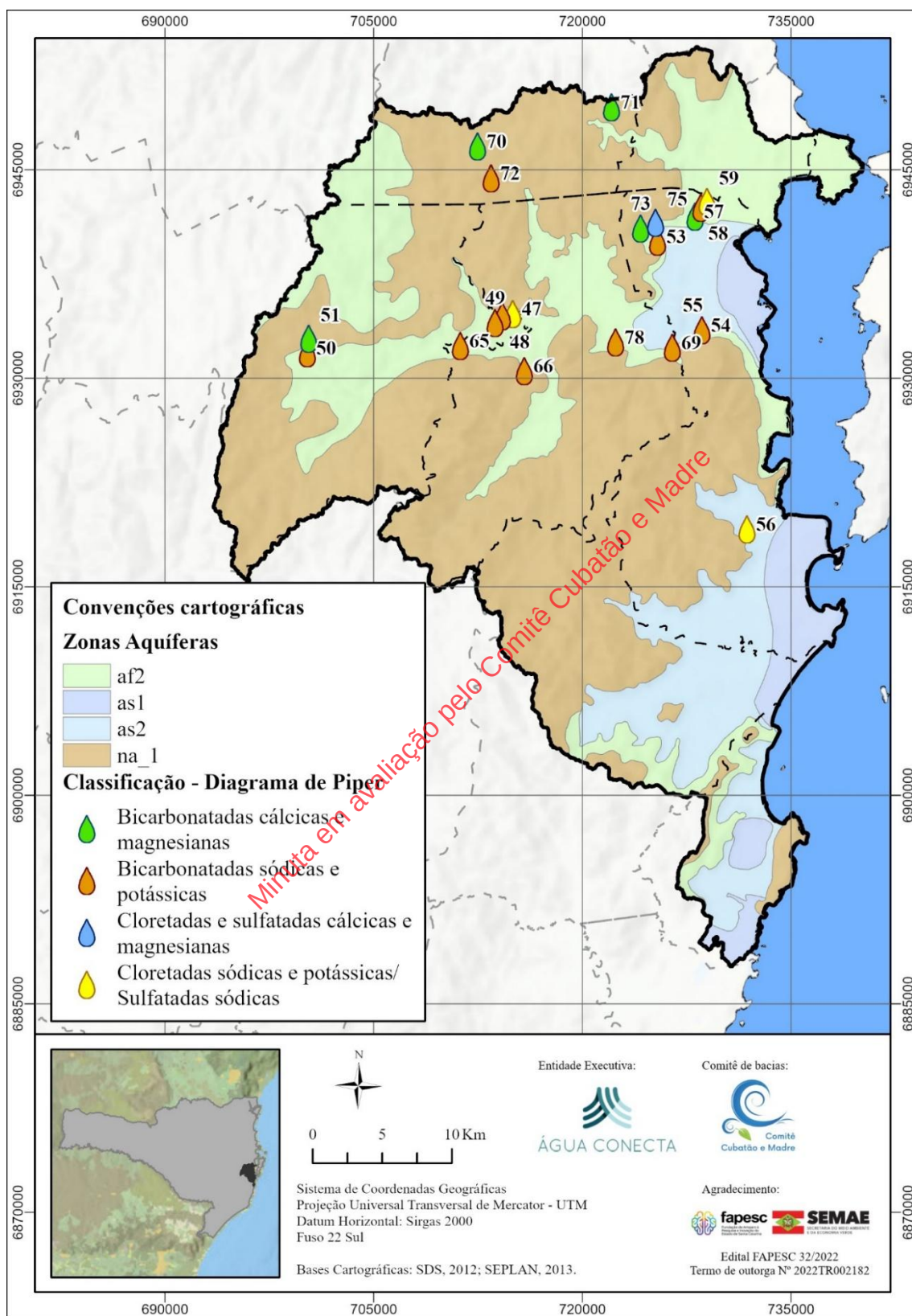
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 41 – Classificação das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão – Diagrama de Piper



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 42 - Localização e classes dos poços utilizados para classificação segundo Diagrama de Piper das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Foi verificada a presença de cinco amostras do tipo bicarbonatadas cálcicas magnesianas, provenientes dos poços 51 (Águas Mornas); 57 (Palhoça); 70 (São Pedro de Alcântara); 71(São Pedro de Alcântara) e 73 (Palhoça). De acordo com Machado (2013), as águas subterrâneas de Santa Catarina são predominantemente bicarbonatadas e, quando os cátions dominantes são cálcio e magnésio, as águas podem estar associadas a áreas de recarga ou de pouco tempo de residência nos aquíferos.

Foram detectadas três amostras do tipo cloretada sódica e potássica ou sulfatada sódica, poços 47 (Águas Mornas); 56 (Palhoça) e 59 (Palhoça) e uma amostra cloretada e sulfatada cálcica e magnesianas (poço 75). Os íons dominantes cloreto e sódio nas águas subterrâneas dos poços 56 e 59 (Palhoça) podem indicar a influência de cunha salina pela proximidade ao mar (Silva et al., 2011). Segundo Machado (2013) águas cloretadas estão correlacionadas às áreas de descarga ou de grande tempo de residência, podendo estar presente em camadas aquíferas permianas quando em grande profundidade. Segundo o autor a unidade hidroestratigráfica Sedimentos Cenozóicos pode ter águas cloretadas mesmo nas áreas de recarga. A presença de altas concentrações de cloreto e sódio representam desafios para o abastecimento público, pois altas concentrações dessas substâncias são capazes de causar aspectos organolépticos da água, afetando a qualidade e a adequação ao consumo humano.

Destaca-se que as fácies hidroquímicas bicarbonatadas sódicas, cloretadas sódicas e bicarbonatadas mistas (cálcicas ou magnesianas) também foram identificadas apontadas no diagnóstico apresentado do PRHCM, no estudo de classificação realizado para onze poços característicos. De acordo com os dados disponíveis no PRHCM, as águas bicarbonatadas sódicas são características de altos teores de sódio e cálcio representados por um teor médio de bicarbonato de 53,66 mg/L e um teor médio de sódio de 39,92 mg/L.

Nesta atualização do diagnóstico, verificou-se teores médios de 78,41 mg/L e mediana de 63,44 mg/L para bicarbonato e média de 24,77 mg/L e mediana de 8,90 mg/L para sódio. No PRHCM foi indicado que a maior parte dos poços consultados para a elaboração da caracterização hidroquímica estão situados sobre o sistema de aquíferos fraturados (af2). A classificação das águas em bicarbonatadas sódicas converge com a predominante classificação hidroquímica de águas características da Unidade Hidroestratigráfica Embasamento Cristalino, referente ao sistema de aquíferos fraturados (Machado, 2013). De acordo com Machado (2013), trata-se de águas com qualidade boa, com rápida circulação através das fraturas.

3.5.3. Diagnóstico da qualidade da água subterrânea (2023)

Para fins de avaliação da qualidade da água subterrânea, os resultados foram comparados com seus respectivos VMPs estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, considerando o uso preponderante para consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação (Tabela 18).

Salienta-se que esta avaliação não considerou o Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos aquíferos, pela ausência destas informações. Os VRQ são valores que refletem as características naturais das águas subterrâneas dos aquíferos, ou seja, a composição hidroquímica proveniente de fontes naturais (devido às feições geológicas locais) e devem ser considerados para interpretação das análises hidroquímicas. Entretanto, considerando a escassez de informações relativas à qualidade das águas subterrâneas no Estado de SC, nesta avaliação preliminar optou-se por analisar os dados existentes a partir dos VMPs. Salienta-se a necessidade da continuidade de estudos para que os VRQ sejam calculados e considerados nas análises.

Dentre os poços avaliados, quinze apresentaram águas subterrâneas contendo concentração de pelo menos um parâmetro de qualidade acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para pelo menos um dos principais usos: consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação (Tabela 19).

Tabela 19 - Poços com parâmetros em desacordo com VMP da Resolução CONAMA 396/2008 para os diferentes usos.

<i>Id_Ponto</i>	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Pb (mg/L)	Fe total (mg/L)	As (mg/L)	Mn (mg/L)	Se ²⁻ (mg/L)
47	0,20	14,20		0,010			
48	1,02	3,69	0,005	0,002	0,0100**	0,001	0,010
49	1,06	3,99	0,005	0,002	0,0100**	0,001	0,010
50	<LQ	20,00	<LQ	<LQ	<LQ	0,130	<LQ
51	0,99	3,50		0,200		0,084	
52		15,00		0,500	6,0000***		
53	0,26	5,32	<LQ	0,064	<LQ	<LQ	<LQ
54	0,95	6,40	<LQ	0,120	<LQ	0,030	<LQ
55	0,96	5,18		0,210			
56	7,80	514,21		0,420			
57	0,25	12,93	<LQ	0,010	<LQ	0,040	<LQ
58	0,06	6,37	<LQ	0,166	<LQ	0,136	<LQ
59	0,44	365,50	0,006	0,340	0,0100**	0,220	<LQ
60	0,09	5,31	<LQ	0,031	<LQ	0,010	<LQ
61	0,38	16,34		0,180		0,030	
62	0,07	23,82		0,000		0,040	
63	0,32	16,34		0,000		0,040	
64	0,45	15,65		0,070		0,050**	
65	1,53	3,67	0,020	0,003		0,001	
66		1,77	0,010**	0,010	0,0100**	0,010	0,050**
67	0,10	3,00	0,005	0,002	0,0100**	0,001	0,020
68	0,19	2,30	0,005	0,005	0,0100**	0,003	0,020
69	2,80	4,06		0,010			
70	0,34	15,59	0,002	0,014	0,0200	0,001	0,020
71	0,21	4,28	0,005	0,015	0,0100**	0,001	
72	0,18	6,76	0,001	0,020	0,0001	0,010	0,001
73	0,56	5,00		0,100			
74							
75	0,47	58,06		0,230			
76	0,00	13,00		0,000			
77	0,93			0,100			
78	0,00	7,00		30,000			
79	0,10	15,60		0,011			
80	0,35	4,36		0,700			
Restrições para usos da água*					Irrigação	Consumo humano	Dessed. Animal

Legenda: * As cores das células indicam restrições para diferentes usos de acordo com valores preconizados pela Resolução CONAMA 396/2008. Sendo que a coloração indicada se refere ao uso mais restritivo. ** Indica valor igual ao VMP para os diferentes usos. *** valor extrapola o conjunto de dados, possivelmente considerado um *outlier*.

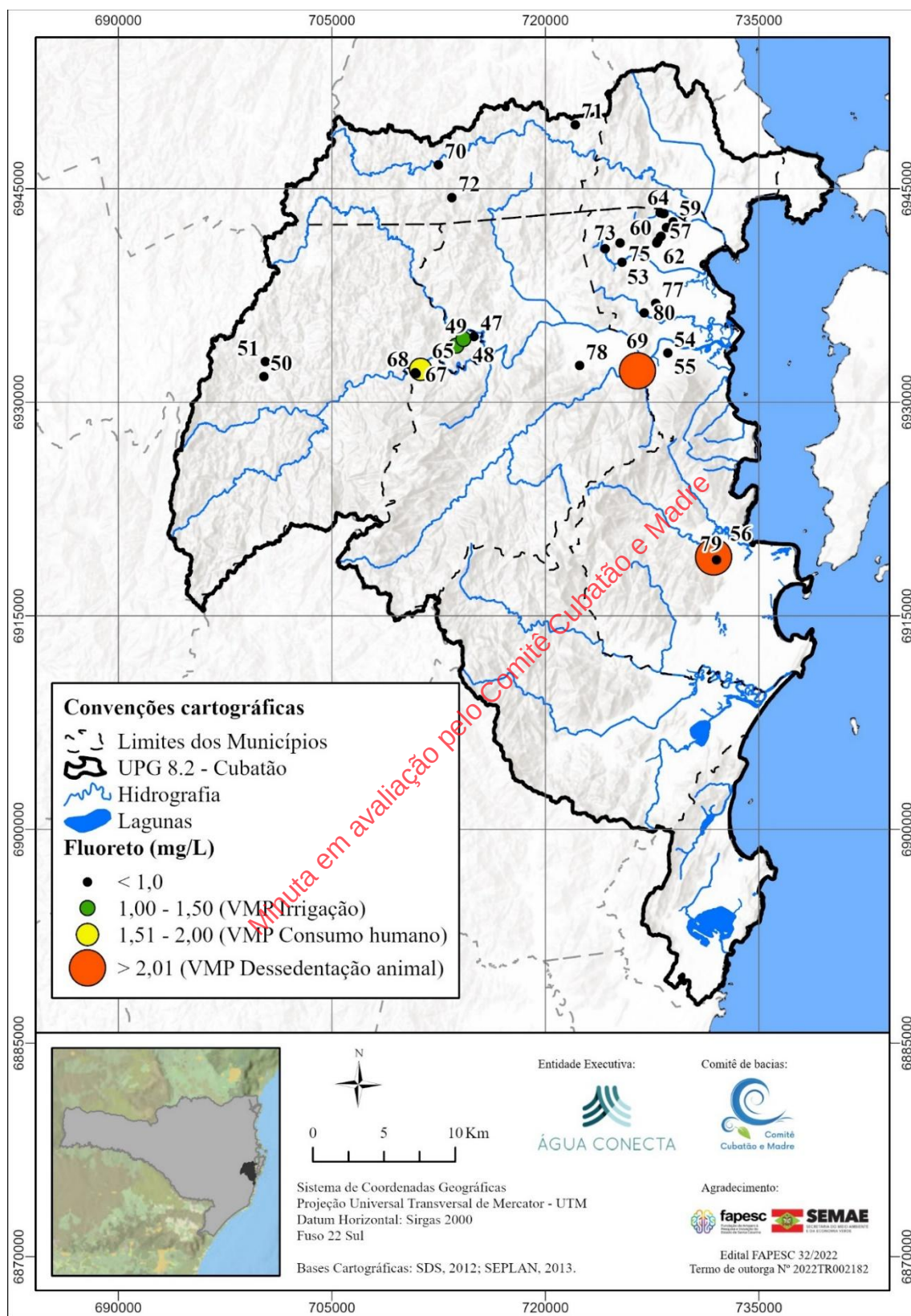
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Cinco poços apresentaram água bruta subterrânea com teores de fluoreto acima dos valores de referência de qualidade para pelo menos um dos usos principais (de 1,02 mg/L a 7,80 mg/L), Tabela 19 e Figura 43. Dentre esses, três poços (poços 56 – Palhoça; 65 – Santo Amaro da Imperatriz e 69 – Santo Amaro da Imperatriz) apresentaram valores acima do

VMP para consumo humano, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, cinco poços apresentaram valores acima do VMP para irrigação (poços 48 – Águas Mornas, 49 – Águas Mornas, poços 56 – Palhoça; 65 – Santo Amaro da Imperatriz e 69 – Santo Amaro da Imperatriz) e três poços com valores muito próximos ao limite para o uso de irrigação (poços 51 – Águas Mornas, 54 – Palhoça e 55 – Palhoça). De acordo com Machado (2013), em aquíferos característicos do Embasamento Cristalino é comum a presença de altos teores de flúor. De acordo com Nanni (2008) além do intemperismo das rochas, o aumento das concentrações de flúor pode ter influência antrópica, especialmente em regiões agrícolas relacionados à aplicação de fertilizantes.

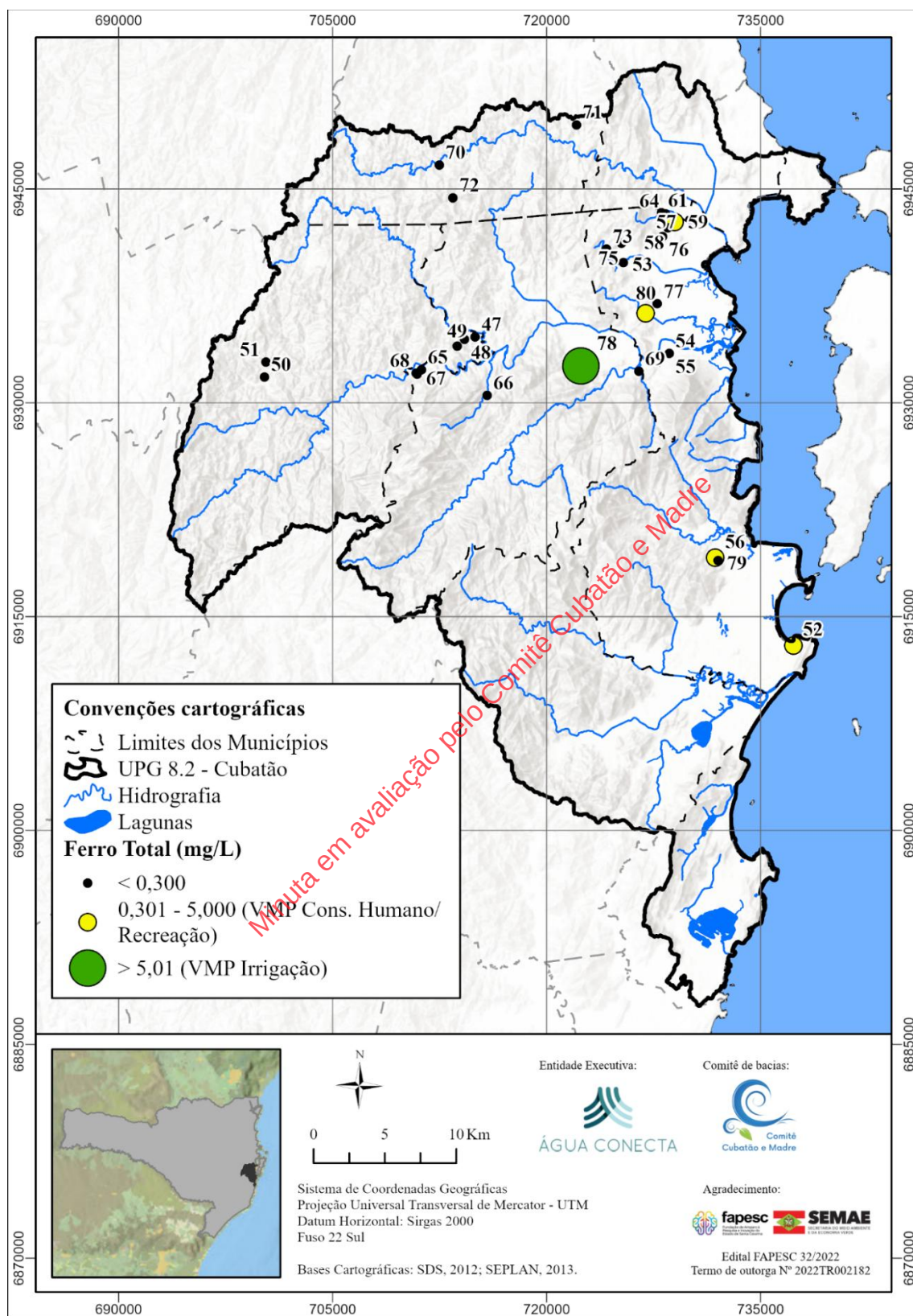
Destaca-se que a concentração de ferro para cinco poços, apresentaram valores que indicam pelo menos uma restrição para um dos usos da água subterrânea considerados na Resolução CONAMA 396/2008, variando de 0,34 a 30,00 mg/L (poços 52 – Palhoça; 56 – Palhoça; 59 – Palhoça; 78 – Santo Amaro da Imperatriz; 80 – Palhoça) (Tabela 19 e Figura 44). Destas restrições, todas são para os usos de consumo humano e recreação e uma também para o uso de irrigação (poço 78 – Santo Amaro da Imperatriz). De acordo com Machado (2013), em aquíferos característicos de Sedimentos Cenozoicos é comum concentrações mais elevadas de ferro e manganês, acima dos padrões de potabilidade. Associado a isso, cinco poços apresentaram valores mais elevados de manganês, também indicando alguma restrição quanto ao uso (poços 50 – Águas Mornas; 51 – Águas Mornas; 58 – Palhoça; 59 – Palhoça e 64 – Palhoça – Tabela 19 e Figura 45), devido a valores superiores ao VMP, de acordo com a legislação vigente. Dois desses poços (poço 64 – Palhoça), apresentaram restrição apenas ao uso de dessedentação de animais, devido a concentração de manganês, sendo este o uso mais restritivo. Três poços apresentaram teores de Mn acima do VMP para consumo humano e recreação (poços 50 – Águas Mornas; 58 e 59 – Palhoça), sendo este último também superior para o uso de irrigação.

Figura 43 – Distribuição da concentração de fluoreto nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão



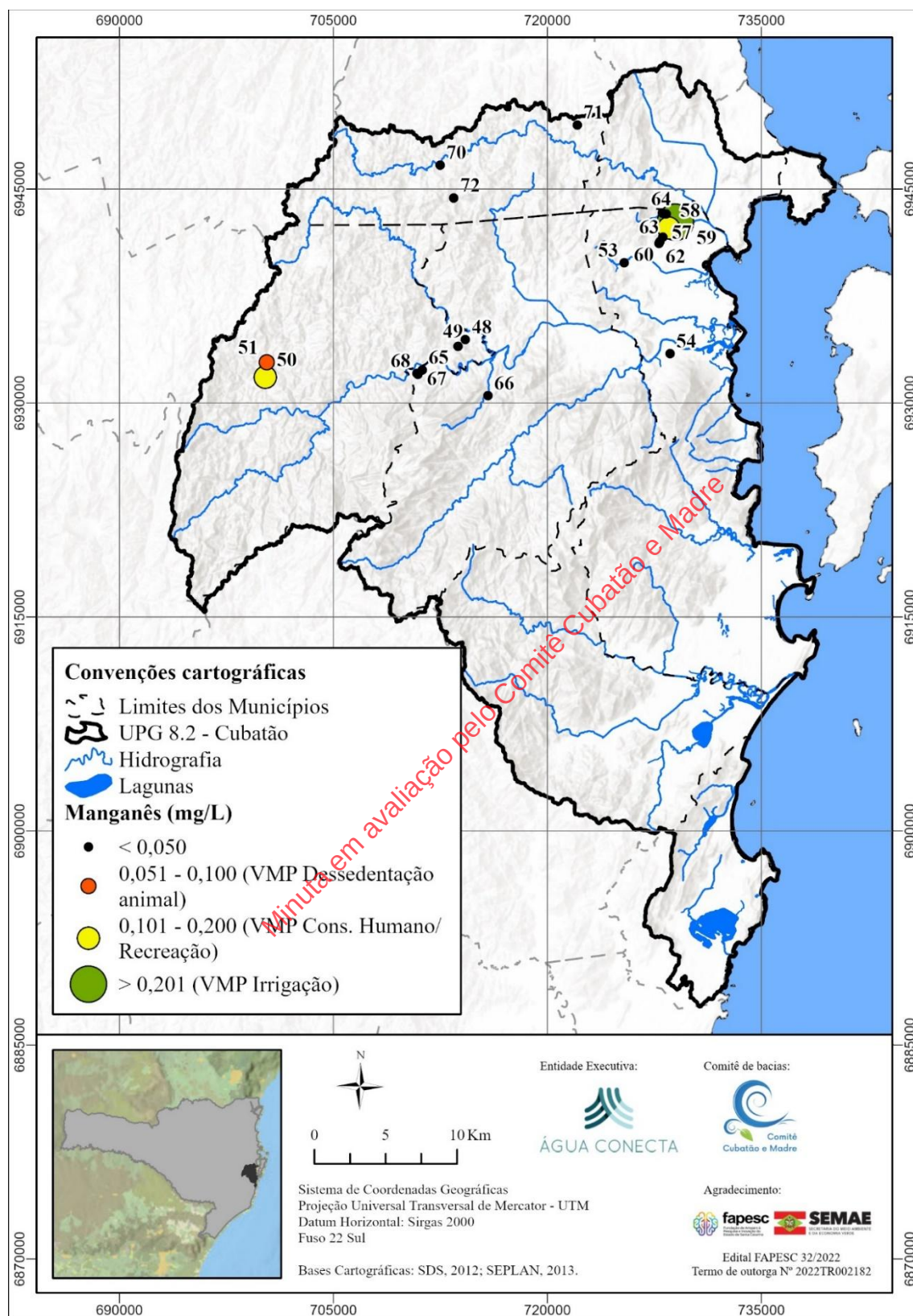
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 44 – Distribuição da concentração de ferro nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

Figura 45 – Distribuição da concentração de manganês nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

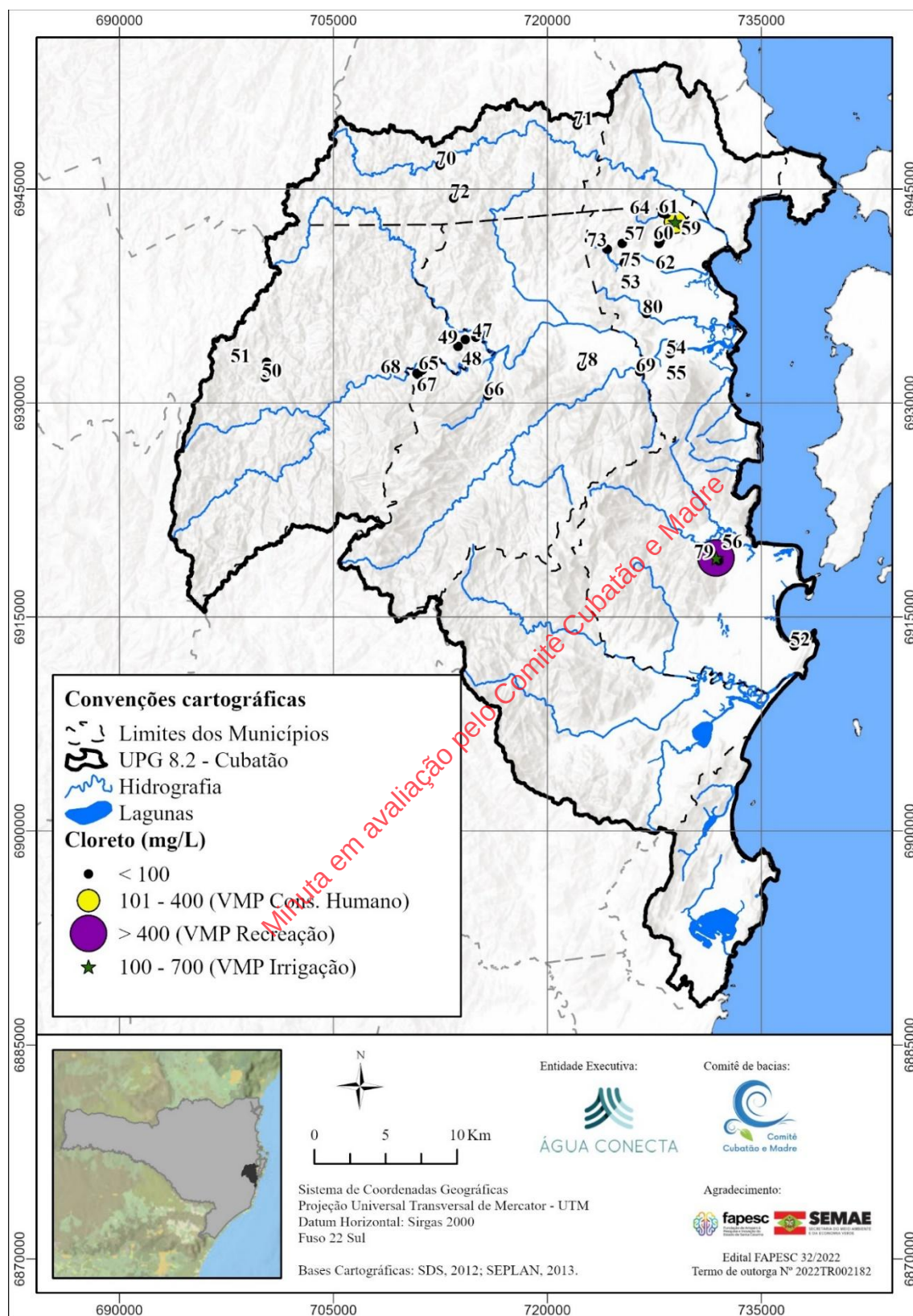
Desconformidades nas concentrações de manganês e de ferro conferem à água alteração nas suas características organolépticas (CETESB, 2016), que podem interferir na aceitação do consumo da água. De acordo com Foster et al. (2006) fluoreto, ferro e manganês são contaminantes principais do tipo natural, que se relacionam à evolução geoquímica das águas subterrâneas e dissolução mineral, mas essa pode ser agravada por atividades antrópicas, como superexploração e poluição.

Dois poços (poços 56 e 59 – Palhoça) apresentaram concentração de cloreto substancialmente superiores aos demais e, de acordo com os VMP da Resolução CONAMA 396/2008, não atendem aos usos para consumo humano, recreação e irrigação (Poço 56) e consumo humano e irrigação (Poço 59) (Tabela 19 e Figura 46). O cloreto ocorre em águas naturais geralmente em baixas concentrações, exceto em águas salobras ou salinas, sua presença é associada às atividades antrópicas (Fetter, 2018). Este é um íon conservador que pode indicar proximidade das fontes de contaminação (Varnier; Hirata, 2000), e sua concentração aumenta proporcionalmente com o impacto ocasionado por esgotos (Rabiet et al., 2005; Fetter, 2018). O poço 56, além do cloreto, apresentou alterações para os parâmetros fluoreto e ferro total e o poço 59, para os metais Fe, As e Mn (Tabela 19).

Foram identificados metais pesados nas águas subterrâneas da UPG 8.2, como chumbo e arsênio, com valores iguais ao VMP do uso mais restritivo estabelecido pela resolução CONAMA 396/2008. Essa observação merece destaque, apesar das baixas concentrações verificadas. Um poço apresentou valor superior ao VMP para consumo humano em relação ao chumbo: poço 65 (Santo Amaro da Imperatriz) (Pb: 0,020 mg/L) e o poço 66 (Santo Amaro da Imperatriz) apresentou valor igual ao VMP (Pb: 0,010 mg/L). Verificou-se que sete poços apresentaram valor de arsênio iguais ao VMP para consumo humano: poços 48 (Águas Mornas); 49 (Águas Mornas); 59 (Palhoça); 66 (Santo Amaro da Imperatriz); 67 (Santo Amaro da Imperatriz); 68 (Santo Amaro da Imperatriz) e 71 (São Pedro de Alcântara) (As: 0,010 mg/L), um poço apresentou restrição para o uso consumo humano (As: 0,020 mg/L – poço 70 – Santo Amaro da Imperatriz) e outro para os usos consumo humano, recreação e dessedentação animal (As: 6,00 mg/L – poço 52 – Palhoça).

Por fim, três poços apresentaram teores de selênio que indicam restrição para consumo humano e recreação (poços 67 – Santo Amaro da Imperatriz, 68 – Santo Amaro da Imperatriz e 70 – Santo Amaro da Imperatriz: 0,020 mg/L) e o poço 66 (Santo Amaro da Imperatriz) com restrição para consumo humano, recreação e irrigação (Se: 0,050 mg/L).

Figura 46 – Distribuição da concentração de cloreto nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão



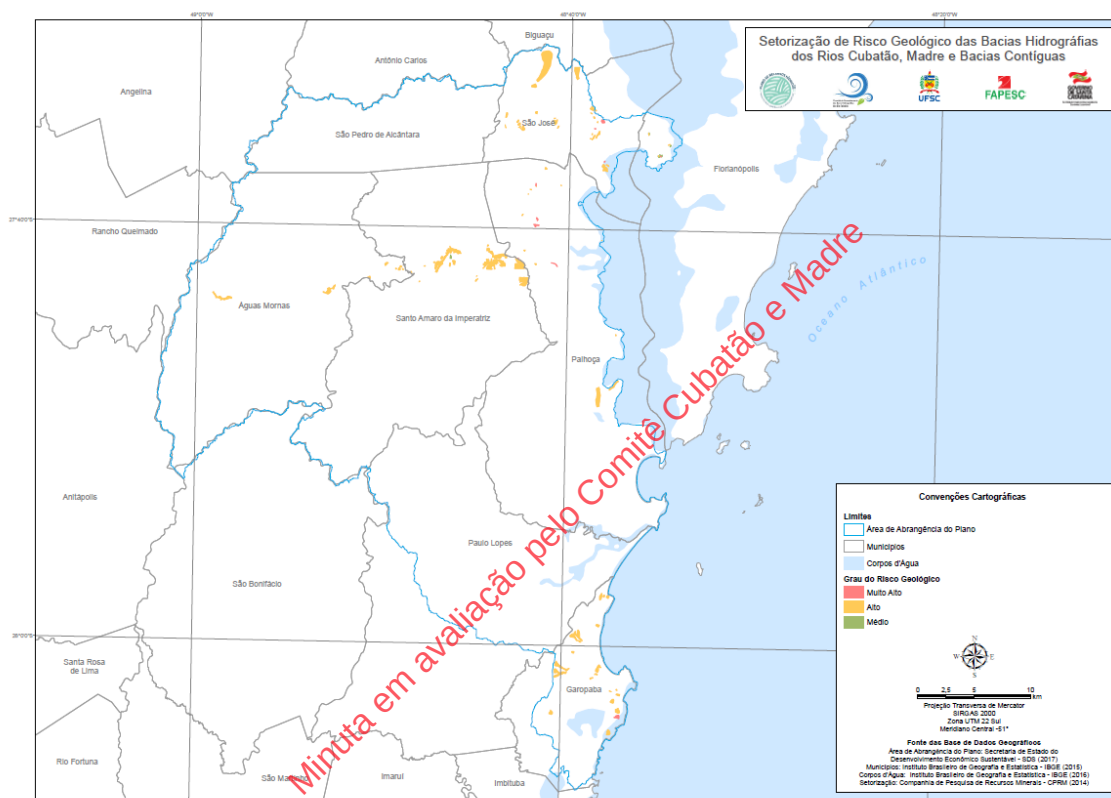
Fonte: Instituto Água Conecta (2023).

3.6. ÁREAS VULNERÁVEIS E SUSCEPTÍVEIS A RISCOS

3.6.1. Setorização de riscos geológicos

As ocorrências de desastres para municípios incluídos no Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal estão apresentadas na Figura 47. São Pedro de Alcântara não está incluído no Programa, apesar de ter registros.

Figura 47 - Mapa de setorização de riscos geológicos

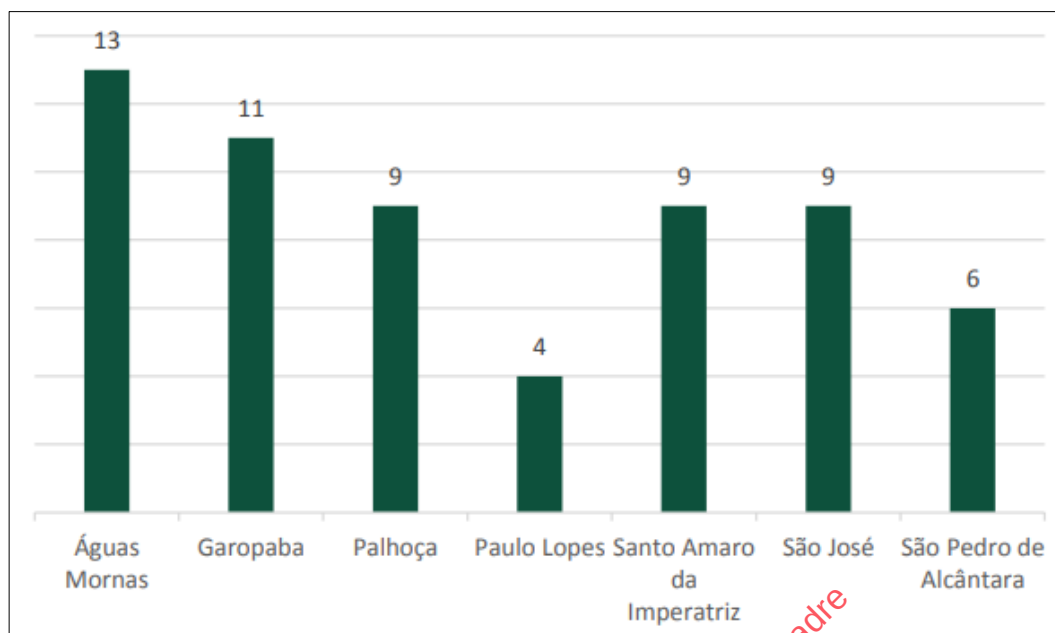


Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018b), ETAPA C – TOMO I - página 101, Figura 30 – Mapa de setorização de riscos geológicos. Fonte: CPRM (2016d). Fonte: Santa Catarina (2018a).

Durante 1994 a 2014, todos os municípios da UPG 8.2 - Cubatão reportaram algum prejuízo decorrente de desastres naturais (Figura 48). O ano de 2008 foi o que mais apresentou registros (UFSC, 2016) (Figura 48). A Figura 49 apresenta o panorama por municípios na UPG 8.2 - Cubatão.

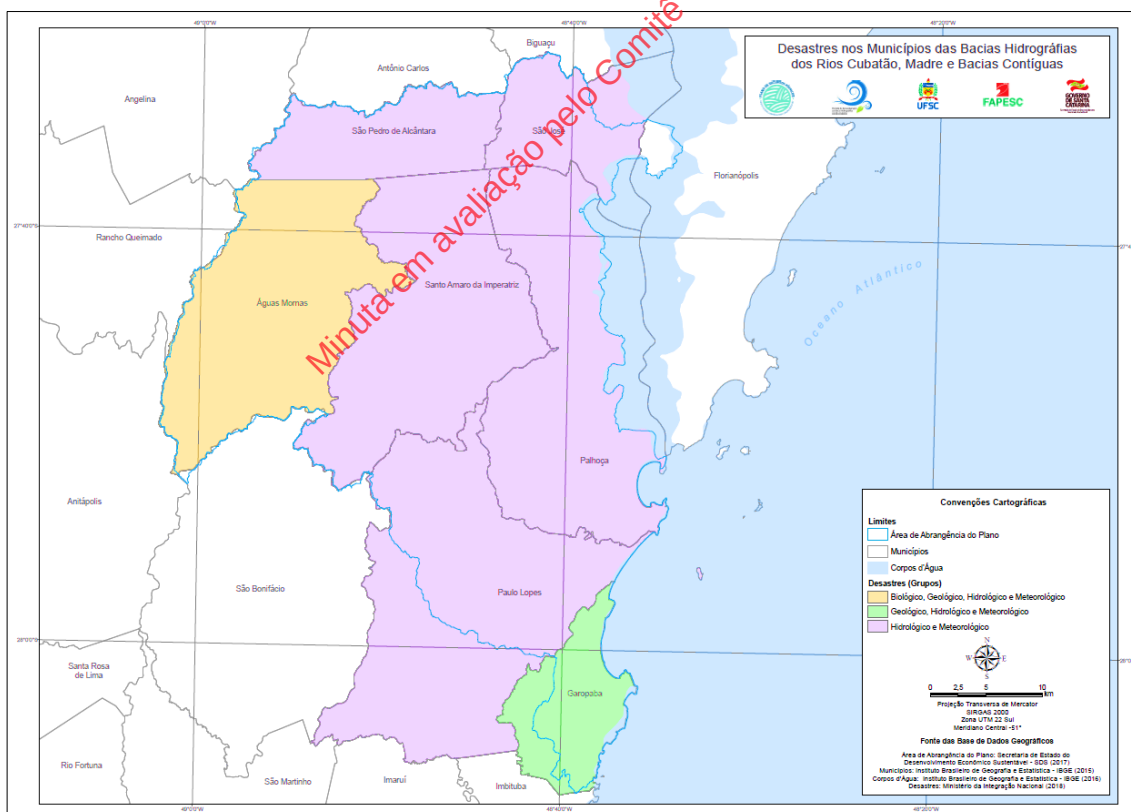
Na UPG 8.2 – Cubatão são encontrados eventos geológicos como deslizamento planar e corridas de lama, eventos de natureza hidrológica como enxurradas e inundações, e meteorológicas como tempestades, vendavais (Santa Catarina, 2018a).

Figura 48 - Eventos reportados nos municípios na UPG 8.2 – Cubatão de acordo com o PRHCM



Fonte: Santa Catarina (2018a).

Figura 49 - Mapa de ocorrência de desastres na UPG 8.2 – Cubatão.



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018b), ETAPA C – TOMO I - página 109, Figura 31 – Mapa de desastres. Fonte: UFSC (2016). Fonte: Santa Catarina (2018a).

3.6.2. Vulnerabilidade das águas subterrâneas

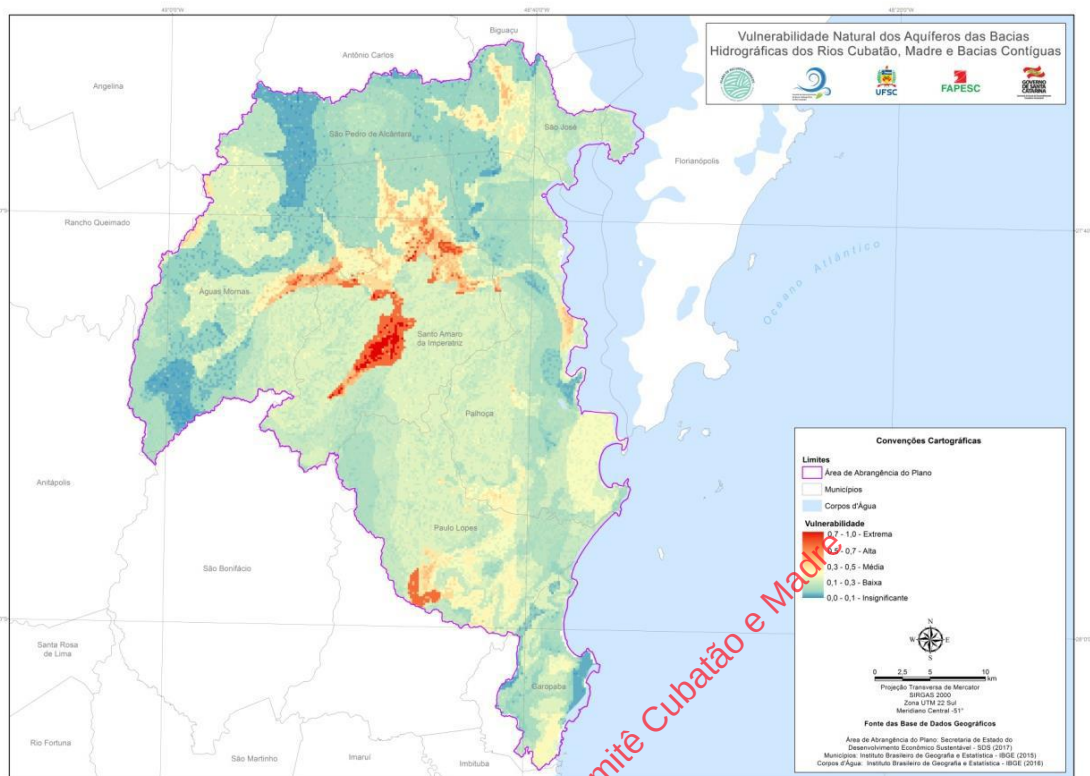
A vulnerabilidade do aquífero à poluição se refere ao conjunto de propriedades intrínsecas dos estratos que separam o aquífero saturado da superfície do solo (Foster, 1987). Essas propriedades determinam a suscetibilidade de um aquífero sofrer efeitos adversos de uma carga contaminante, aplicada na superfície (Foster et al., 2006).

A avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos foi realizada por meio do método GOD (Grau de confinamento, Ocorrência de substrato litológico e Distância da superfície do terreno ao nível da água subterrânea) de avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação (CBH-RB, 2016).

O método GOD propõe cinco classes de vulnerabilidade (Foster et al, 2006), que levam em consideração a representação de um índice absoluto de vulnerabilidade do aquífero à contaminação, conforme evidenciado na Figura 50. O mapa resultante do cruzamento dos dados representados foi representado de acordo com as cinco classes de vulnerabilidade propostas pelo autor supracitado.

Uma limitação importante foi a ausência de dados consistentes sobre a profundidade da zona saturada (NE) dos aquíferos. As diferentes escalas dos produtos temáticos, utilizados para o cruzamento do mapa-alvo, também constituem um fator limitante para uma definição das áreas de vulnerabilidade. Recomenda-se a produção de bases temáticas em escala padronizada (Santa Catarina, 2018a).

Figura 50 - Mapa de vulnerabilidade da água subterrânea na UPG 8.2 – Cubatão



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018b), ETAPA C – TOMO II - página 198, Figura 71 – Mapa de vulnerabilidade das bacias do Rio Cubatão Sul, Madre e bacias contíguas. Fonte: Santa Catarina (2018b).

3.6.3. Risco de contaminação das águas subterrâneas

Diferente da vulnerabilidade, entendida como a maior ou menor suscetibilidade à contaminação do material de subsuperfície a um evento contaminador (Foster, 1987; Foster; Hirata; 1993) avaliada por meio das características intrínsecas do aquífero; o risco de contaminação é causado pela existência e características de atividades poluentes, fator dinâmico que, em princípio, pode ser controlado (Nanni et al., 2005 *apud* Santa Catarina, 2018b). Sabe-se que há várias causas possíveis para a deterioração da qualidade em um aquífero e/ou reserva de água subterrânea.

O uso da terra tem um importante reflexo na qualidade da água subterrânea e nas taxas de recarga. Diferentes práticas de uso da terra deixam assinaturas distintivas sobre a qualidade das águas subterrâneas (Foster; Cherlet, 2014 *apud* Santa Catarina, 2018b). Além do uso da terra, a contaminação das águas subterrâneas é determinada, principalmente, pela classificação do aquífero, ou seja, os livres e rasos estão sujeitos à alta vulnerabilidade, já que o tempo para que os contaminantes atinjam o aquífero é menor do que a dos

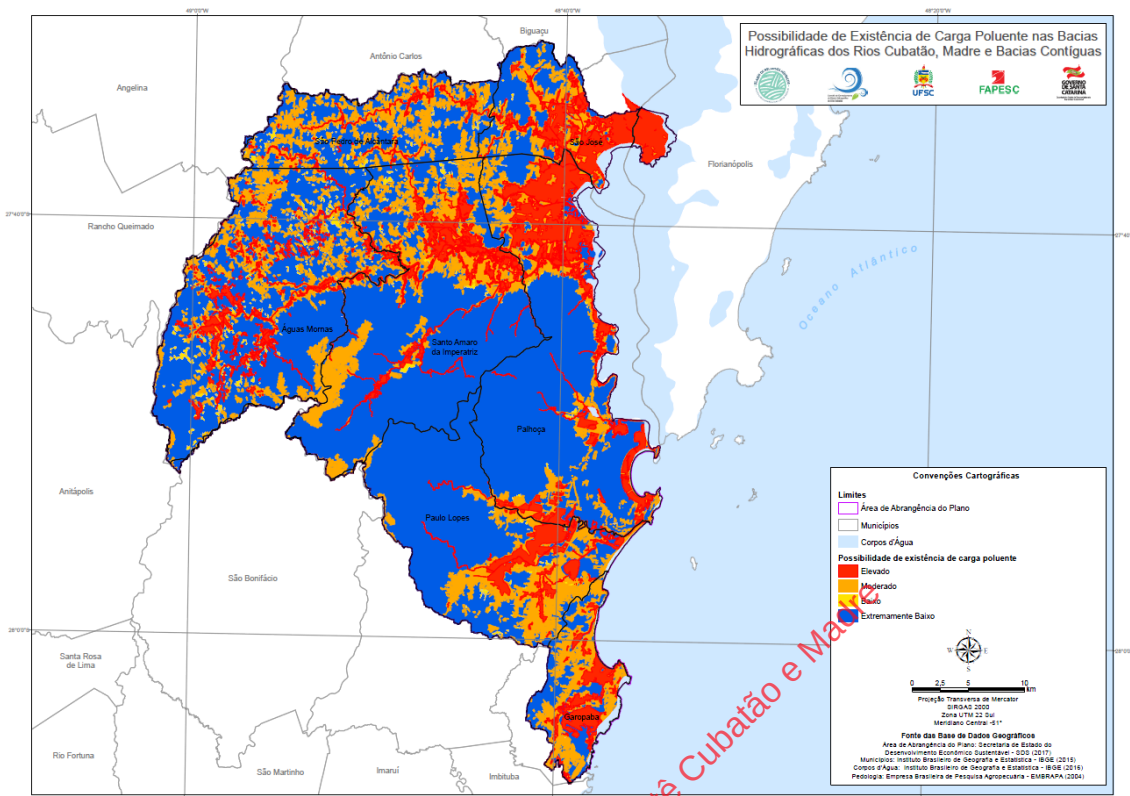
confinados/semiconfinados (Foster, 2006 apud Santa Catarina, 2018b).

A Figura 51 apresenta o mapa de possibilidade da existência de carga poluente apresentado pelo PRHCM. As principais fontes de contaminações foram baseadas no mapa de uso e ocupação da terra, considerando valores para a carga poluente baseado na aplicação da metodologia *Pollutant Origin; Surcharge Hydraulically* (POSH). A metodologia POSH foi utilizada como base para definir quais as principais atividades do município que representam perigo para o aquífero e seus valores qualitativos.

Em linhas gerais, as áreas das regiões NE e Sul da UPG 8.2 – Cubatão são caracterizadas por áreas de maior possibilidade de ocorrência de cargas poluentes, de acordo com a Figura 51. Essas áreas contemplam parte dos municípios Florianópolis, São José, Santo Amaro da Imperatriz, Palhoça, Paulo Lopes e Garopaba, sendo considerados os municípios que merecem maior atenção em relação à vulnerabilidade. Verifica-se que essas áreas dos municípios não são coincidentes com as áreas de maior vulnerabilidade, provavelmente pela dificuldade de aplicação do método GOD conforme relatado pelos autores do PRHCM. Apesar desta fragilidade, as regiões com maiores possibilidades de risco a contaminação coincidem com as regiões de maiores densidades de demanda hídrica nos municípios supracitados, conforme apontado na análise da Figura 20. Essa informação quantitativa também corrobora com o resultado qualitativo gerado e reforça a informação sobre as regiões que merecem destaque quanto aos perigos relacionados à exploração dos aquíferos.

Nos próximos parágrafos está apresentado um resumo das informações de vulnerabilidade dos aquíferos e possibilidade de carga poluente das bacias hidrográficas apresentadas no PRHCM. O cruzamento dessas duas análises gera a informação sobre o risco de contaminação. Nota-se que todos os municípios da UPG 8.2 - Cubatão possuem pelo menos uma região com elevado risco de contaminação, variando a extensão da área nessas classes de maior risco.

Figura 51 - Mapa de possibilidade da existência de carga poluente



Nota: não foi possível extrair a Figura com qualidade, no entanto, o arquivo encontra-se disponível em Santa Catarina (2018b), ETAPA C – TOMO II - página 201, Figura 75 – Mapa de possibilidade da existência de carga poluente. Fonte: Santa Catarina (2018b).

Em Águas Mornas, a possibilidade de carga poluente é extremamente baixa na maioria dos casos, e o índice de vulnerabilidade é baixo. No município as áreas de maior risco à contaminação ocorrem em um pequeno trecho a leste do município que recai sobre área de alta e extrema vulnerabilidade, e a carga poluente é elevada e a oeste do município onde a vulnerabilidade é de alta a moderada e há trechos de possibilidade de existência de carga poluente alta e moderada (Santa Catarina, 2018b).

Em Florianópolis (continente), o índice de vulnerabilidade é baixo e a possibilidade de existência de carga poluente é elevada, portanto o risco de contaminação é moderado (Santa Catarina, 2018b).

A porção central e a parte litorânea de Garopaba apresentam possibilidade de carga poluente elevada em virtude da área urbanizada. Nos locais de possibilidade de existência de carga poluente elevada sua total abrangência recai sobre áreas de vulnerabilidade baixa, com exceção do trecho localizado a sul do município que possui vulnerabilidade média (Santa Catarina, 2018b).

No município de Palhoça as regiões que merecem destaque estão localizadas entre

a Ponta do Pesqueiro e a Ponta da Enseada (local de desemboque dos Rios Cambirela, Neto e Mata-Fome), onde o índice de vulnerabilidade é moderado e a possibilidade de existência de carga poluente é elevada. Outro local de destaque está localizado nas margens do Rio Cubatão, na parte oeste do município, em um pequeno trecho que apresenta possibilidade de existência de carga poluente de moderada a elevada e índice de vulnerabilidade de médio a alto, caracterizando uma área de risco de contaminação (Santa Catarina, 2018b).

Em Paulo Lopes, a região central apresenta possibilidade de carga poluente alta, entretanto essa região recai sobre área de vulnerabilidade baixa. A área com alto índice de vulnerabilidade é a região sudoeste de Paulo Lopes que recai sobre possibilidade de carga poluente. Sendo assim, o risco de contaminação nessas áreas é moderado (Santa Catarina, 2018b).

No município de Santo Amaro da Imperatriz a região centro norte apresenta alto risco à contaminação, uma vez que a possibilidade de carga poluente é elevada e a vulnerabilidade varia de média a extrema. Além disso, na região às margens do Rio Vargem do Braço, caracterizada por ser uma região de alto risco de contaminação, o índice de vulnerabilidade é extremo e há possibilidade elevada e moderada de existência de carga poluente (Santa Catarina, 2018b).

Em São José, a região leste é bastante marcada pela área de vulnerabilidade média, que recai sobre áreas com possibilidade de carga poluente alta e moderada, o que caracteriza alto risco de contaminação (Santa Catarina, 2018b).

Em São Pedro de Alcântara, a vulnerabilidade é majoritariamente baixa ou insignificante, com exceção de um pequeno trecho no limite com o município de São José, onde há elevada e moderada possibilidade de existência de carga poluente e médio índice de vulnerabilidade. Nesse contexto, pode-se considerar o risco de contaminação predominantemente baixo na área que abrange este município (Santa Catarina, 2018b).

3.7. ÁREAS REGULADAS POR LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA

Na UPG 8.2 – Cubatão foram identificadas 11 Unidades de Conservação (UC), Quadro 7, Figura 52, duas de Proteção Integral e nove de Uso Sustentável (Santa Catarina, 2018a).

Quadro 7 - Unidades de Conservação na UPG 8.2 - Cubatão

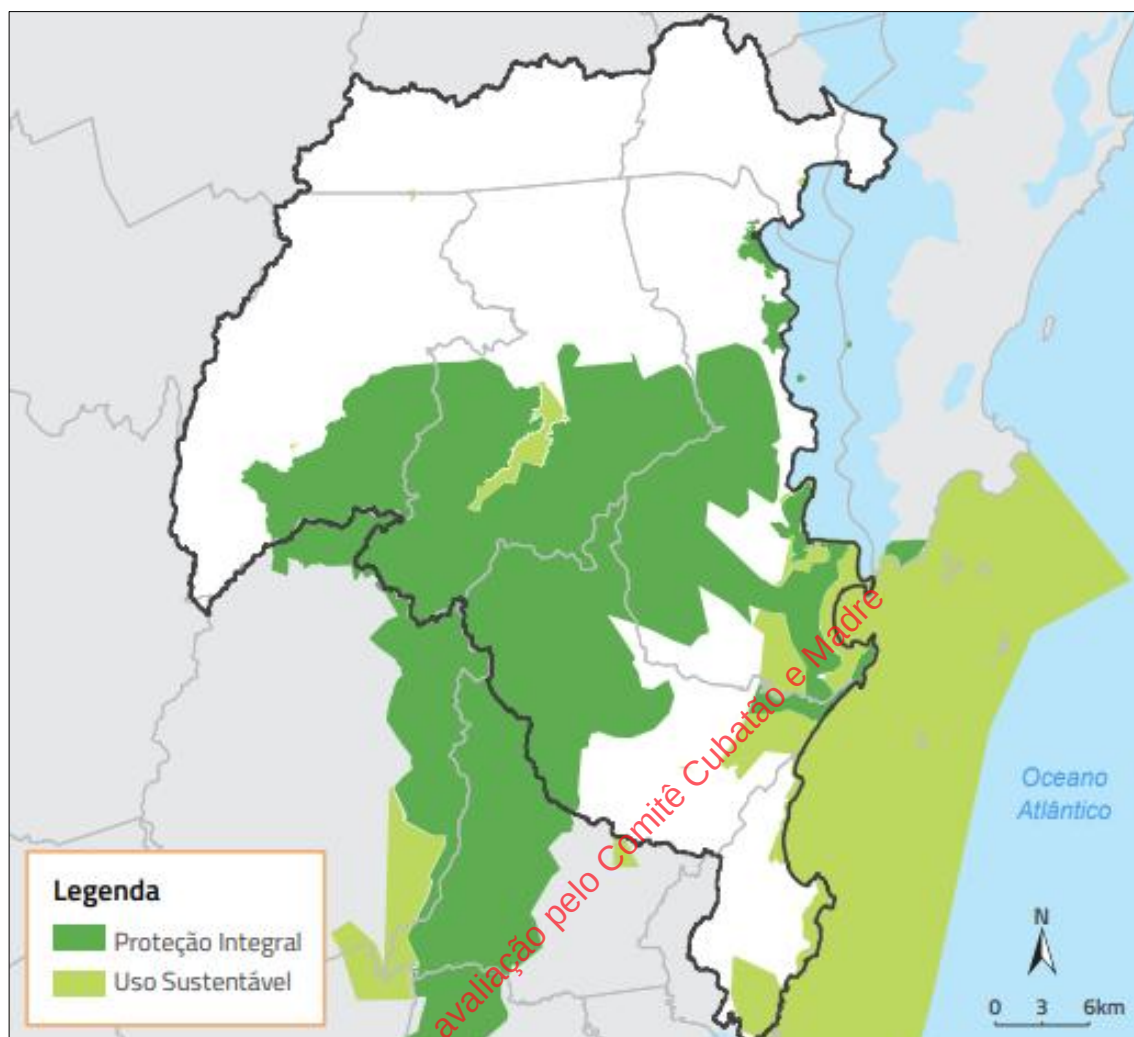
Nome	Categoria	Esfera	Fonte
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	Proteção Integral	Estadual	IMA
Parque Natural Municipal Natalina Martins da Luz	Proteção Integral	Municipal	FCAM - Fundação Cambirela do Meio Ambiente
APA Estadual da Vargem do Braço	Uso Sustentável	Estadual	IMA
APA Estadual do Entorno da Costeira	Uso Sustentável	Estadual	IMA
APA da Baleia Franca	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
RPPN do Guaxinin	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
RPPN Rio das Lontras	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
RPPN Passarim	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
RPPN Amplus Lucidus	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
RPPN Jardim dos Beija-Flores	Uso Sustentável	Federal	ICMBio
APA Estadual da Vargem do Cedro	Uso Sustentável	Estadual	IMA

Fonte: Santa Catarina (2018a).

Dentre as unidades de conservação presentes na UPG 8.2 – Cubatão, destaca-se o Parque Estadual Serra do Tabuleiro, que ocupa cerca de 35% da área total. O Parque Estadual da Serra do Tabuleiro é uma unidade de conservação de proteção integral que abrange 839,38 km², o que representa cerca de 1% do território catarinense. Criado por meio do Decreto nº 1.260, de 1º de novembro de 1975, com o principal objetivo de proteger os mananciais que abastecem a Grande Florianópolis, incluindo a captação localizada na região de Pilões, no município de Santo Amaro da Imperatriz e outras nascentes de importantes bacias hidrográficas utilizadas no abastecimento público e industrial do litoral catarinense (Santa Catarina, 1975).

Fazem parte da área do Parque, ainda, as terras de marinha compreendidas entre a foz do Rio Embaú, a foz do Rio Massiambu e as ilhas oceânicas: Siriú, Coral, Moleques do Sul, Três Irmãs, Fortaleza e dos Cardos (Santa Catarina, 1975a). Quase 70% da área total do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, isto é, 561,06 km² está inserida na região de abrangência do PRHCM.

Figura 52 - Mapa das Unidades de Conservação na UPG 8.2 - Cubatão.



Fonte: Santa Catarina (2019).

Na UPG 8.2 - Cubatão existem também três grupos indígenas. Na Figura 53 estão disponíveis a localização das terras indígenas da UPG 8.2 – Cubatão: Massiambu, Cambirela e Morro dos Cavalos.

[illegible]

3.8. ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL

Quanto ao arcabouço legal, as principais normas vigentes que possuem relação com a qualidade água e o enquadramento estão apresentadas a seguir.

Os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) são apresentados no artigo 5º, sendo um deles o enquadramento, que visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes.

A Resolução CNRH nº 91/2008, que revogou a Resolução CNRH nº 12/2000, estabelece os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Segundo o Art. 2º desta Resolução, o enquadramento dos corpos de água se

dá por meio do estabelecimento de classes de qualidade conforme disposto nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, tendo como referências básicas: a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivos.

De acordo com a Resolução CNRH nº 91/2008 o enquadramento de corpos de água corresponde ao estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados por meio de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água. Em outras palavras, o enquadramento é uma meta de qualidade que deve ser alcançada em determinado período. As etapas mínimas para elaboração do enquadramento são: I - Diagnóstico; II - Prognóstico; III - Propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; e IV - Programa para efetivação



O processo de enquadramento deve ser participativo, com realização de oficinas ou audiências públicas com os atores sociais da bacia hidrográfica.

A Resolução nº 91/2008 definiu que a atribuição de elaborar a proposta de enquadramento é das agências de bacia, que devem encaminhar a proposta para discussão e aprovação do comitê de bacia hidrográfica e posteriormente, ao Conselho de Recursos Hídricos. Como em Santa Catarina não existem agências de bacia, o órgão gestor tem assumido a atribuição de elaboração da proposta com a contratação de equipes técnicas.

3.8.1.3. Resolução CONAMA nº 357/2005

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. As águas doces possuem cinco (5) classificações: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3, e classe 4.

Nas bacias hidrográficas litorâneas, um dos pontos que deve ser observado é a identificação dos trechos de curso d'água salobra, os quais deverão ter sua classificação de acordo com as classes de águas salobras, que são classificadas de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 como classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3.

3.8.1.4. Resolução CONAMA nº 396/2008

A Resolução CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

O enquadramento das águas subterrâneas nas classes deve ser efetuado com base nos usos preponderantes mais restritivos atuais ou pretendidos, exceto para a Classe 4, para a qual deve prevalecer o uso menos restritivo.

O enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo às captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo:

- I. A caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica;
- II. A caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição;
- III. O cadastramento de poços existentes e em operação;
- IV. O uso e a ocupação do solo e seu histórico;
- V. A viabilidade técnica e econômica do enquadramento;
- VI. A localização das fontes potenciais de poluição; e
- VII. A qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

3.8.2. Arcabouço Institucional

Quanto ao arcabouço institucional as principais instituições com relação com a qualidade água e o enquadramento estão apresentadas a seguir.

3.8.2.1. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI)

Compete à EPAGRI promover o desenvolvimento sustentável da agropecuária, da pesca e do meio rural do Estado; por meio da execução de políticas de geração e difusão de tecnologia agropecuária, florestal, pesqueira, socioeconômica e de assistência técnica e extensão rural.

As pesquisas de competência da EPAGRI compreendem as áreas das ciências agrônômicas, florestais, veterinárias e de zootecnia, da sociologia e da economia rural, além daquelas relacionadas à agroindústria, ao meio ambiente, à meteorologia, à pesca e recursos hídricos, dentre outras compreendidas nas áreas de atuação da Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural.

O Ciram iniciou suas atividades em 1997 para monitorar os recursos naturais e ambientais do Estado de Santa Catarina. Opera junto à Sede Administrativa da Epagri, integrado a uma rede de estações experimentais e centros especializados, localizados estrategicamente nas diversas regiões agroecológicas. O principal objetivo é integrar dados ambientais, estruturando um centro de referência para desenvolver pesquisas e tecnologia

para prestar serviços especializados. A Epagri/Ciram visa proporcionar o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população por meio da geração, disponibilização e publicação de informações e tecnologias ambientais, hídricas e meteorológicas (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, 2021).

3.8.2.2. Departamento Estadual de Defesa Civil

À Secretaria de Defesa Civil compete articular e coordenar as ações de proteção e defesa civil no Estado de Santa Catarina, compreendendo: prevenção e preparação para desastres; assistência e socorro às vítimas de calamidades; restabelecimento de serviços essenciais; e reconstrução; realizar estudos e pesquisas sobre riscos e desastres; elaborar e implementar diretrizes, planos, programas e projetos para prevenção, minimização e respostas a desastres causados por ação da natureza e do homem no Estado; coordenar a elaboração do plano de contingência estadual e fomentar a elaboração dos planos de contingência municipais; mobilizar recursos para prevenção e minimização de desastres; disseminar a cultura de prevenção de desastres para a sociedade, por meio dos princípios de proteção e defesa civil; prestar informações aos órgãos federais de defesa civil sobre as ocorrências de desastres e atividades de proteção e defesa civil no Estado; propor à autoridade competente a decretação ou a homologação de situação de emergência e de estado de calamidade pública; providenciar e gerenciar o abastecimento e a distribuição de suprimentos nas ações de proteção e defesa civil; coordenar a Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (CEP2R2) ou estruturas equivalentes; presidir e secretariar, quando lhe couber o mandato, a Comissão Permanente de Defesa Civil do Conselho de Desenvolvimento e Integração Sul (CODESUL); coordenar as ações estaduais de ajuda humanitária nacional e internacional; coordenar e implementar, em articulação com os Municípios, ações conjuntas com os órgãos do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil (SIEPDEC); promover o intercâmbio técnico com organizações nacionais e internacionais de proteção e defesa civil; promover a capacitação de pessoas para as ações de proteção e defesa civil, em articulação com órgãos do SIEPDEC; fomentar o fortalecimento da estrutura de proteção e defesa civil municipal e regional; e recomendar ao órgão competente a interdição de áreas de risco (Santa Catarina, 2023).

3.8.2.3. Secretaria Executiva do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE)

É de responsabilidade da SEMAE planejar, formular e normatizar políticas estaduais

concernentes ao desenvolvimento econômico sustentável, aos recursos hídricos, ao meio ambiente, às mudanças climáticas, ao pagamento por serviços ambientais e ao saneamento local; elaborar estudos sobre o potencial dos recursos naturais com vistas ao seu aproveitamento racional; coordenar programas, projetos e ações relativos à educação ambiental e às mudanças climáticas; fomentar ações de curto, médio e longo prazo para aumentar a cobertura dos serviços nas áreas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana; propor diretrizes básicas de mineração e ocupação territorial; realizar estudos geológicos, inclusive prospecção, mapeamento e cadastramento dos recursos minerais, com o objetivo de formar um banco de dados; coordenar e normatizar, no âmbito de sua competência, a outorga do direito de uso da água e fiscalizar as concessões emitidas; articular a implementação da rede de medição hidrológica dos principais rios e mananciais do Estado; acompanhar o cadastro técnico estadual de atividades potencialmente poluidoras ou usuárias de recursos ambientais; orientar e supervisionar a implementação e execução de programas, projetos e ações relativos às políticas estaduais concernentes aos recursos hídricos, ao pagamento por serviços ambientais, ao meio ambiente, às mudanças climáticas e ao saneamento local

Também cabe à SEMAE planejar, formular e normatizar políticas, programas, projetos e ações estaduais voltados à promoção do desenvolvimento econômico sustentável, aos recursos hídricos, ao meio ambiente, às mudanças climáticas, ao pagamento por serviços ambientais, ao saneamento local, à melhora do bem-estar humano, à equidade social e à redução dos riscos ambientais e das escassezes ecológicas; formular, normatizar e coordenar políticas, programas, projetos e ações voltados à proteção, à defesa, ao bem-estar e ao controle populacional dos animais; apoiar e fortalecer ações, projetos e organizações da sociedade civil cujo escopo seja a proteção e garantia dos direitos dos animais; promover e difundir o tratamento ético e respeitoso aos animais e a conscientização acerca dos direitos deles; elaborar estudos sobre o potencial dos recursos naturais do Estado com vistas ao seu aproveitamento racional; coordenar programas, projetos e ações relativos à educação ambiental e às mudanças climáticas; fomentar ações de curto, médio e longo prazo para aumentar a cobertura dos serviços nas áreas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana; propor diretrizes básicas de mineração e ocupação territorial; realizar estudos geológicos, inclusive prospecção, mapeamento e cadastramento dos recursos minerais, com o objetivo de formar um banco de dados; coordenar e normatizar, no âmbito de sua competência, a outorga do direito de uso da água e fiscalizar as concessões emitidas; articular a implantação da rede de medição hidrológica

dos principais rios e mananciais do Estado; acompanhar o cadastro técnico estadual de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos ambientais; orientar e supervisionar a implementação e execução de programas, projetos e ações relativos às políticas estaduais concernentes aos recursos hídricos, ao pagamento por serviços ambientais, ao meio ambiente, às mudanças climáticas e ao saneamento local; acompanhar e articular com os demais órgãos e as demais entidades envolvidos na atividade de fiscalização ambiental: a aplicação de medidas de compensação; e o uso legal de áreas de preservação permanente; acompanhar e normatizar, no âmbito de sua competência, a fiscalização ambiental no Estado; formular e coordenar programas, projetos e ações voltados à promoção do desenvolvimento sustentável e à conservação ambiental; planejar e criar instrumentos de fomento para implementação e execução de atividades mitigadoras dos gases de efeito estufa, de acordo com as políticas do Estado; apoiar os processos de identificação e aprovação de metodologias e indicadores de desempenho ambiental voltados ao aquecimento global e às mudanças climáticas referentes a projetos implementados no Estado; apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias voltadas à preservação dos recursos naturais, ao combate às mudanças climáticas e à adaptação e mitigação dos impactos gerados por elas; realizar o inventário estadual de emissões, biodiversidade e estoques de gases de efeito estufa, de forma sistematizada e periódica; propor estratégias e metas para redução de gases de efeito estufa emitidos pelos órgãos e pelas entidades da Administração Pública Estadual; gerenciar e negociar a redução de emissão de gases de efeito estufa convertida em créditos de carbono em acordos e parcerias nacionais e internacionais; definir estratégias integradas de mitigação e adaptação aos efeitos causados pelas mudanças climáticas; gerir os fundos estaduais para os quais serão destinados recursos voltados à sua área de atuação; realizar periodicamente e sistematicamente o inventário florístico florestal; e realizar e acompanhar as inspeções das barragens no Estado, visando à proteção, ao direito dos atingidos e à preservação das espécies da fauna e flora catarinense (Santa Catarina, 2023).

3.8.2.4. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA)

O IMA é uma das entidades da administração pública estadual indireta, do tipo autarquia. Compete ao IMA: implantar e coordenar o sistema de controle ambiental, inclusive o decorrente do licenciamento ambiental de empreendimentos de impacto ambiental, das outorgas ambientais transacionadas e dos usos legais de áreas de preservação permanente; elaborar manuais e instruções normativas relativos às atividades

de licenciamento e autorização ambiental, com vistas à padronização dos procedimentos administrativos e técnicos; licenciar, autorizar e auditar as atividades públicas ou privadas potencialmente causadoras de degradação ambiental; fiscalizar e acompanhar o cumprimento das condicionantes determinadas no procedimento de licenciamento ambiental; elaborar, executar e controlar ações, projetos, programas e pesquisas relacionados à proteção de ecossistemas e ao uso sustentável dos recursos naturais de abrangência inter-regional ou estadual; desenvolver programas preventivos relativos a transporte de produtos perigosos em parceria com outras instituições governamentais; propor convênios com órgãos das Administrações Públicas Federal e Municipais com vistas à maior eficiência de licenciamento e autorização ambientais; supervisionar e orientar as atividades florestais previstas em convênios públicos; elaborar e executar ou coexecutar projetos de acordos internacionais relacionados à proteção de ecossistemas e de abrangência inter-regional ou estadual; implantar o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC), em conformidade com a legislação específica em vigor; executar a fiscalização ambiental no Estado de forma articulada com os órgãos e as entidades envolvidos nessa atividade (Santa Catarina, 2017).

3.8.2.5. Polícia Militar Ambiental

A Polícia Militar Ambiental pertence à Secretaria de Estado da Segurança Pública. A Polícia Militar Ambiental (PMA), com status de Batalhão, foi instituída em 2005 pela Lei Estadual nº 3.379. A Polícia Militar Ambiental – PMA, além de executar as competências estabelecidas na Constituição do Estado, tem as seguintes atribuições: exercer o policiamento do meio ambiente e atividades na área de inteligência ambiental, utilizando-se de armamento apenas em situações de comprovada necessidade; estabelecer ações de policiamento ambiental nas unidades de conservação estaduais, de guarda de florestas e outros ecossistemas; emitir Notificação de Fiscalização e encaminhá-lo ao órgão licenciador, para a instrução do correspondente processo administrativo; apoiar os órgãos envolvidos com a defesa e preservação do meio ambiente, garantindo-lhes o exercício do poder de polícia de que são detentores; articular-se com a FATMA no planejamento de ações de fiscalização e no atendimento de denúncias; articular-se com o órgão ambiental competente no planejamento de ações de fiscalização e no atendimento de denúncias; realizar educação ambiental não formal; estimular condutas ambientalmente adequadas para a população; estabelecer diretrizes de ação e atuação das unidades de policiamento ambiental; estabelecer, em conjunto com os órgãos de meio ambiente do Estado, os locais

de atuação das unidades de policiamento ambiental; propor a criação ou a ampliação de unidades de policiamento ambiental; estabelecer a subordinação das unidades de policiamento ambiental; desenvolver a modernização administrativa e operacional das unidades de policiamento ambiental; viabilizar cursos de aperfeiçoamento técnico, na área de policiamento ambiental, dentro e fora da corporação; e atuar de forma efetiva no combate à criminalidade no campo, proporcionando maior segurança aos proprietários rurais (Santa Catarina, 2009; 2022).

3.8.2.6. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos é vinculado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. O CERH é o órgão encarregado de estabelecer as diretrizes da política de recursos hídricos com vistas ao planejamento das atividades de aproveitamento e controle destes no território do Estado de Santa Catarina.

É de competência do CERH, de acordo com a Lei nº 6739/85 e do Decreto nº 1003/91: analisar as propostas de estudos, e projetos sobre o uso, preservação e recuperação de recursos hídricos; propor as diretrizes para o plano estadual de utilização de recursos hídricos; propor as diretrizes para o programa estadual de defesa contra as cheias; propor normas para o uso, preservação e recuperação dos recursos hídricos; sugerir mecanismos de coordenação e integração junto ao Órgão Central do Sistema de Planejamento, para planejar e executar as atividades relacionadas com a utilização dos recursos hídricos; compatibilizar a política estadual com a política federal de utilização dos recursos hídricos; compatibilizar as ações intermunicipais com a ação estadual na área de utilização de recursos hídricos; propor diretrizes relativas à sistemática de elaboração, acompanhamento, avaliação e execução de programas, projetos e atividades na área de utilização de recursos hídricos; estabelecer normas para a institucionalização de Comitês de Bacias Hidrográficas; orientar a constituição de Comitês de Bacias Hidrográficas. Também é competência do CERH promover, prioritariamente, a integração dos programas e atividades governamentais de: abastecimento urbano e industrial; controle de cheias; irrigação e drenagem; pesca; transporte fluvial; aproveitamento hidroelétrico; uso da terra; meio ambiente; hidrologia; meteorologia; hidrossedimentologia e lazer. Adicionalmente, é da alçada do CERH resolver os casos omissos não previstos e desenvolver outras atividades normativas relacionadas à gestão e o controle de recursos hídricos estadual (Santa Catarina, 1985; 1991).

3.8.2.7. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (Comitê Cubatão Madre)

O Comitê Cubatão é órgão colegiado, de nível regional, vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na sua área de atuação.

O Comitê Cubatão tem suas atribuições regidas pelos seguintes dispositivos legais: Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, Lei Estadual nº 9.022, de 6 de maio de 1993, Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994 e pelas normas estabelecidas pelo CERH e pelo CNRH. O Comitê Cubatão teve sua área de abrangência ampliada para incluir a Bacia Hidrográfica do Rio da Madre, passando a ser nomeado como Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão, do Rio da Madre e bacias contíguas (Comitê Cubatão e Madre), por meio do Decreto Estadual nº 318 de 22 de outubro de 2019.

O Comitê Cubatão e Madre é composto por representantes dos usuários da água, da população da bacia e dos diversos órgãos da administração federal e estadual atuantes nas bacias hidrográficas e que estejam relacionados direta ou indiretamente aos recursos hídricos.

3.8.2.8. Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC)

A FAPESC é um órgão do governo estadual, vinculado à Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação – SCTI (Santa Catarina, 2023), que repassa recursos públicos para a execução de atividades de pesquisa, inovação, capacitação de recursos humanos e difusão de conhecimentos.

A FAPESC tem por objetivo fomentar, desenvolver e executar a política de incentivo à pesquisa científica e tecnológica, obedecendo as normas constitucionais e a legislação específica. Compete à FAPESC, além de outras atribuições previstas em lei: executar planos, programas e orçamentos de apoio e fomento à ciência, tecnologia e inovação, respeitando a política de ciência, tecnologia e inovação, os recursos destinados à pesquisa científica e tecnológica nos termos do art. 193 da Constituição do Estado, a fim de promover o equilíbrio regional, o avanço de todas as áreas do conhecimento, o fortalecimento da cultura de inovação, o desenvolvimento sustentável e a melhoria de qualidade de vida da população catarinense, com autonomia técnico-científica, administrativa, patrimonial e financeira, de forma conjunta com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI); elaborar, executar e avaliar

planos, programas e orçamentos de apoio e fomento à ciência, tecnologia e inovação, seguindo orientação da SCTI, viabilizando anualmente, no mínimo, a realização de 1 (uma) Conferência Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação envolvendo os integrantes do Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação de Santa Catarina; apoiar e promover a realização de estudos, a execução e divulgação de programas e projetos de pesquisa científica básica e aplicada, individuais ou institucionais, e o desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, de acordo com as diretrizes da SCTI; apoiar a formação e a capacitação de pessoas para a pesquisa científica e tecnológica e de inovação, de forma regionalizada e desconcentrada, mediante a concessão de bolsas em modalidades e valores a serem definidos pelo seu Conselho Superior, com vistas a manter a equivalência com aquelas concedidas em programas nacionais similares; promover o intercâmbio e a cooperação técnico-científica regional, nacional e internacional; fomentar a internacionalização de empresas catarinenses inovadoras; fomentar o desenvolvimento tecnológico inovativo das empresas catarinenses e organizações públicas ou privadas, preferencialmente em parceria com instituições de ensino e pesquisa situadas no Estado de Santa Catarina, pela transferência de conhecimento e interação de competências, podendo, para tanto, subvencionar a permanência de pesquisadores de alto nível no âmbito de programas específicos; sugerir à SCTI quaisquer providências necessárias à realização de seus objetivos; incentivar a criação e o desenvolvimento de polos e incubadoras de base tecnológica, bem como de arranjos produtivos locais; prestar, eventualmente, serviços técnicos especializados pertinentes à sua área de atuação; gerenciar a rede catarinense de ciência e tecnologia; apoiar, promover e participar de reuniões e eventos de natureza científica, tecnológica e de inovação; promover a realização de acordos, protocolos, convênios, programas e projetos de intercâmbio entre entidades públicas e privadas, nacionais e internacionais; e apoiar a implantação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) pelas Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de Santa Catarina (ICTESC), pelas universidades e outras instituições de educação superior que atuem em ciência, tecnologia e inovação, bem como pelos parques tecnológicos, incubadoras e empresas catarinenses (SANTA CATARINA, 2019; 2023).

3.8.2.9. Instituições que atuam em nível microrregional

Além das instituições estaduais supracitadas, também há as que atuam em nível regional e que merecem destaque por sua relevância na área de gestão de recursos hídricos. Dentre elas há a Universidade Federal do Estado de Santa Catarina (UFSC), por meio do

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/CTC e dos laboratórios LabHidro - Laboratório de Hidrologia e o LAHIMAR - Laboratório de Hidráulica Marítima, que se dedicam a estudos e pesquisas científicas na região da UPG 8.2 – Cubatão.

Outras organizações relevantes para a gestão de recursos hídricos em nível regional são as Associações de Municípios. No caso dos municípios da UPG 8.2 – Cubatão: Águas Mornas, Florianópolis, Garopaba, Palhoça, Paulo Lopes, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara; todos fazem parte da Associação dos Municípios da Região da Grande Florianópolis (GRANFPOLIS). Esta associação tem funções de planejamento regional e de assessoria no desenvolvimento e na implementação de políticas municipais, incluindo as de planejamento urbano, saneamento básico e meio ambiente.

3.8.2.10. Instituições Federais

As instituições federais relacionadas aos recursos hídricos na UPG 8.2 – Cubatão são o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), pertencente ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. A ANA é responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; por regular o uso de recursos hídricos; pela prestação dos serviços públicos de irrigação e adução; pela segurança de barragens; e pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (ANA, 2022).

Além das instituições supracitadas, destaca-se a Caixa Econômica Federal, que é gestora de programas de desenvolvimento urbano do governo federal; o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que é o órgão superior do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e acompanha a implementação da PNRH no país; a Fundação Nacional do Índio (FUNAI); o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

3.9. POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS

Os municípios integrantes da UPG 8.2 – Cubatão possuem Plano Diretor. O Quadro 8 apresenta a situação e o ano de elaboração do Plano Diretor vigente.

Quadro 8 - Lei de criação dos planos diretores municipais

Município	Lei de criação
Águas Mornas	Lei complementar nº 73/2023
Florianópolis	Lei complementar nº 482/2014
Garopaba	Lei complementar nº 1463/2010
Palhoça	Lei nº 15/1993
Paulo Lopes	Lei complementar nº 29/2010
Santo Amaro da Imperatriz	Lei nº 890/1991
São José	Lei nº 1604/1985
São Pedro de Alcântara	Lei complementar nº 80/2011

Fonte: Instituto Água Conecta (2023), Santa Catarina (2018a).

Os municípios da UPG 8.2 – Cubatão possuem órgãos ambientais por meio de autarquias ou secretarias, que tratam do assunto em conjunto com outras políticas municipais conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 9 – Caracterização do órgão gestor de meio ambiente dos municípios UPG 8.2 – Cubatão

Município	Caracterização do órgão gestor de meio ambiente do município	Nome do órgão
Águas Mornas	Sector subordinado a outra secretaria	Sector de meio ambiente
Florianópolis	Autarquia	Fundação Municipal de Meio Ambiente – Floram
Garopaba	Secretaria municipal em conjunto com outras políticas	Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente
Palhoça	Autarquia	Fundação Cambirela de Meio Ambiente – FCAM
Paulo Lopes	Secretaria municipal em conjunto com outras políticas	Secretaria de Agricultura, Indústria, Comércio e Meio Ambiente
Santo Amaro da Imperatriz	Secretaria municipal em conjunto com outras políticas	Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente
São José	Autarquia	Fundação Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FMADS
São Pedro de Alcântara	Secretaria municipal em conjunto com outras políticas	Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente

Fonte: Instituto Água Conecta (2023), Santa Catarina (2018a).

Na UPG 8.2 – Cubatão, apenas os municípios de Florianópolis e Garopaba iniciaram o processo de elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), assim como os processos de construção da Agenda 21 Local (IBGE, 2016; SANTA CATARINA, 2018b).

Em relação às Agências Reguladoras dos serviços de saneamento básico, os municípios estão distribuídos em duas principais: Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina (ARESC) e Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento

(ARIS) (Quadro 10).

Quadro 10 - Agências reguladoras dos serviços de saneamento básico na UPG 8.2 – Cubatão e Madre

Município	Agência Reguladora
Águas Mornas	ARESC
Florianópolis	ARESC
Garopaba	ARESC
Palhoça	ARIS
Paulo Lopes	ARESC
Santo Amaro da Imperatriz	ARESC
São José	ARESC
São Pedro de Alcântara	ARESC

Fonte: Santa Catarina (2018a).

A ARESC foi criada após a fusão da Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina (AGESC) com a Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina (AGESAN), por meio da Lei nº 16.673/2015. Trata-se de uma autarquia especial instituída como Agência de Estado para fiscalizar e orientar a prestação dos serviços públicos concedidos (saneamento básico, recursos hídricos, recursos minerais, exploração e/ou distribuição de gás natural canalizado, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, transporte intermunicipal e outros serviços delegados pela União, pelos Estados e pelos Municípios), bem como estabelecer o regime tarifário, editar normas técnicas, econômicas e sociais para a sua regulação.

A ARIS foi criada no dia 1º de dezembro de 2009 por meio de projeto da Federação de Consórcios, Associações de Municípios e Municípios de Santa Catarina (FECAM), inicialmente com a participação dos municípios de Águas de Chapecó, Alto Bela Vista, Coronel Freitas, Formosa do Sul, Iraceminha, Jardinópolis, Mondaí, Monte Carlo, Pinhalzinho e Turvo. Atualmente abrange 176 municípios do Estado de Santa Catarina.

3.9.1. Planos municipais de saneamento básico

A Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007) previu a exigência do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), instrumento que auxilia os municípios a identificar, diagnosticar demandas de expansão e melhorar os serviços, bem como a estabelecer e a equacionar objetivos, metas e investimentos necessários, com vistas a universalizar o acesso da população aos serviços de saneamento básico (Santa Catarina, 2018b). O PMSB deve ser elaborado pelas prefeituras, devendo abranger quatro áreas: serviços de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem das

águas pluviais urbanas.

A partir da Lei Federal nº 11.445/2007, a existência do PMSB significa, para o município, a possibilidade de garantir verbas federais para aplicação em ações como tratamento de efluentes domésticos, resíduos sólidos e tratamento de água (CBHSF, 2018).

Conforme pesquisa nos endereços eletrônicos das prefeituras municipais, concessionárias e agências reguladoras, apenas dois municípios da UPG 8.2 - Cubatão não possuem PMSB: Paulo Lopes e Santo Amaro da Imperatriz. O Quadro 11 apresenta os dados da situação dos PMSB em relação aos municípios da UPG 8.2 – Cubatão.

Quadro 11 - Dados gerais dos PMSB dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Data	Contratante	Executor
Águas Mornas	Dez/2011	SDES	Serviços Técnicos de Engenharia SA
Florianópolis	Junho/2021	Prefeitura de Florianópolis	Prefeitura de Florianópolis
Garopaba	Maio/2012	Prefeitura de Garopaba	SC Engenharia Ltda
Palhoça	Maio/2016	Prefeitura de Palhoça	Cerbe Ambiental Ltda
Paulo Lopes	-	-	-
Santo Amaro da Imperatriz	-	-	-
São José	Março/2013	Prefeitura de São José	Sanetal
São Pedro de Alcântara	Dezembro/2011	SDES	Serviços Técnicos de Engenharia SA

Fonte: Instituto Água Conecta (2023), Santa Catarina (2018a).

3.9.2. Planos de gerenciamento costeiro (Projeto Orla)

Na UPG 8.2 – Cubatão, cinco municípios fazem parte da zona costeira e por obrigação legal devem desenvolver os projetos de gerenciamento costeiro integrado aos planos diretores e aos planos de gerenciamento de recursos hídricos (Santa Catarina, 2018b). Apenas o município de Florianópolis assinou o termo de adesão ao Projeto Orla e iniciou os estudos. Entretanto, os municípios de Garopaba, Palhoça e São José manifestaram interesse em assinar o termo de adesão. O Quadro 12 apresenta a situação dos projetos de gerenciamento nos municípios da UPG.

Quadro 12 - Resumo da situação do Projeto Orla nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Município faz parte da zona costeira	Assinou o termo de adesão (dez/2014)	Iniciou o PGI	Finalizou o PGI
Águas Mornas	Não	-	-	-
Florianópolis	Sim	Sim	Sim	Sim (parcial)
Garopaba	Sim	Não	-	-
Palhoça	Sim	Não	-	-
Paulo Lopes	Sim	Não	-	-
Santo Amaro da Imperatriz	Não	-	-	-
São José	Sim	Não	-	-
São Pedro de Alcântara	Não	-	-	-

Legenda: PGI – Plano de Gestão Integrada da Orla.

Fonte: SEMAE e Instituto Água Conecta (2023), Santa Catarina (2018a).

3.10. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA

Neste item são apresentados aspectos referentes a demografia e dinâmica populacional, atividades econômicas e caracterização da infraestrutura existente nos municípios inseridos na UPG 8.2 - Cubatão.

3.10.1. Abrangência municipal e estrutura administrativa

Ao todo, sete municípios possuem sede administrativa na área de abrangência da UPG 8.2 Cubatão: Águas Mornas, Garopaba, Palhoça, Paulo Lopes, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara (Tabela 20).

Tabela 20 - Área total dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Área (km²)	Área na UPG (%)	Sede na UPG
Águas Mornas	327,43	100	Sim
Florianópolis	675,88	1,94	Não
Garopaba	115,46	70,71	Sim
Palhoça	395,33	100	Sim
Paulo Lopes	449,86	55,54	Sim
Santo Amaro da Imperatriz	344,17	100	Sim
São José	150,53	64,74	Sim
São Pedro de Alcântara	140,06	100	Sim

Fonte: Santa Catarina (2018a).

A totalidade de área dos municípios é de 1.922,09 km², sendo que quatro dos sete municípios (Águas Mornas, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara) têm toda sua área dentro da UPG 8.2 - Cubatão.

3.10.2. Demografia e dinâmica populacional

Ressalta-se inicialmente que apesar do município de Florianópolis não estar totalmente inserido na UPG 8.2 – Cubatão, a população do município de Florianópolis foi totalmente considerada no consumo de água, já que o Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região de Florianópolis (SIF), que é responsável pelo atendimento da área continental de Florianópolis e de parte da Ilha de Santa Catarina, capta água proveniente dos rios Vargem do Braço e Cubatão.

Entre os dois últimos censos (2010 e 2022), houve um aumento expressivo na população total da UPG 8.2 – Cubatão, em uma taxa de 5,47%. Essa estatística é impulsionada principalmente pelo crescimento dos municípios de São José (7,83%), Florianópolis (6,18%), Garopaba (4,18%) e Palhoça (4,02%). Alguns dos municípios menores, tiveram taxas de crescimento menores, como Águas Mornas (1,63%) e São Pedro de Alcântara (1,71%), no entanto, Paulo Lopes (2,53%) e Santo Amaro da Imperatriz (2,66%) já tiveram crescimento considerável. Na Tabela 21 é apresentada a dinâmica populacional dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão, incluindo a população total do município de Florianópolis abastecida pelo SIF, segundo o IBGE (2010, 2022).

Tabela 21 - Dinâmica populacional dos municípios da UPG 8.2 – Cubatão

Município	2010	2022	Taxa de crescimento (%)	Aumento populacional
Águas Mornas	5.548	6.743	1,63	1.195
Florianópolis	255.820	537.211 ¹	6,18	281.391
Garopaba	18.138	20.971 ²	4,18	11.821
Palhoça	137.334	222.598	4,02	85.264
Paulo Lopes	6.692	9.063 ²	2,53	2.371
Santo Amaro da Imperatriz	19.823	27.272	2,66	7.449
São José	105.604	241.743 ³	7,83	164.695
São Pedro de Alcântara	4.704	5.776	1,71	1.072
População total da bacia	553.663	1.067.298	5,47	513.635
% do Estado	8,68%	6,75%	-	-

Fonte: Instituto Água Conecta (2023)

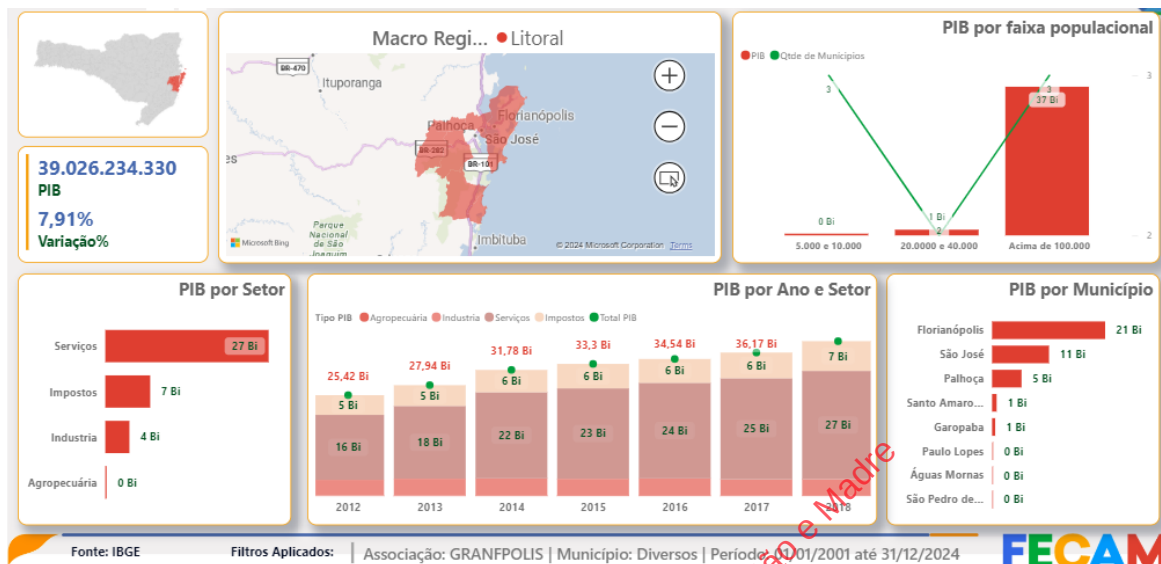
3.10.3. Atividades econômicas

O setor da indústria responde por 18% do valor total do PIB da UPG 8.2 – Cubatão (Santa Catarina, 2018b). Os maiores valores totais do PIB correspondem aos municípios de São José e Palhoça. Estes municípios detêm, somados, aproximadamente 91% da produção total da região.

Na Figura 54 é apresentada a atualização do PIB tanto em sua totalidade, quanto por

setores. Avaliando o demonstrativo no PIB, é possível notar que Florianópolis, São José e Palhoça são os responsáveis pelos maiores valores do PIB na região da UPG 8.2 – Cubatão.

Figura 54 - Produto Interno Bruto nos municípios da UPG 8.2 – Cubatão (2023)



Fonte: FECAM (2024)

3.10.4. Caracterização da infraestrutura

Foram contemplados sistema de abastecimento público de água, coleta e tratamento do esgotamento sanitário, drenagem urbana e coleta e tratamento resíduos sólidos.

3.10.4.1. Abastecimento de água

Os municípios da UPG 8.2 - Cubatão contam com serviço de abastecimento público de água e esgoto, conforme o Quadro 13.

Quadro 13 - Prestadores de serviço de água e esgoto nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Prestador de Serviço	Abragência	Natureza jurídica	Serviço
Águas Mornas	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água
Florianópolis	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água e esgoto
Garopaba	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água
Palhoça	Prefeitura Municipal de Palhoça	Local	Administração pública direta	Água e esgoto
Paulo Lopes	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água
Santo Amaro da Imperatriz	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água e esgoto
São José	CASAN	Regional	Sociedade de economia mista com administração pública	Água e esgoto
São Pedro de Alcantara	Prefeitura de São Pedro de Alcantara	Local	Administração Pública Direta	Água

Fonte: SNIS (2021), Santa Catarina (2018a).

Conforme demonstrado na Tabela 22, a população urbana dos municípios é 100% atendida pelo sistema de abastecimento de água, a exceção ocorre em Palhoça com 93%. Em relação à população total (urbana e rural), os municípios de Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara declararam que o sistema abrange o abastecimento de 100% da população. Águas Mornas destaca-se negativamente por atender apenas 46% da população total com abastecimento público de água.

Tabela 22 - População atendida pelo sistema de água e extensão total da rede existente

Município	% população total atendida com abastecimento de água	% população urbana atendida com abastecimento de água	Extensão da rede de água (km)
Águas Mornas	46	100	35,18
Florianópolis	100	100	1.467,63
Garopaba	97	100	126,29
Palhoça	92	93	750,00
Paulo Lopes	76	100	46,28
Santo Amaro da Imperatriz	100	100	161,09
São José	100	100	620,83
São Pedro de Alcantara	100	100	13,00

Fonte: SNIS (2021), Santa Catarina (2018a).

Referente a projetos de implantação ou ampliação na rede de distribuição de água, somente dois sistemas informaram ter projetos específicos (Santa Catarina, 2018b). O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Colônia Santana, no município de São José, que prevê interligação com o SIA Grande Florianópolis, e o Sistema Integrado de

Abastecimento (SIA) da Grande Florianópolis que tem o projeto de construção de uma adutora interligando o sistema até o bairro Itacorubi em Florianópolis (Santa Catarina, 2018b).

A Tabela 23 expõe o diagnóstico da infraestrutura hídrica de abastecimento público realizado pela ANA, proveniente do PRHCM (Santa Catarina, 2018b). Segundo a ANA (2017), somente dois dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão, Águas Mornas e Garopaba, tiveram abastecimento considerado satisfatório. Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São José apresentaram baixa garantia hídrica, enquanto São Pedro de Alcântara foi diagnosticada necessidade de ampliação do sistema (Santa Catarina, 2018b).

Tabela 23 - Diagnóstico da infraestrutura hídrica de abastecimento público realizada pela ANA para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Diagnóstico
Águas Mornas	Abastecimento satisfatório
Florianópolis	Baixa garantia hídrica
Garopaba	Abastecimento satisfatório
Palhoça	Baixa garantia hídrica
Paulo Lopes	Sem informação
Santo Amaro da Imperatriz	Baixa garantia hídrica
São José	Baixa garantia hídrica
São Pedro de Alcântara	Ampliação do sistema produtor

Fonte: Santa Catarina (2018a)

3.10.4.2. Esgotamento sanitário

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2021) apenas os municípios de Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São José possuem rede e tratamento coletivo de esgoto. A Tabela 24 permite a visualização da porcentagem de habitantes atendidos por sistema de esgotamento sanitário. A cidade de Florianópolis, pertencente a UPG 8.2 Cubatão, apresenta a maior cobertura, com 65% de atendimento da população total.

Tabela 24 - População abastecida pelo sistema de esgoto e extensão total da rede existente

Município	% população total atendida com esgotamento sanitário	% população urbana atendida com esgotamento sanitário	Extensão da rede de esgoto (km)
Águas Mornas	0	0	0
Florianópolis	65	68	476,12
Garopaba	0	0	0
Palhoça	16	16	101,57
Paulo Lopes	0	0	0
Santo Amaro da Imperatriz	30	40	49,66
São José	48	49	98,73
São Pedro de Alcantara	0	0	0

Fonte: SNIS (2021), Santa Catarina (2018a).

O Atlas de Esgotos da ANA salienta que nem todo esgoto coletado é conduzido a uma estação de tratamento. Segundo o levantamento realizado pela ANA (2017), por exemplo, o município de São Pedro de Alcântara, possuía 41,6% dos efluentes coletados, mas que não passavam por nenhum processo de tratamento. Mais dados sobre o esgotamento sanitário, por município, podem ser observados na Tabela 25.

Tabela 25 - Sistema de tratamento de esgoto sanitário dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Município	Parcela de esgoto que não é coletada e nem tratada	Parcela de esgoto que é tratada pela solução individual	Parcela de esgoto que é coletada sem passar pelo tratamento da ETE	Parcela de esgoto que é coletada e tratada na ETE	Tipologia de solução de tratamento
Águas Mornas	13,2	79,9	7,0	0,0	Tratamento secundário convencional
Florianópolis	8,3	35,7	0,0	56,0	Outras soluções
Garopaba	55,6	43,6	0,8	0,0	Tratamento secundário convencional
Palhoça	26,1	63,9	1,0	9,0	Tratamento secundário convencional
Paulo Lopes	76,2	20,4	3,3	0,0	Tratamento secundário convencional
Santo Amaro da Imperatriz	17,0	46,7	0,0	36,3	Tratamento secundário convencional
São José	5,1	47,5	0,0	47,4	Tratamento secundário convencional
São Pedro de Alcantara	7,8	50,6	41,6	0,0	Tratamento secundário convencional

Fonte: Santa Catarina (2018a).

O lançamento de esgotos nos corpos hídricos, sem o adequado tratamento, resulta no comprometimento da qualidade das águas, podendo impactar na saúde da população e inviabilizar o atendimento de usos a jusante, especialmente o abastecimento humano e a recreação de contato primário (Von Sperling, 2005).

3.10.4.3. Resíduos sólidos

Em relação à coleta e disposição de resíduos sólidos, a pesquisa se baseou no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do SNIS (2021), Quadro 14.

Quadro 14 - Caracterização do órgão gestor dos resíduos sólidos urbanos

Município	Nome do órgão responsável pela gestão dos resíduos sólidos	Natureza jurídica
Águas Mornas	Prefeitura Municipal de Águas Mornas	Administração pública direta
Florianópolis	Comcap	Administração pública direta
Garopaba	Secretaria de infraestrutura	Administração pública direta
Palhoça	Samae de Palhoça	Administração pública direta
Paulo Lopes	Prefeitura Municipal de Paulo Lopes	Administração pública direta
Santo Amaro da Imperatriz	Prefeitura Municipal de Santo Amaro da Imperatriz	Administração pública direta
São José	Prefeitura Municipal de São José	Administração pública direta
São Pedro de Alcântara	Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente	Administração pública direta

Fonte: SNIS (2021), Santa Catarina (2018a).

3.10.4.4. Drenagem urbana

Em relação à drenagem urbana, a pesquisa se baseou no Diagnóstico Temático do Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do SNIS (2021), Quadro 15.

Quadro 15 - Características do sistema de drenagem urbana

Município	Possui Plano Diretor de Drenagem Pluvial?	Tipo de sistema de drenagem urbana
Águas Mornas	Não	Unitário (quando 100% do sistema de drenagem recebe águas pluviais e esgotos)
Florianópolis	Não	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)
Garopaba	Não	Combinado (quando parte do sistema de drenagem é exclusivo e parte é unitário)
Palhoça	Não	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)
Paulo Lopes	Não	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)
Santo Amaro da Imperatriz	Sim	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)
São José	Não	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)
São Pedro de Alcantara	Não	Não existe

Fonte: SNIS (2021)

3.11. CAPACIDADE DE INVESTIMENTO EM RECURSOS HÍDRICOS

Em relação à estimativa de custos em recursos hídricos, o PRHCM apresentou a Tabela 26 com os principais investimentos das ações de curto prazo para melhoria dos recursos hídricos PRHCM (Santa Catarina, 2019).

Tabela 26 - Plano de investimentos das ações de curto prazo

Ações	Investimento mínimo necessário até 2023	Participação dos investimentos	Fonte de financiamento para gestão dos RH	Demais fontes de financiamento
3.1.1 - Estimular e ampliar os programas e projetos de educação ambiental, capacitação e mobilização social na bacia	R\$ 5.560.000,00	0,40%	Fehidro	FNMA
4.1.2 - Incentivar a adesão aos programas de recuperação de áreas degradadas, proteção de mananciais e matas ciliares	R\$ 7.000.000,00	0,51%	Fehidro	
4.1.4 - Realizar estudos e promover a criação de programas de incentivos fiscais para a adoção de boas práticas relacionadas aos recursos hídricos nas áreas urbanas e rurais	R\$ 150.000,00	0,01%	Fehidro	
5.1.4 - Incentivar o fortalecimento do Comitê Cubatão e promover a gestão integrada dos atores da bacia	R\$ 130.000,00	0,01%	Fehidro	
5.2.1 - Ampliar a rede de monitoramento de quantidade e de qualidade da água, manter a base de dados atualizada e consistida e fomentar a implantação, sistematização e manutenção de redes de informações hidrológicas e a ampliação de estudos sobre a bacia	R\$ 8.670.000,00	0,63%	Fehidro	
5.2.2 - Promover e incentivar o cadastramento de usuários de recursos hídricos no Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH) de Santa Catarina	R\$ 245.000,00	0,02%	Fehidro	
5.3.1 - Elaborar e implementar o programa de efetivação do enquadramento dos corpos hídricos em classes	R\$ 2.000.000,00	0,14%	Fehidro	
5.3.3 - Estimular a requisição das outorgas de captação de recursos hídricos e promover estudos para implementação da outorga para lançamentos de efluentes	R\$ 80.000,00	0,01%	Fehidro, SDS	

Fonte: Santa Catarina (2018d).

Outros investimentos para a UPG 8.2 – Cubatão poderiam ser previstos pela própria SEMAE, por meio da revisão do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão e Madre e bacias contíguas. Sabe-se que anualmente vem sendo aplicados recursos anuais destinados às manutenções e aprimoramentos das redes de monitoramento hidrometeorológico e de qualidade de água. Além destes, recomenda-se o planejamento de recursos do FEHIDRO a ser aplicado em ações do PRHCM da UPG 8.2 – Cubatão.

Outro investimento a ser considerado é o financiamento para as entidades executivas do Comitê Cubatão e Madre, que atualmente vem sendo repassado por meio da FAPESC, no entanto, o ideal seria por meio das Agências de Bacia, conforme prevê a ANA.

4. PROGNÓSTICO

Na etapa do prognóstico foram avaliados os impactos sobre os aspectos qualitativos dos recursos hídricos superficiais, considerando a realidade regional com horizontes de curto, médio e longo prazos, e projeções consubstanciadas em estudos de simulação.

4.1. HORIZONTES DE PLANEJAMENTO

A definição dos horizontes de simulação considerou os horizontes previamente adotados no PRHCM (2018c), que foram: 2023 - curto prazo, 2027 - médio prazo e 2031 - longo prazo. Além destas datas, foi considerada a meta do Brasil, do Marco Temporal do Saneamento Básico, na qual objetiva-se atender 90% da população urbana com coleta e tratamento de esgoto até 2033 (Lei Federal nº 14.026/2020).

Desta forma, foram adotados os anos de: 2028 para o curto prazo, 2033 para o médio prazo, visando compatibilizar com a universalização do serviço de esgotamento sanitário nos perímetros urbanos, e 2038 para o longo prazo. O espaço temporal é de cinco anos entre as metas intermediárias e a final.



Para cada cenário, curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo, foram simulados dados de projeção em relação ao crescimento da população; da criação animal; das atividades dos setores econômicos, e demanda de água e geração de efluentes na UPG 8.2 – Cubatão.

4.2. POTENCIALIDADE, DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE ÁGUA

Abaixo foram demonstradas as projeções utilizadas para a população e criação animal, assim como dados de preenchimento utilizados no sistema para a UPG 8.2 - Cubatão.

4.2.1. Projeção da população da UPG 8.2 – Cubatão

Para a projeção população da UPG 8.2 - Cubatão foram utilizados dados dos Censos Demográficos dos municípios (IBGE, 2023) e as taxas de crescimento para estimar as populações futuras. Projetou-se a população para os horizontes de planejamento, sendo eles: curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo (Tabela 27).

Tabela 27 – População atual e projetada para os municípios da UPG 8.2 - Cubatão

Municípios	Censo Demográfico (hab)			Média da taxa de crescimento (% ao ano)	População Projetada (hab)		
	2000	2010	2022		2028	2033	2038
Águas Mornas	5.390	5.548	6.743	1,0%	7142	7492	7859
Florianópolis	234.236	255.820	537.211	3,5%	664.021	792.281	945.315
Garopaba	13.164	18.138	29.959	3,7%	37.391	44.976	54.098
Palhoça	102.742	137.334	222.598	3,5%	274.010	325.814	387.413
Paulo Lopes	5.924	6.692	9.063	1,9%	10.141	11.137	12.230
Santo Amaro da Imperatriz	15.708	19.823	27.272	2,5%	31.671	35.875	40.637
São José	173.559	209.804	270.299	2,0%	304.833	336.959	372.470
São Pedro de Alcântara	3.584	4.704	5.776	2,2%	6.597	7.370	8.233

Fonte: IBGE (2023) e Instituto Água Conecta (2024).

Foi adotada a média das taxas crescimento entre os Censos de 2000-2010 e de 2010-2022. Essa taxa de crescimento também foi utilizada posteriormente para as simulações de crescimento populacional, demanda de água e geração de efluentes.

Apesar do município de Florianópolis não estar totalmente inserido na UPG 8.2 – Cubatão, sua população foi totalmente considerada nos dados de entrada de consumo de água, já que o Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região de Florianópolis (SIF), que é responsável pelo atendimento da área continental de Florianópolis e de parte da Ilha de Santa Catarina, capta água proveniente dos rios Vargem do Braço e Cubatão.

4.2.2. Projeção da criação animal da UPG 8.2 – Cubatão

Para criação animal, também foram utilizados dados do IBGE (2023), provenientes do Censo Agropecuário (2008, 2016 e 2022). Projetou-se a população de animais para a UPG 8.2 – Cubatão para os horizontes de planejamento 2028, 2033 e 2038 (Tabela 28). Foi calculada a média das taxas crescimento entre os Censos de 2008-2016 e de 2016-2022, porém uma ponderação no valor foi adotada para cada espécie de criação animal, visou-se chegar o mais próximo possível da realidade local.

Vale menção que devido à alta variabilidade dos valores de população da criação animal é possível que algumas culturas tenham um comportamento de crescimento diferente do que foi apresentado, como por exemplo, a produção de galináceos, que teve uma queda abrupta em relação ao primeiro ano, porém acredita-se que na tendência de crescimento da

produção de galináceos nos próximos anos, por isso que um valor mais baixo de crescimento foi adotado.

Tabela 28 – Criação animal atual e projetada para as espécies na UPG 8.2 – Cubatão

UGs – Maruim e Cubatão							
	Animais (cabeças)			Taxa de crescimento considerada	Projeções		
	2008	2016	2022	(%/ano)	2028	2033	2038
Bovinos	24.984	30.887	30.168	1,0%	32.033	33.675	35.402
Bubalinos	107	60	55	-2,0%	49	44	40
Equinos	846	2.800	2.155	2,5%	2.504	2.837	3.215
Suínos	3.538	1.053	850	-2,0%	754	682	617
Caprinos	577	479	476	-1,0%	448	426	406
Ovinos	1.184	716	1.011	-0,5%	981	957	933
Galináceos	4.234.543	480.432	699.667	-0,5%	678.989	662.224	645.874
UGs – Massimbu, Madre e Siriú							
	Animais (cabeças)			Taxa de crescimento considerada	Projeções		
	2008	2016	2022	(%/ano)	2028	2033	2038
Bovinos	12.508	14.260	13.468	0,5%	13.878	14.230	14.590
Bubalinos	221	285	207	-1,0%	195	185	176
Equinos	517	1.183	1.003	3,0%	1.201	1.395	1.621
Suínos	1.204	269	297	-1,0%	279	266	253
Caprinos	597	363	370	-0,5%	359	350	341
Ovinos	995	1.048	1.068	0,5%	1.101	1.129	1.157
Galináceos	4.035.662	92.745	162.490	-0,5%	157.688	153.794	149.997

Fonte: IBGE (2023) e Instituto Água Conecta (2024).

4.2.3. Dados de entrada da simulação dos recursos hídricos superficiais na UPG 8.2

O Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento do Uso dos Recursos Hídricos, ou SADPLAN, foi desenvolvido pelo Governo do Estado de Santa Catarina para geração de dados hidrológicos, demanda hídrica, projeções futuras e balanço hídrico nas bacias hidrográficas catarinenses. Para realizar as simulações, no SADPLAN faz-se necessário a alimentação de dados de entrada, inicialmente são preenchidas as informações na aba “Parâmetros de Disponibilidade Hídrica”.

A opção padrão no SADPLAN (utilizada no estudo) é a da disponibilidade hídrica calculada pela vazão de referência (Q_{ref}), sendo nesta opção necessário informar as prioridades de atendimento, no que diz respeito aos múltiplos usos dos recursos hídricos. Inicialmente informa a 1ª prioridade, atribuída a um ou mais setores de usuários. A partir da 1ª prioridade, o SADPLAN calcula a maior garantia hídrica capaz de atender aqueles usuários, e refaz o processo (ciclo) para o(s) nível(is) de prioridade subsequente (2ª

prioridade em diante), até que se atenda a todos os usos ou se alcance a menor garantia hídrica. O SADPLAN permite adicionar até dez prioridades. Como previamente adotado em outros PRHs do Estado, e recomendado pela SEMAE, foram utilizadas três prioridades na UPG 8.2 – Cubatão (Quadro 16).

Quadro 16 – Dados de entrada de Disponibilidade Hídrica no SADPLAN - UPG 8.2 - Cubatão

Campo	Valor/Texto aplicado	
<i>Nome</i>	IAC – Cubatão e Madre - Q ₉₈ (3 prioridades)	
<i>Descrição</i>	Disponibilidade hídrica para UPG 8.2	
<i>Bacia de referência</i>	Bacia do Rio Cubatão (2012) Bacia do Rio Madre (2012)	
<i>Forma como é caracterizada</i>	a Disponibilidade Hídrica para o Balanço Hídrico	
<i>Tipo</i>	Vazão de referência para Captações e Derivações	
<i>Vazão de referência</i>	100% da vazão Q ₉₈	
<i>Prioridades de atendimento aos usos de recursos hídricos</i>		
<i>Prioridade 1</i>	Abastecimento público e esgotamento sanitário	
<i>Prioridade 2</i>	Aquicultura e criação animal	
<i>Prioridade 3</i>	Irrigação, indústria, mineração, termelétrica, hidrelétrica e outros usos	
<i>Definição das vazões mínimas</i>		
<i>Vazão mínima</i>	50% da vazão Q ₉₈ (Portaria SDS 51/2008)	
<i>Vazão ecológica</i>	100% da Q _{7,10}	
<i>Configuração para balanços hídricos qualitativos (Maruim e Cubatão)</i>		
<i>Parâmetros</i>	Manancial	Cabeceira
<i>Coliformes totais</i>	800 NMP/100 mL	700 NMP/100 mL
<i>DBO_{5,20}</i>	5,70 mg/L	1,00 mg/L
<i>Fósforo total (Pt)</i>	0,07 mg/L	0,09 mg/L
<i>Nitrato (NO₃⁻)</i>	0,70 mg/L	1,00 mg/L
<i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i>	8,10 mg/L	8,90 mg/L
<i>Configuração para balanços hídricos qualitativos (Massiambu e Madre)</i>		
<i>Parâmetros</i>	Manancial	Cabeceira
<i>Coliformes totais</i>	1.200 NMP/100 mL	700 NMP/100 mL
<i>DBO_{5,20}</i>	4,30 mg/L	0,80 mg/L
<i>Fósforo total (Pt)</i>	0,02 mg/L	0,01 mg/L
<i>Nitrato (NO₃⁻)</i>	0,20 mg/L	0,25 mg/L
<i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i>	6,60 mg/L	8,95 mg/L

Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Em relação a configuração para balanços hídricos qualitativos, o preenchimento dos valores de manancial e cabeceira foram estimados com base nas medianas dos pontos de monitoramento e sua localização na UPG 8.2 - Cubatão, tanto nas bacias hidrográficas dos

Rios Maruim e Cubatão, quanto nas bacias hidrográficas dos Rios Massiambu e Madre, com base em resultados da etapa do Diagnóstico (Capítulo 3). Para valores de manancial nas bacias hidrográficas dos Rios Maruim e Cubatão foram selecionados os pontos (Quadro 6) 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, e 9, e para os valores de cabeceira, os pontos 4, 10, 11, 12, 13, 14 e 15. Para as bacias hidrográficas dos Rio Massiambu e Madre, valores de manancial foram os pontos 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25 e 30, e para os valores de cabeceira, os pontos 16, 17, 26, 27, 28 e 29 (Quadro 6).

Em seguida, fez-se necessário o preenchimento dos dados de demanda hídrica, na aba “Parâmetros de Demanda Hídrica” (Quadro 17). O preenchimento dos campos do Quadro 17 foram baseados nas informações do histórico do SADPLAN de outros Planos de Recursos Hídricos no Estado, entre eles, PRH Canoas e Pelotas, PRH Canoinhas, PRH Urussanga, PRH Cubatão e Madre, PRH Tijucas e Biguaçu e PRH Camboriú.

Quadro 17 – Dados de entrada da Demanda Hídrica no SADPLAN para a UPG 8.2 – Cubatão

Para UPG 8.2 – bacia hidrográficas do Rio Cubatão

Campos	Valor/Texto aplicado
Nome	IAC - Demandas Cubatão
Descrição	Demandas hídricas com base no cenário de 2023 para UPG 8.2
Bacia de referência	Bacia do Rio Cubatão (2012)
Declarações (significantes e insignificantes)	Enviado exceto reprovado (todas as finalidades) *
Tratamento para outorgas	Padrão outorgas subtraídas da vazão disponível para demais usuários

Legenda: * referente ao parecer dos cadastros do CEURH (aprovado, não avaliado ou reprovado).

Parâmetros - cálculo de lançamentos e poluentes não encontrados no CEURH

Municípios	Águas Mornas	Fpolis	Palhoça	Santo Amaro da Imperatriz	São José	São Pedro de Alcântara
Produção de esgoto em área urbana (kr) - % de retorno sobre vazões captadas (finalidade do abastecimento público)	80	80	80	80	80	80
Esgoto bruto de área urbana lançado em águas superficiais (febar ¹) – % do kr lançado em águas superficiais. O SADPLAN utiliza a sobreposição da malha urbana e a hidrografia.	70	10	10	10	10	70
Produção per capita de esgoto rural (L/cab.dia)	80	80	80	80	80	80

Esgoto bruto de área rural lançado em águas superficiais (febar ²) – % da produção do esgoto rural lançado em águas superficiais. O SADPLAN considera o ponto de captação para o lançamento complementar	80	80	80	80	80	80
Número de animais no pasto (cabeças)	229.801	0	67.972	70.312	6.829	359.467
Efluente unitário dos animais no pasto (L/cab.dia)	50	50	50	50	50	50

Legenda: febar - fração de esgoto bruto que atinge o rio - lançamento atribuído para diferentes origens (urbano, rural, dejetos de animais e irrigação). Fpolis – Florianópolis.

Para UPG 8.2 - bacia hidrográfica do Rio da Madre

Campos	Valor/Texto aplicado
Nome	IAC – Demandas Madre
Descrição	Demandas hídricas com base no cenário de 2023 para UPG 8.2
Bacia de referência	Bacia do Rio da Madre (2012)
Declarações (significantes e insignificantes)	Enviado exceto reprovado (todas as finalidades) *
Tratamento para outorgas	Padrão – outorgas subtraídas da vazão disponível para demais usuários

Legenda: *referente ao parecer dos cadastros do CEURH (aprovado, não avaliado ou reprovado).

Parâmetros - cálculo de lançamentos e poluentes não encontrados no CEURH

Municípios	Garopaba	Palhoça	Paulo Lopes
Produção de esgoto em área urbana (kr) - % de retorno sobre vazões captadas (finalidade do abastecimento público)	80	80	80
Esgoto bruto de área urbana lançado em águas superficiais (febar ¹) – % do kr lançado em águas superficiais. O SADPLAN utiliza a sobreposição da malha urbana e a hidrografia.	70	10	70
Produção per capta de esgoto rural (L/cab.dia)	80	80	80
Esgoto bruto de área rural lançado em águas superficiais (febar ²) – % da produção do esgoto rural lançado em águas superficiais. O SADPLAN considera o ponto de captação para o lançamento complementar.	80	80	80
Número de animais no pasto (cabeças)	4.116	151.293	21.357
Efluente unitário dos animais no pasto (L/cab.dia)	50	50	50

Dejetos da Criação Animal calculados por Espécie Animal e Sistema de Criação

Espécie	Sistema	Efluente unitário (quando há limpeza do animal) ***	Esgoto bruto que chega em águas superficiais (febar ³)
Suínos	Intensivo	10,0 L/cab.dia	40%
	Semi	7,2 L/cab.dia	20%
Ovinos	Intensivo	8,0 L/cab.dia	40%
	Semi	5,0 L/cab.dia	20%
Aves	Intensivo	0,36 L/cab.dia	40%
	Semi	0,36 L/cab.dia	20%
Bovinos	Intensivo	30,0 L/cab.dia	40%
	Semi	17,4 L/cab.dia	20%
Bubalinos	Intensivo	30,0 L/cab.dia	40%
	Semi	17,4 L/cab.dia	20%
Caprino	Intensivo	5,0 L/cab.dia	40%
	Semi	8,0 L/cab.dia	20%

Legenda: ***Proporcionalidade e coeficientes de retorno obtidos em Santa Catarina (2006a).

Substâncias não informadas para os efluentes das declarações CEURH**
(concentração efluente bruto / concentração efluente após ETE)**

		Abast. público	Esgoto sanitário	Aqui-cultura	Irrigação	Criação animal	Ind.	Outro
C_{totais}	(NMP/100mL)	3.000,0 ¹ 600,0 ²	8.000,0 ¹ 600,0 ²	4.000,0 ¹ 600,0 ²	2.000,0 ¹ 600,0 ²	8.000,0 ¹ 800,0 ²	2.500,0 ¹ 500,0 ²	3.000,0 ¹ 600,0 ²
DBO	(mg/L)	300,0 ¹ 60,0 ²	350,0 ¹ 60,0 ²	40,0 ¹ 5,0 ²	30,0 ¹ 5,0 ²	300,0 ¹ 60,0 ²	500,0 30,0 ²	100,0 ¹ 10,0 ²
Pt	(mg/L)	5,0 ² 1,0 ¹	4,0 ¹ 1,0 ²	4,0 ¹ 1,0 ²	8,0 ¹ 1,0 ²	8,0 ¹ 1,0 ²	8,0 ¹ 1,0 ²	5,0 ² 1,0 ¹
NO_3^-	(mg/L)	5,0 ² 1,0 ¹	8,0 ¹ 1,0 ²	4,0 ¹ 1,0 ²	10,0 ¹ 1,0 ²	8,0 ¹ 1,0 ²	10,0 ¹ 1,0 ²	10,0 ¹ 1,0 ²
OD	(mg/L)	2,0 ¹ 5,0 ²	0,0 ¹ 4,0 ²	2,0 ¹ 5,0 ²	2,0 ¹ 4,0 ²	2,0 ¹ 4,0 ²	2,0 ¹ 4,0 ²	1,0 ¹ 4,0 ²

Legenda: **** Dados com base nos históricos dos Planos de Bacia existente no SADPLAN. C_{totais} – coliformes totais. ¹ concentração efluente bruto; e ² concentração efluente após ETE.

Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Para o cenário atual (2023), a fração do esgoto bruto em área urbana lançado em águas superficiais (febar¹) (Quadro 17), para os municípios de Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São José e São José, uma taxa de 10% foi adotada, tendo em vista a cobertura de rede coletora e tratamento de esgoto desses municípios. Para o restante dos municípios, por não possuir rede coletora de esgoto, apenas sistemas individuais, uma taxa superior foi adotada (70%). Os dados preenchidos no SADPLAN foram obtidos de acordo com a situação previamente diagnosticada nos municípios e usuários da UPG 8.2 - Cubatão.

Em relação aos horizontes e cenários, para a compatibilização com o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), para cenário tendencial, assumiu-se um crescimento da cobertura de coleta e tratamento de esgoto de 35% no horizonte de

planejamento de curto prazo (2028), 50% para o horizonte de planejamento de médio prazo (2033) e 75% para o horizonte de longo prazo (2038). Para o cenário otimista, foi adotado um avanço maior de cobertura de coleta e tratamento de esgoto de 45% no horizonte de planejamento de curto prazo (2028), e o atendimento de 90% de cobertura para os horizontes de médio (2033) e longo (2038) prazo.



A aba “Parâmetros de Demanda Hídrica” no SADPLAN (Quadro 17) contém campos para **inserção de informações complementares**, ou seja, para os casos em que não houve preenchimento dos campos no CEURH, preenchido por usuários de água.

4.2.4. Parâmetros de projeções estatísticas para a UPG 8.2 – Cubatão

No Quadro 18 são apresentados os dados de entrada referente aos cenários de projeção no SADPLAN, que constam na aba “Parâmetros de Projeções Estatísticas”. Para cada horizonte (curto, médio e longo prazo) foram projetados os cenários: (i) tendencial (taxas de crescimento atual); (ii) otimista (subtraído a metade da taxa de crescimento tendencial), e (iii) cenário crítico (somado a metade da taxa de crescimento tendencial), para a carga da população urbana, rural, animal, setores industriais e de culturas irrigadas.

Quadro 18 – Dados de entrada de Projeções Estatísticas no SADPLAN para a UPG 8.2 – Cubatão

Campos	Valor/Texto aplicado
Nome	IAC - Cubatão - Cenário 2028-2033-2038 IAC - Madre - Cenário 2028-2033-2038
Descrição	Prognóstico Cubatão e Madre
Bacia de referência	Bacia do Rio Cubatão (2012) Bacia do Rio da Madre (2012)
Ano base dos dados de demanda hídrica	2023*

Legenda: * 2023 foi definido como ano base tendo em vista os dados de qualidade, no entanto, o CEURH (que alimenta o SADPLAN) operou até março de 2021 (sendo finalizado com o lançamento SIOUT-SC).

Taxa ou função de projeção para abastecimento público, por município:

População Urbana – Taxa de crescimento

Municípios	Otimista	Tendencial	Crítico
Águas Mornas	0,50%	1,0%	1,5%
Florianópolis	1,75%	3,5%	5,3%
Garopaba	1,85%	3,7%	5,6%
Palhoça	1,75%	3,5%	5,3%
Paulo Lopes	0,95%	1,9%	2,9%
Santo Amaro da Imperatriz	1,25%	2,5%	3,8%
São José	1,00%	2,0%	3,0%

São Pedro de Alcantara	1,10%	2,2%	3,3%
------------------------	-------	------	------

População Rural - Taxa de crescimento

Municípios	Otimista	Tendencial	Crítico
Águas Mornas	0,5%	1,0%	1,5%
Florianópolis	0,5%	1,0%	1,5%
Garopaba	0,5%	1,0%	1,5%
Palhoça	0,5%	1,0%	1,5%
Paulo Lopes	0,5%	1,0%	1,5%
Santo Amaro da Imperatriz	0,5%	1,0%	1,5%
São José	0,5%	1,0%	1,5%
São Pedro de Alcantara	0,5%	1,0%	1,5%

Demanda de Água - Taxa de crescimento

Municípios	Otimista	Tendencial	Crítico
Águas Mornas	0,50%	1,0%	1,5%
Florianópolis	1,75%	3,5%	5,3%
Garopaba	1,85%	3,7%	5,6%
Palhoça	1,75%	3,5%	5,3%
Paulo Lopes	0,95%	1,9%	2,9%
Santo Amaro da Imperatriz	1,25%	2,5%	3,8%
São José	1,00%	2,0%	3,0%
São Pedro de Alcantara	1,10%	2,2%	3,3%

Taxa ou função de projeção para aquicultura

	Otimista	Tendencial	Crítico
Demanda de Água	2,5%	5,0%	7,5%

Taxa ou função de projeção para irrigação, por cultura irrigada

	Otimista	Tendencial	Crítico
Batatinha, Milho, e Tomate	1,5%	3,0%	4,5%
Flores, Arroz, Aipim, Alface, Beterraba, Cenoura, Morango, Pepino, Pimentão, Repolho, Couve e Couve-Flor, Maracujá	1,0%	2,0%	3,0%
Outro tipo, Abobora, Cebola	0,5%	1,0%	1,5%

Taxa ou função de projeção para criação animal, por espécie:

Espécies declaradas	Otimista	Tendencial	Crítico
Aves em geral	-0,75%	-0,5%	-0,25%
Bubalinos	-1,50%	-1,0%	-0,75%
Bovino em geral	0,50%	1,0%	1,50%
Ovinos	0,25%	0,5%	0,75%
Equinos	1,25%	2,5%	3,5%

Suínos	-1,50%	-1,0%	-0,75%
02 a 05 espécies ou outra	0,25%	0,5%	0,75%

Taxa ou função de projeção para indústria e mineração, por CNAE

CNAE declarados	Otimista	Tendencial	Crítico
08.10-0 - Extração de pedra, areia e argila	1,0%	2,0%	3,0%
08.99-1 - Extração de minerais não-metálicos não especificados anteriormente	1,0%	2,0%	3,0%
10.11-2 - Abate de reses, exceto suínos	0,5%	1,0%	1,5%
10.12-1 - Abate de suínos, aves e outros pequenos animais	1,5%	3,0%	4,5%
10.13-9 - Fabricação de produtos de carne	1,5%	3,0%	4,5%
10.20-1 - Preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado	0,5%	1,0%	1,5%
10.33-3 - Fabricação de sucos de frutas, hortaliças e legumes	1,5%	3,0%	4,5%
10.51-1 - Preparação do leite	1,0%	2,0%	3,0%
10.52-0 - Fabricação de laticínios	1,0%	2,0%	3,0%
10.61-9 - Beneficiamento de arroz e fabricação de produtos do arroz	1,0%	2,0%	3,0%
10.91-1 - Fabricação de produtos de panificação	1,0%	2,0%	3,0%
11.21-6 - Fabricação de águas envasadas	1,5%	3,0%	4,5%
14.12-6 - Confecção de peças do vestuário, exceto roupas íntimas	0,5%	1,0%	1,5%
20.63-1 - Fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	0,5%	1,0%	1,5%
20.93-2 - Fabricação de aditivos de uso industrial	1,0%	2,0%	3,0%
22.22-6 - Fabricação de embalagens de material plástico	1,5%	3,0%	4,5%
23.19-2 - Fabricação de artigos de vidro	1,0%	2,0%	3,0%
23.30-3 - Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes	2,0%	4,0%	6,0%
23.99-1 - Fabricação de produtos de minerais não-metálicos não especificados anteriormente	1,0%	2,0%	3,0%
26.32-9 - Fabricação de aparelhos telefônicos e de outros equipamentos de comunicação	1,5%	3,0%	4,5%
32.50-7 - Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	1,5%	3,0%	4,5%

Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

4.2.5. Parâmetros de balanço hídrico para a UPG 8.2 – Cubatão

No Quadro 19 são apresentados os dados de entrada referente ao balanço qualiquantitativo no SADPLAN – na aba “Cadastros” – “Balanço Hídrico”. Como o SADPLAN possibilita a extração mensal de resultados, uma análise prévia de verificação do pior cenário mensal de atendimento da demanda hídrica foi realizada, por meio do Índice de Atendimento de Captação Total – IACT, no qual os meses de fevereiro (UGs Maruim e Cubatão) e novembro (UGs Massiambu e Madre) foram previamente selecionados para a

UPG 8.2 – Cubatão. Essa análise se faz essencial considerando o tempo de processamento das simulações no SADPLAN, ou seja, quanto mais meses selecionados, maior o tempo de processamento e maior o número de resultados a serem analisados. Os meses de fevereiro e novembro se mostraram adequados para demonstrativo das respostas dos parâmetros físico-químicos nos cenários testados.

Quadro 19 – Dados de entrada do Balanço Hídrico no SADPLAN para a UPG 8.2 – Cubatão

Campos	Valor/Texto aplicado
<i>Nome</i>	IAC – Cubatão/Madre - Cenário Atual 2023 IAC - Cubatão/Madre - Cenário 2028-2033-2038
<i>Descrição</i>	Cenário 2023 - Situação atual Cenário 2028-2033-2038 - UPG 8.2 - Cubatão
<i>Bacia de referência</i>	Bacia do Rio Cubatão (2012) Bacia do Rio da Madre (2012)
<i>Nível</i>	Nível 0 (140 ottobacias) – Cubatão Nível 0 (106 ottobacias) – Biguaçu
<i>Datas consideradas na execução deste balanço</i>	2023 para o cenário atual 2028, 2033 e 2038 para os cenários futuros
<i>Executar para os meses</i>	Cubatão – Fevereiro (pior IACT) Madre – Novembro (pior IACT)
<i>Vazão insignificante*</i>	0,277780 l/s (ou 1 m³/h) (Santa Catarina, 2008).
<i>Parâmetros de Disponibilidade Hídrica</i>	IAC - Cubatão - Q ₉₈ (3 prioridades) IAC - Madre - Q ₉₈ (3 prioridades)
<i>Barramentos</i>	-
<i>Parâmetros de Demanda Hídrica</i>	IAC - Demandas UPG 8.2
<i>Demandas Fictícias</i>	
<i>Projeções Estatísticas:</i>	IAC - Cubatão - Cenário 2028-2033-2038 IAC - Madre - Cenário 2028-2033-2038
<i>Nome do coeficiente de decaimento</i>	
<i>Coef. de reaeração OD (Ka)</i>	Coeficiente de reaeração de OD segundo SAD-IPH (Ka = declividade do trecho (m/m) /100)
<i>Coef. remoção da DBO (Kd)</i>	Cálculo de coeficiente de remoção da DBO segundo SAD-IPH ($Kd = 0,3*((H/2,4)^{-0,434})$)
<i>Coef. de decaimento bacteriano</i>	1,00 (Von Sperling, 2006)
<i>Coef. de decaimento do fósforo total</i>	0,05 (Von Sperling, 2006)
<i>Coef. de hidrólise do nitrogênio orgânico em amônia</i>	0,02 (Von Sperling, 2006)
<i>Coef. de conversão da amônia em nitrito</i>	0,20 (Von Sperling, 2006)
<i>Coef. de transformação do nitrito em nitrato</i>	0,60 (Von Sperling, 2006)

Legenda: * vazão insignificante, adotado o que consta na Portaria SDS nº 36 de 29 de julho de 2008 (Santa Catarina, 2008), que define 1 m³/h para captações superficiais (inserido no SADPLAN em l/s: 0,277778 l/s).

Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

4.2.6. Disponibilidade hídrica da UPG 8.2 – Cubatão

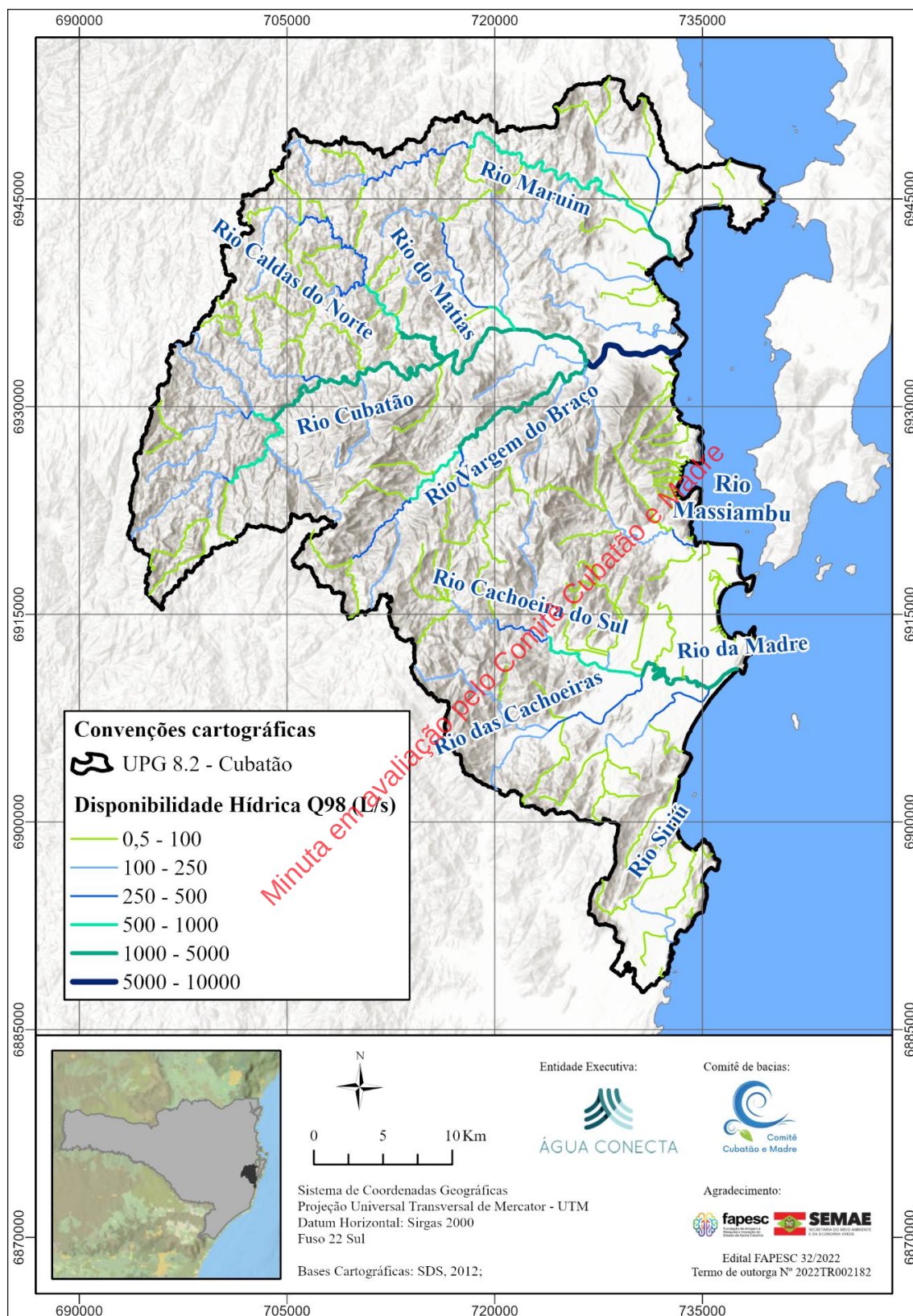
Na Figura 55 foi apresentado o resultado da disponibilidade hídrica (cenário atual) gerado no SADPLAN para a UPG 8.2 - Cubatão. Para as Bacias Hidrográficas dos Rios Maruim e Cubatão, considerou-se o mês de fevereiro de 2023. Para as Bacias Hidrográficas do Rios Massiambu e Madre o mês de novembro de 2023 foi considerado.



Na UPG 8.2 – Cubatão, a vazão de referência é a Q_{98} . A alteração do critério de outorga para a vazão sugerida no PRHCM (Q_{90}) para as UGs Cubatão (captação do SIF), Vargem do Braço e Massiambu; ainda não foi aprovada no Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (CERH-SC). Apenas após a sua aprovação no CERH que o critério passa ter validade.

Em relação aos resultados (Figura 55), os rios de cabeceira e bacias contíguas, apresentaram menores vazões considerando a Q_{98} , como já era esperado. O Rio do Matias, afluente do Rio Cubatão, possui maior parte do seu trecho na faixa de vazão Q_{98} de 250 até 500 l/s, assim como o Rio das Cachoeiras, principal afluente do Rio da Madre. O Rio Maruim, o Rio Caldas do Norte, Rio Cubatão, o Rio Vargem do Braço, e o Rio da Madre, possuem em boa parte dos seus trechos, vazões Q_{98} na faixa de 500 até 5.000 l/s (5 m³/s). O Rio Cubatão é o único trecho de rio que possui vazão Q_{98} na faixa de 5.000 até 10.000 l/s (10 m³/s), por possuir a maior área de drenagem, consequentemente.

Figura 55 – Disponibilidade hídrica na Q₉₈ para o cenário atual (2023) da UPG 8.2 – Cubatão pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

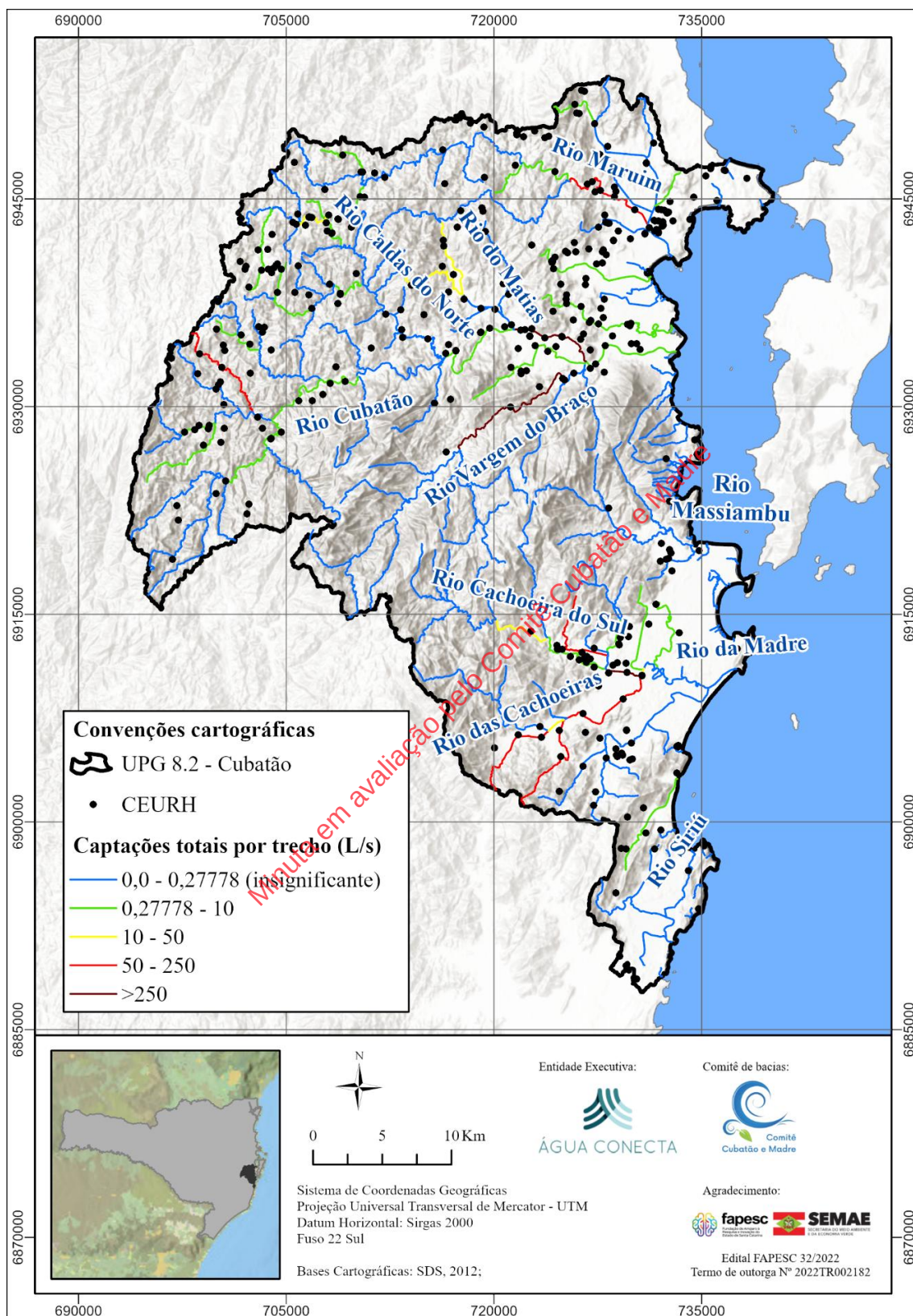
4.2.7. Demanda hídrica da UPG 8.2 – Cubatão

Na Figura 56, é apresentado o resultado das demandas hídricas no cenário atual (2023), geradas a partir das demandas declaradas no CEURH (com dados até março de 2021), que alimentam o SADPLAN.

As demandas por água superficial na UPG 8.2 – Cubatão (Figura 56) foram identificadas principalmente nas seguintes regiões: (i) Rio Maruim no seu trecho médio/baixo (coloração vermelha); (ii) cabeceira do Rio do Matias (coloração amarela); (iii) afluente próximo a cabeceira do Rio Cubatão no seu trecho médio (coloração vermelha); (iv) Rio Cubatão no seu trecho médio (coloração vermelho escuro); (v) Rio Vargem do Braço no seu trecho médio/baixo (coloração vermelho escuro), (vi) parte média do Rio Cachoeira do Sul (trechos com coloração amarela e vermelho escuro); e (vii) o Rio das Cachoeiras (trechos com coloração amarela e vermelho escuro). Existem também outros trechos de rios na UPG 8.2 – Cubatão com alta concentração de pontos de captação declarados, no entanto, muitos cadastros não representam, necessariamente, altos valores de vazão declarada. Muitas vezes, a grande quantidade de cadastros pode ser referente a usos insignificantes (abaixo de 5 m³/h - superficial), como o consumo humano e a criação animal, por exemplo, o que tem menor impacto sobre o valor da vazão demandada.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 56 – Demanda hídrica para o cenário atual (2023) na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

4.3. CARGAS POLUIDORAS

Em relação aos lançamentos, o SADPLAN possibilita exportar os resultados dos lançamentos por finalidade, como exemplo: lançamentos do esgotamento sanitário, lançamentos da indústria, lançamentos da irrigação, entre outros. Este estudo, considerou os valores totais de lançamento (Figura 57), somando todas as finalidades cadastradas no CEURH por trecho de rio. O SADPLAN também considera que a taxa de 80% da água consumida transforma-se em esgoto (Tsutitya, Além Sobrinho, 1999).

Para o prognóstico, valores declarados de demanda e lançamento são amortecidos ou extrapolados tendo em vista as taxas de crescimento informadas, para população, criação animal, setores econômicos e demanda do uso da água. Cada cenário (tendencial, otimista e crítico) possui uma dinâmica de crescimento que influencia dados quantitativos (captações e lançamentos) e qualitativos (concentração, diluição e mistura).

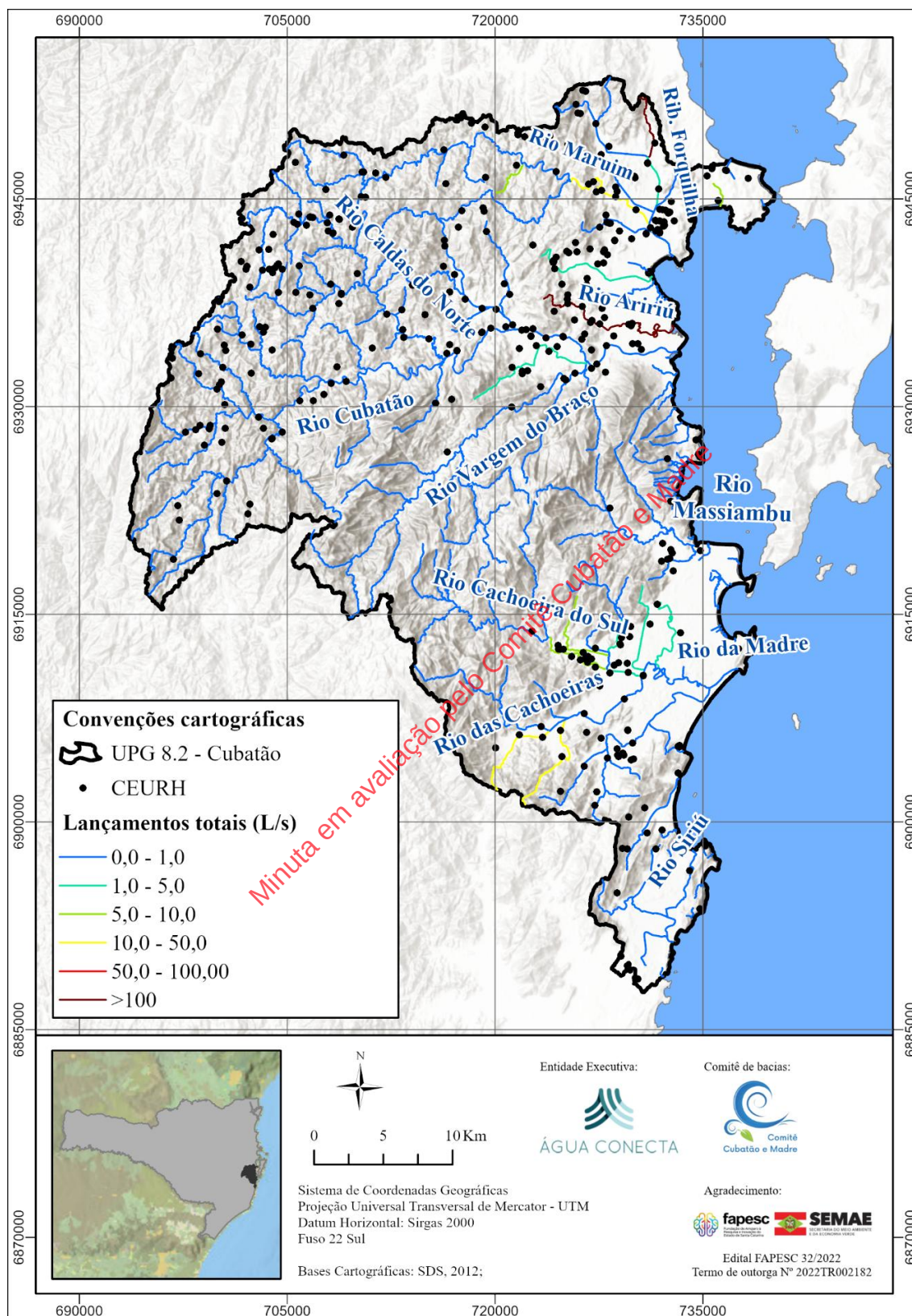
Como premissas principais foram consideradas alterações nas (a) taxas de crescimento populacional (urbano e rural) e demanda de água; (b) taxas de crescimento da criação animal; e (c) taxas de crescimento industrial na UPG 8.2 – Cubatão, para o período de alcance da meta de enquadramento progressivo dos corpos de água.



Ressalta-se que os dados de lançamentos utilizados neste estudo foram aqueles disponíveis no cadastro CEURH. No entanto, assume-se uma subestimativa no cálculo da carga de poluentes, uma vez que, provavelmente, existem outros lançamentos (não declarados), indicando uma carga poluidora superior àquela simulada.

Os maiores volumes de lançamento na UPG 8.2 – Cubatão (Figura 57) foram identificados no Ribeirão Forquilha (afluente do Rio Maruim) (coloração marrom), Rio Maruim (coloração amarela), Rio Aririú (coloração vermelho escuro), Rio Cachoeira do Sul (coloração verde e amarela) e Rio das Cachoeiras (coloração amarela), com base na espacialização dos dados do CEURH. Esse resultado, é atribuído aos elevados volumes de lançamentos, e não necessariamente à quantidade de cadastros. Por exemplo, na região de cabeceira do Rio Cubatão, onde a criação animal e aquicultura possuem um elevado número de cadastros, porém com baixa vazão de lançamento. Por outro lado, em regiões de adensamentos urbanos, o lançamento acumulado geralmente ocorre em único ponto, na estação de tratamento de efluentes - ETE, acarretando uma maior vazão de lançamento.

Figura 57 – Lançamentos totais por trecho hídrico na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN para o mês de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

4.4. CONDIÇÕES QUALIQUANTITATIVAS

De forma geral, para os resultados do balanço hídrico (quantidade), o SADPLAN apresentou resultados coerentes, no entanto, para o balanço qualiquantitativo (qualidade), o SADPLAN apresentou respostas adequadas apenas para os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), fósforo total (Pt) e oxigênio dissolvido (OD). Estes parâmetros $DBO_{5,20}$ e OD já haviam sido previamente utilizados em outros Planos de Recursos Hídricos no Estado de Santa Catarina, ou seja, já estavam calibrados dentro do sistema. O Pt teve geração de cenários pela análise da “concentração final do poluente ao final do trecho hídrico” (denominado de cfim), porém sua resposta não está devidamente calibrada no que diz respeito as equações de decaimento, assim a análise das concentrações do Pt precisa ser analisada com cautela.

No SADPLAN, as concentrações para os parâmetros $DBO_{5,20}$, Pt e OD, foram obtidas pela exportação "Qualidade para enquadramento real", onde é possível obter dados de concentração do poluente no final dos trechos hídricos (coluna cfim).

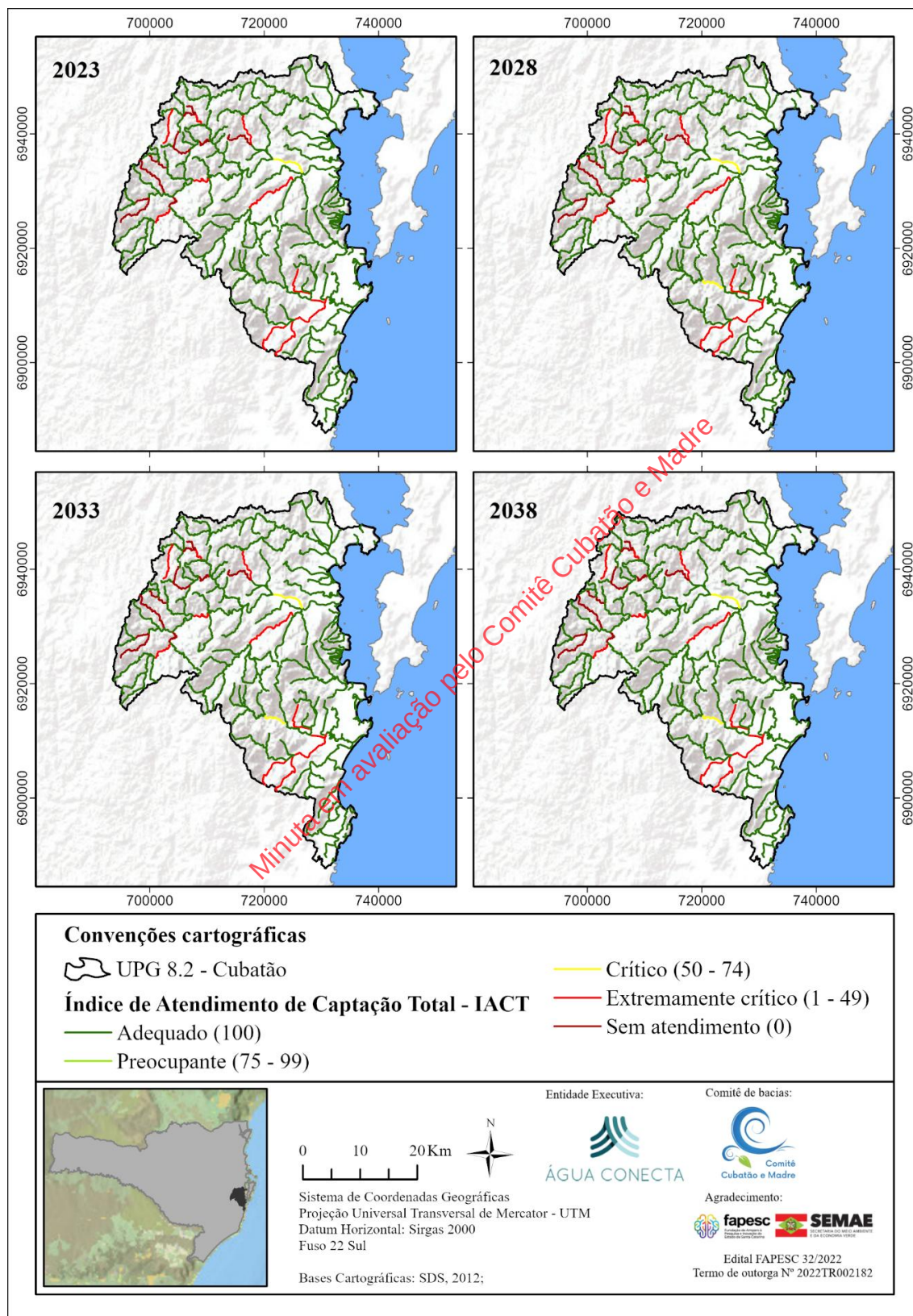
Para coliformes totais e nitrato (NO_3^-), foi testado o Índice de Atendimento à Diluição (IAD) no SADPLAN, porém seus resultados também foram considerados inconsistentes, decorrentes dos resultados de IAD inferiores a zero, possivelmente devido a incoerências nos valores de vazão remanescente. De acordo com o Manual do SADPLAN, trechos que apresentam valores de IAD entre 0 e 1 correspondem a trechos onde as águas remanescentes fluem com qualidade dentro dos padrões; enquanto valores com $IAD > 1$ correspondem a trechos onde a qualidade da água remanescente está com concentração superior à admitida (Resolução CONAMA 357 de 2005 – Classe 2, para água doce).

Nos itens 4.4.1 e 4.4.2 são apresentados os resultados dos cenários em relação ao balanço hídrico (vazão) e o balanço qualitativo (qualidade da água) na UPG 8.2 – Cubatão.

4.4.1. Balanço Hídrico

Para o atendimento da quantidade (vazão) solicitada por trecho hídrico, o SADPLAN gera o Índice de Atendimento de Captação Total – IACT. O IACT foi calculado para os horizontes: atual (2023), curto prazo (2028), médio prazo (2033) e longo prazo (2038), **considerando apenas as projeções do cenário tendencial** (Figura 58). A interpretação quantitativa não foi o foco do trabalho, sendo que o PRHCM (2018a, 2018b, 2018c e 2018d) fez uma boa análise dos dados de vazão e consumo, no qual foi estabelecida a intenção de alteração do critério de outorga da UPG 8.2 – Cubatão de Q_{98} para Q_{90} , para as UGs Cubatão (SIF), Vargem do Braço e Massiambu, ainda não aprovada no CERH/SC.

Figura 58 – Índices de Atendimento de Captação Total – IACT por trecho hídrico na UPG 8.2 – Cubatão gerada pelo SADPLAN – cenário atual (2023) e tendencial (2028, 2033 e 2038) para os meses de fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre)



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

De acordo com as simulações, verifica-se uma estabilidade das classes de atendimento hídrico na UPG 8.2 – Cubatão ao longo dos horizontes de planejamento (2028-2033-2038) no cenário tendencial. A única piora de atendimento ocorreu no Rio Cachoeira do Sul, no seu trecho médio, a partir do primeiro horizonte de planejamento (2028). Interessante destacar a elevada quantidade de trechos de rios com a situação “sem atendimento” (IACT = 0) tanto no cenário atual (2023) quanto nos horizontes 2028-2033-2038 do cenário tendencial. Este resultado evidencia situações locais de déficits hídricos na UPG 8.2 – Cubatão.

4.4.2. Balanço Qualiquantitativo

O balanço qualiquantitativo foi realizado para os cenários: tendencial, otimista e crítico, e para os horizontes temporais do projeto, curto (2028), médio (2033) e longo prazo (2038). Para analisar a resposta das concentrações de qualidade foi utilizada, por meio do SADPLAN, a concentração final do poluente ao final do trecho hídrico (cfim). O resultado utilizando cfim foi apresentado para os parâmetros DBO₅₋₂₀, Pt e OD.

A simulação para o nitrato no SADPLAN mostrou-se inconsistente, entretanto, o nitrato não se apresentou como parâmetro limitante na UPG 8.2 – Cubatão, de acordo com a análise dos dados no Diagnóstico (Capítulo 3). Desta forma, considerou-se que esta situação não prejudica a interpretação dos resultados gerados pelo SADPLAN. O nitrato não mostra-se como parâmetro restritivo na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí (Santa Catarina, 2021) e também no monitoramento da vertente leste do QUALIAGUA, no Estado de Santa Catarina.

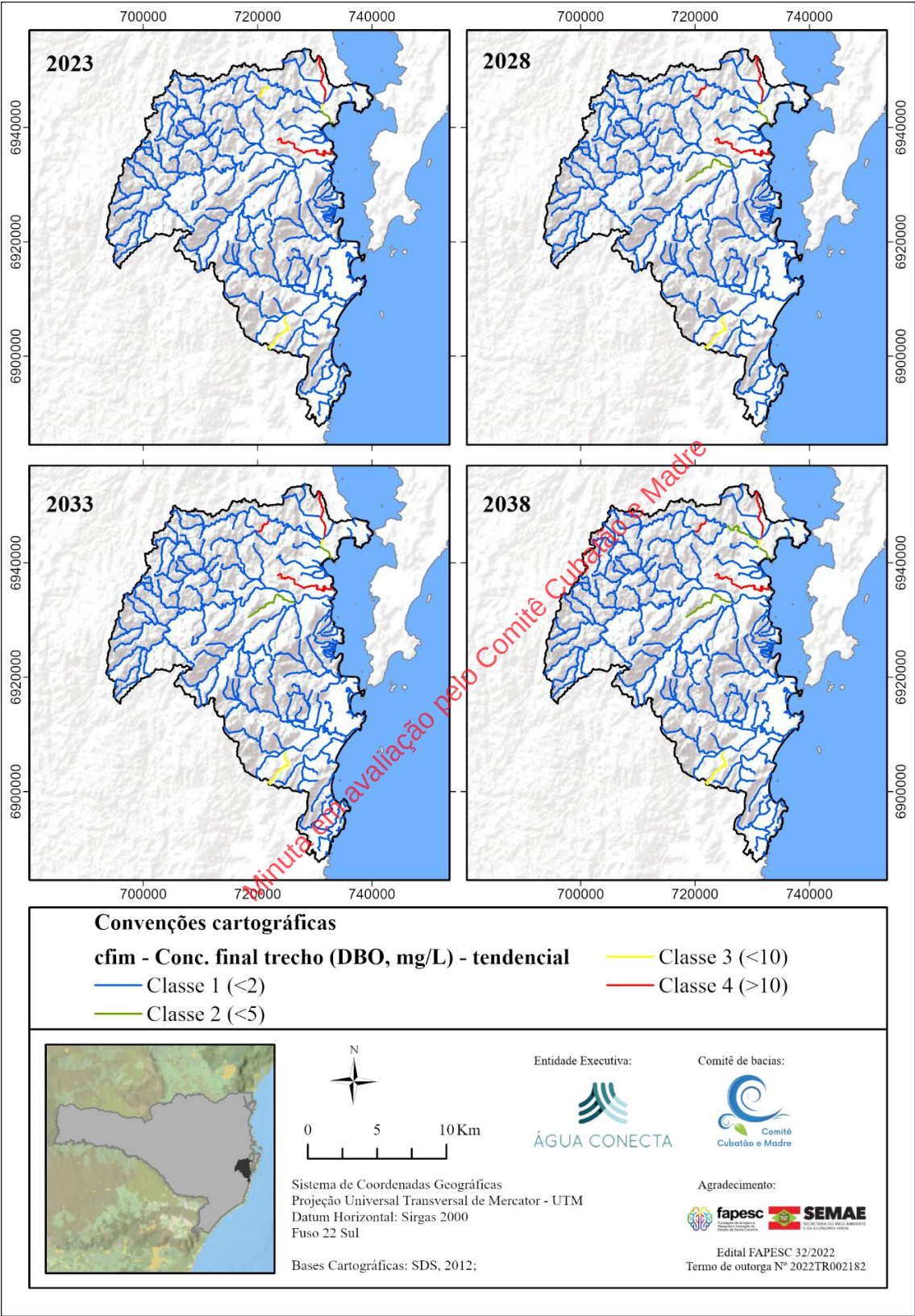
Por outro lado, os coliformes termotolerantes mostraram-se como parâmetros relevantes e limitantes no diagnóstico. Assim, em relação a este parâmetro, para a proposta de enquadramento, será levado em consideração a qualidade dos trechos de rios identificados na etapa de diagnóstico.



Os resultados do cenário atual (2023), simulado no SADPLAN, foram comparados com os dados do monitoramento da qualidade da água (Capítulo 3 – Diagnóstico).

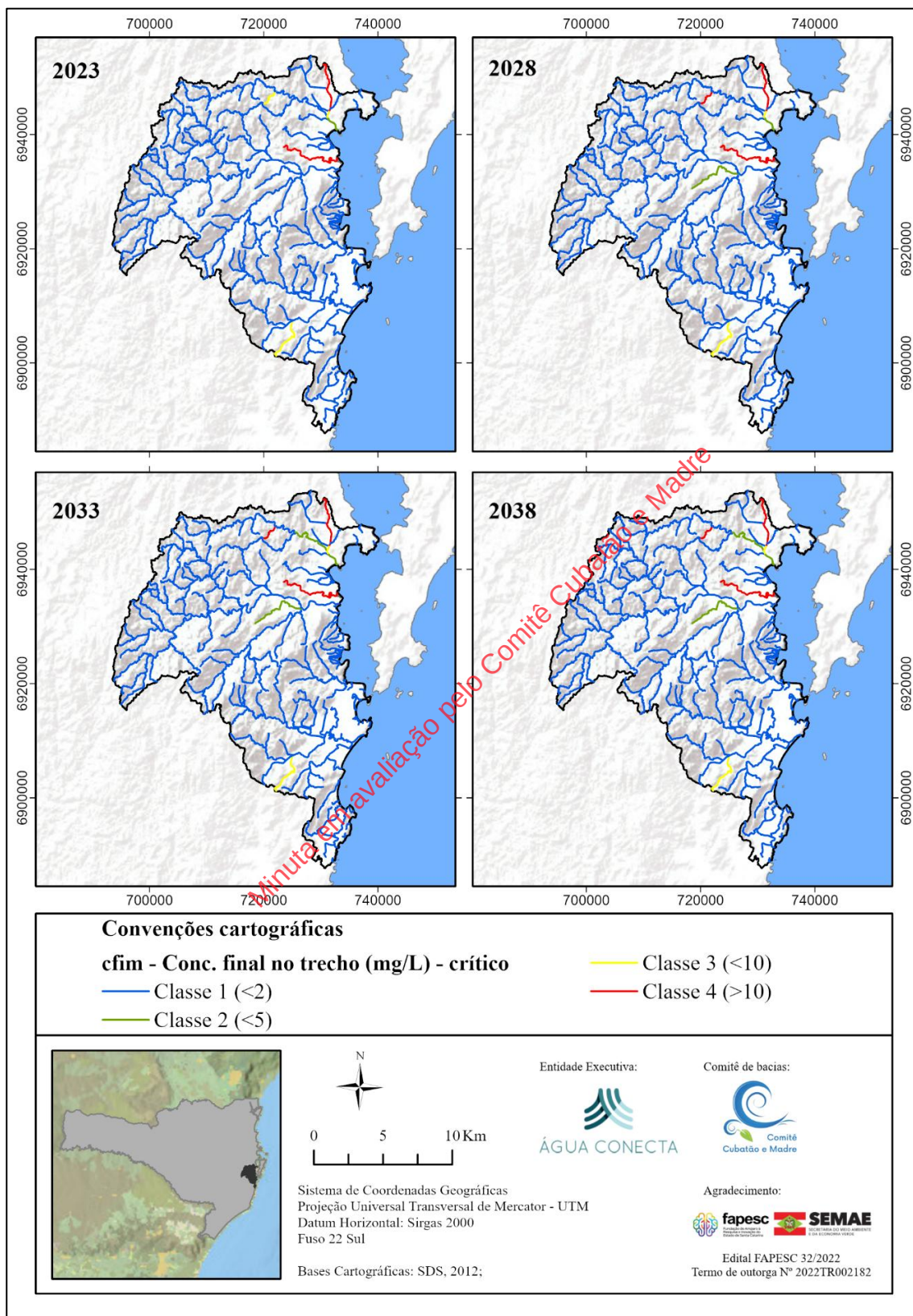
Essa etapa de validação tem por objetivo demonstrar que os resultados são adequados para as condições atuais, gerando maior confiabilidade nas simulações de cenários futuros.

Figura 59 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO_{5,20}, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



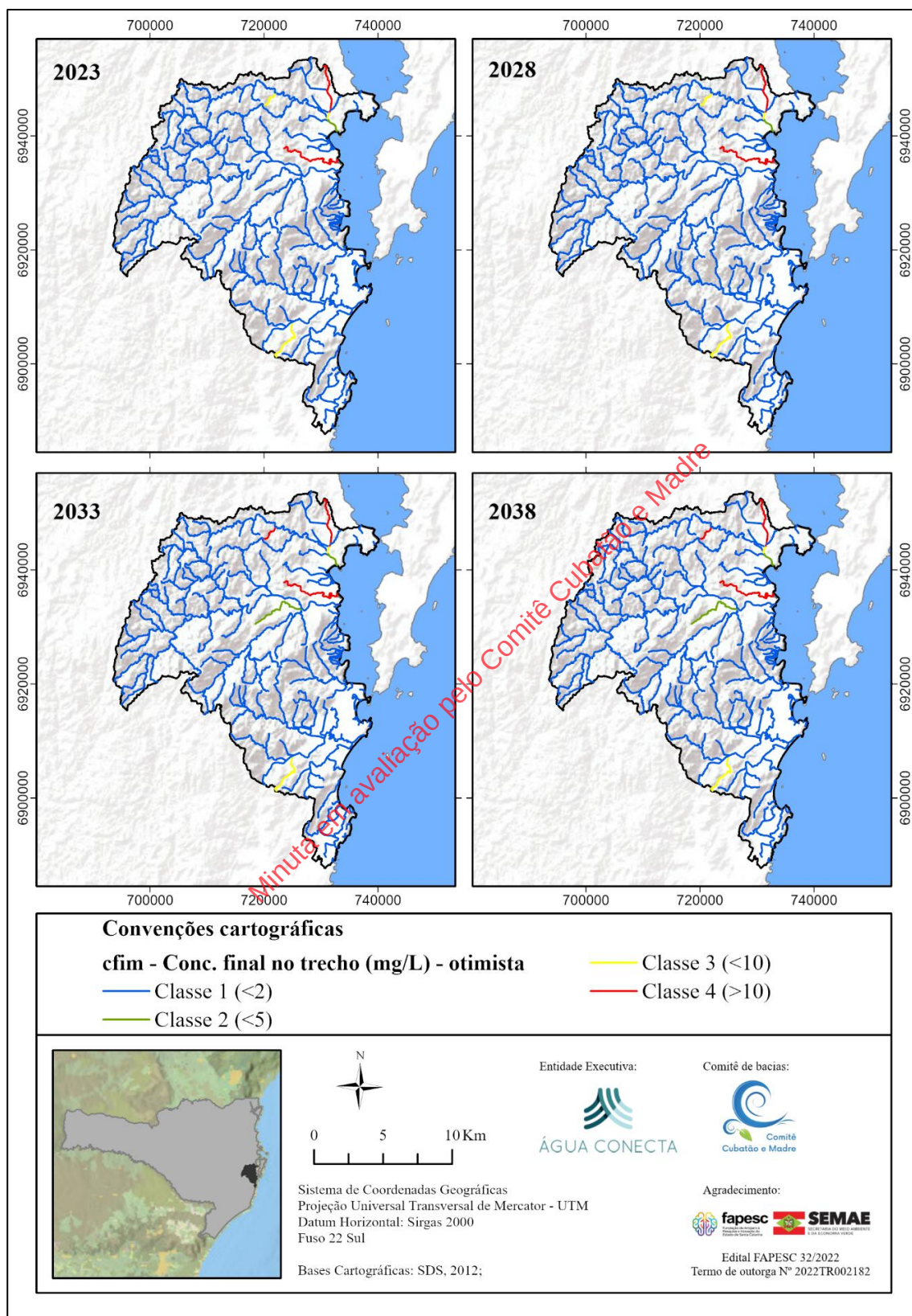
Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Figura 60 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO_{5,20} fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



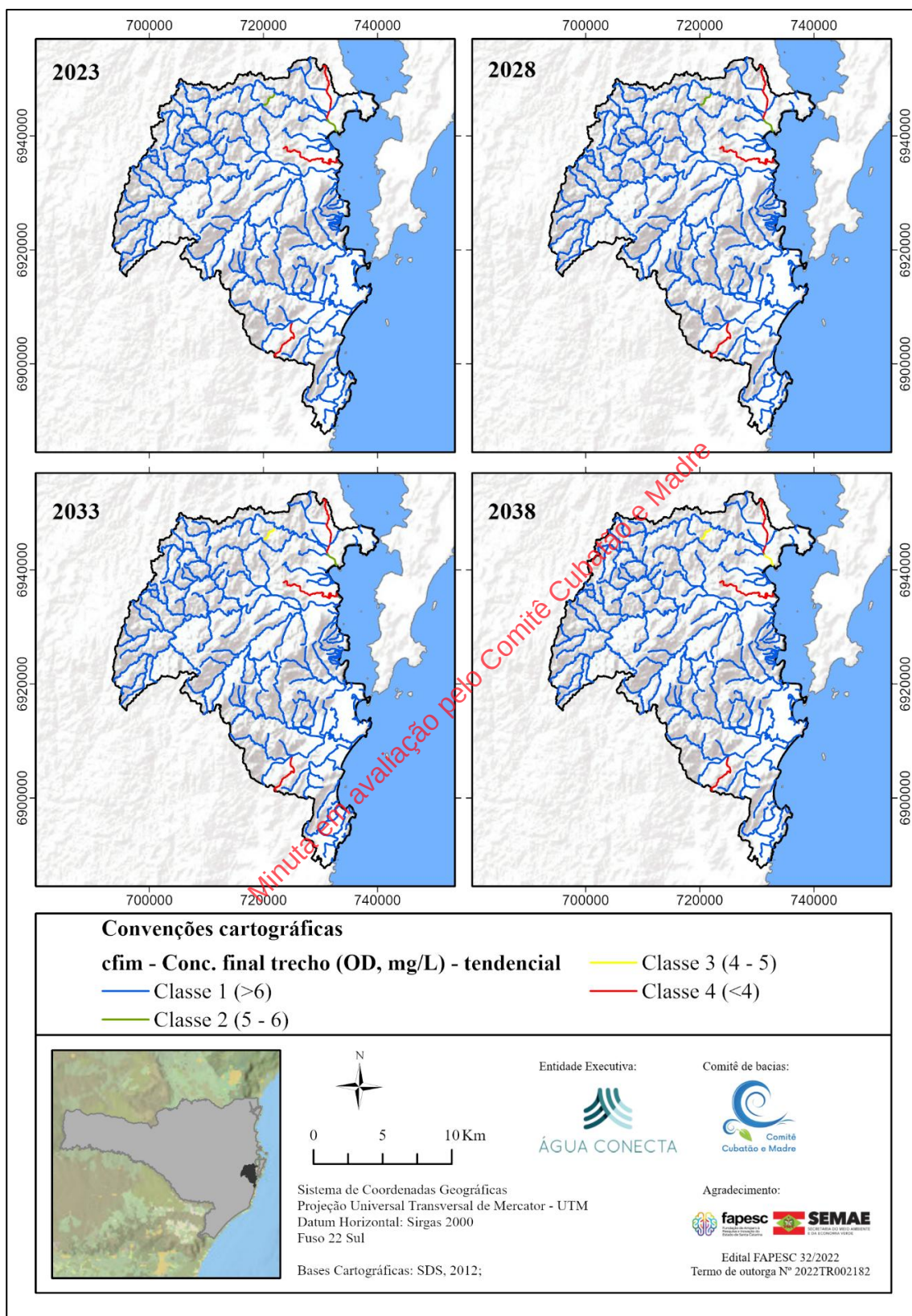
Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Figura 61 – Cenário atual (2023) e otimista para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a DBO_{5,20} fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



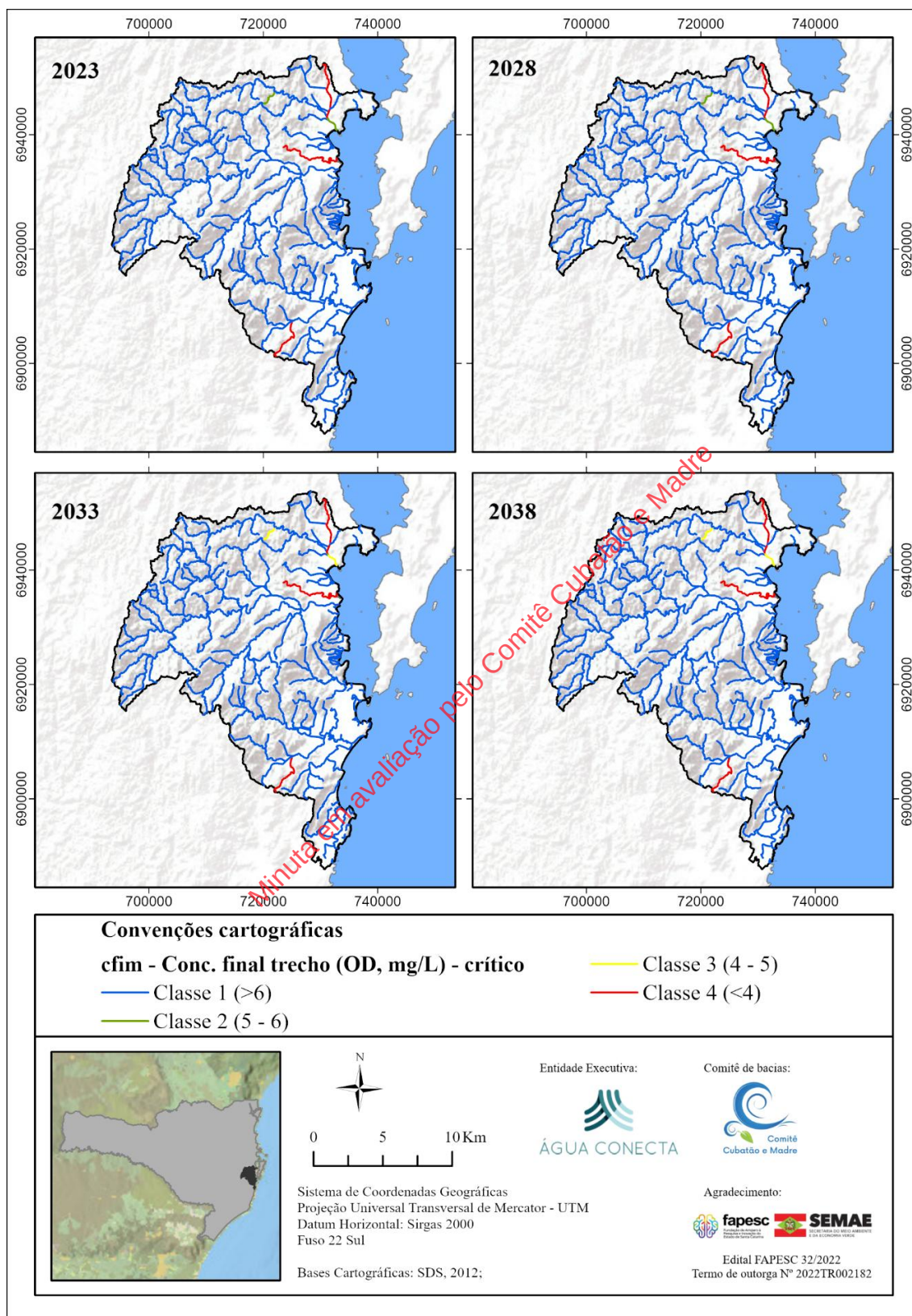
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 62 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



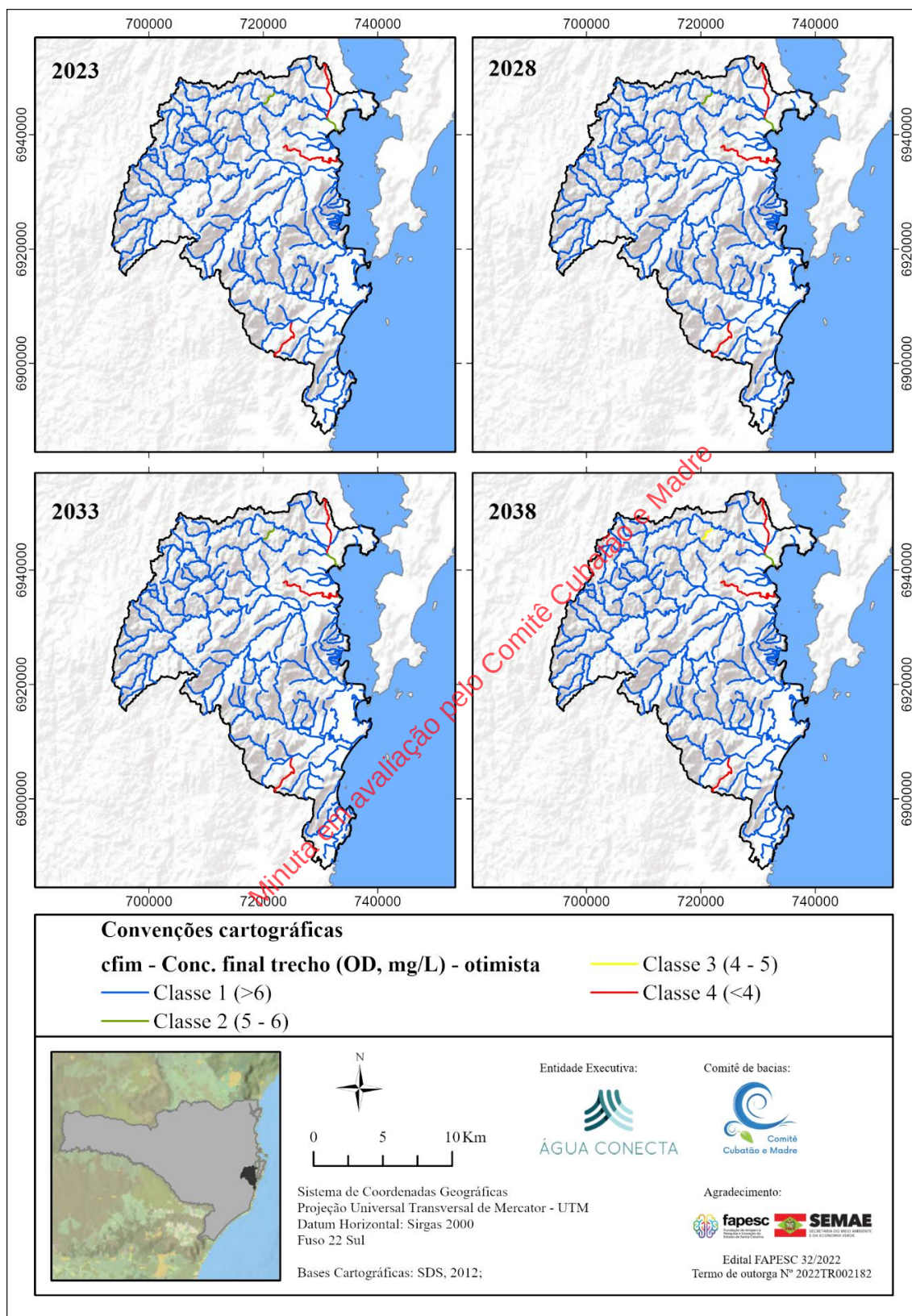
Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Figura 63 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



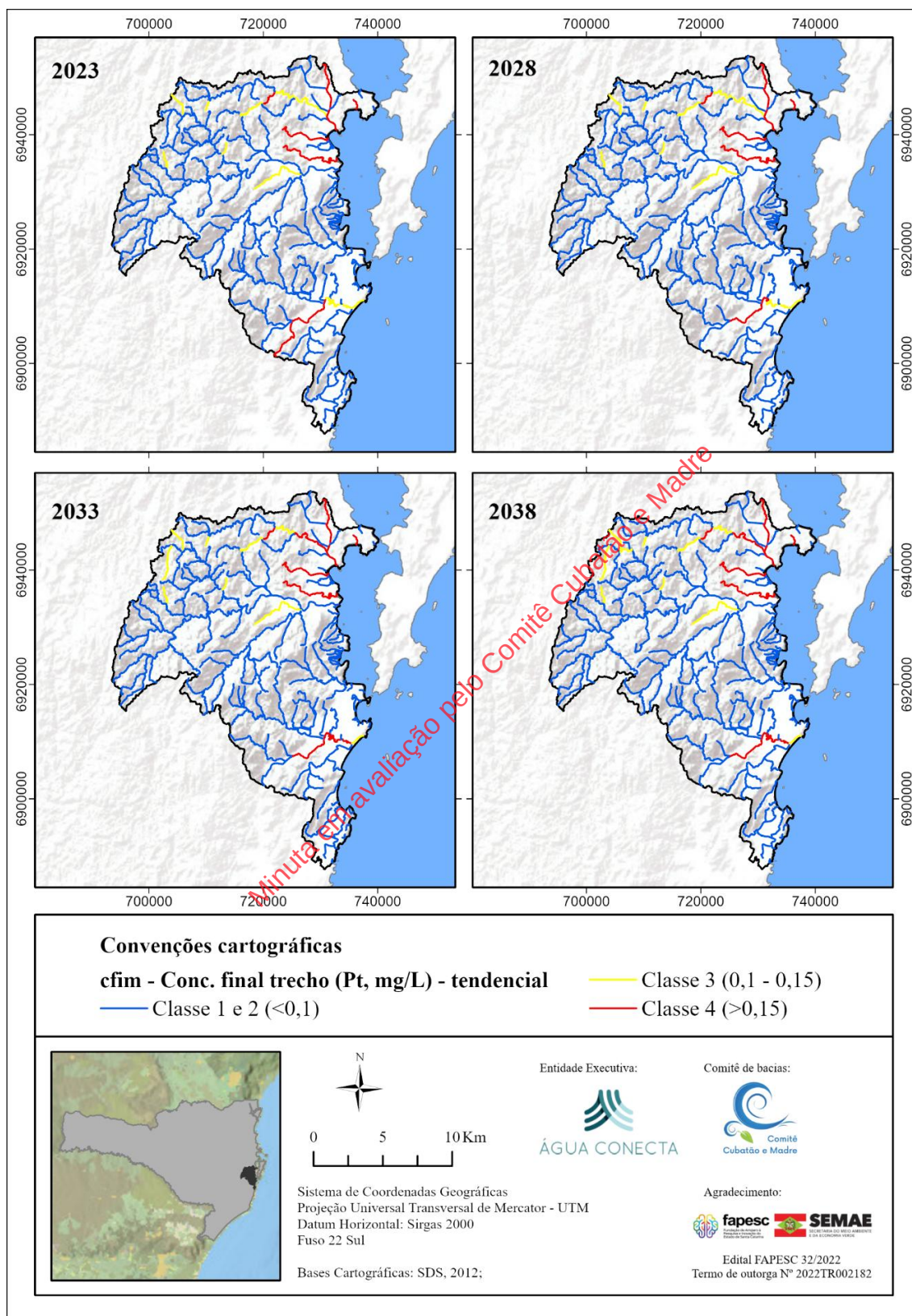
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 64 – Cenário atual (2023) e otimista para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a OD, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



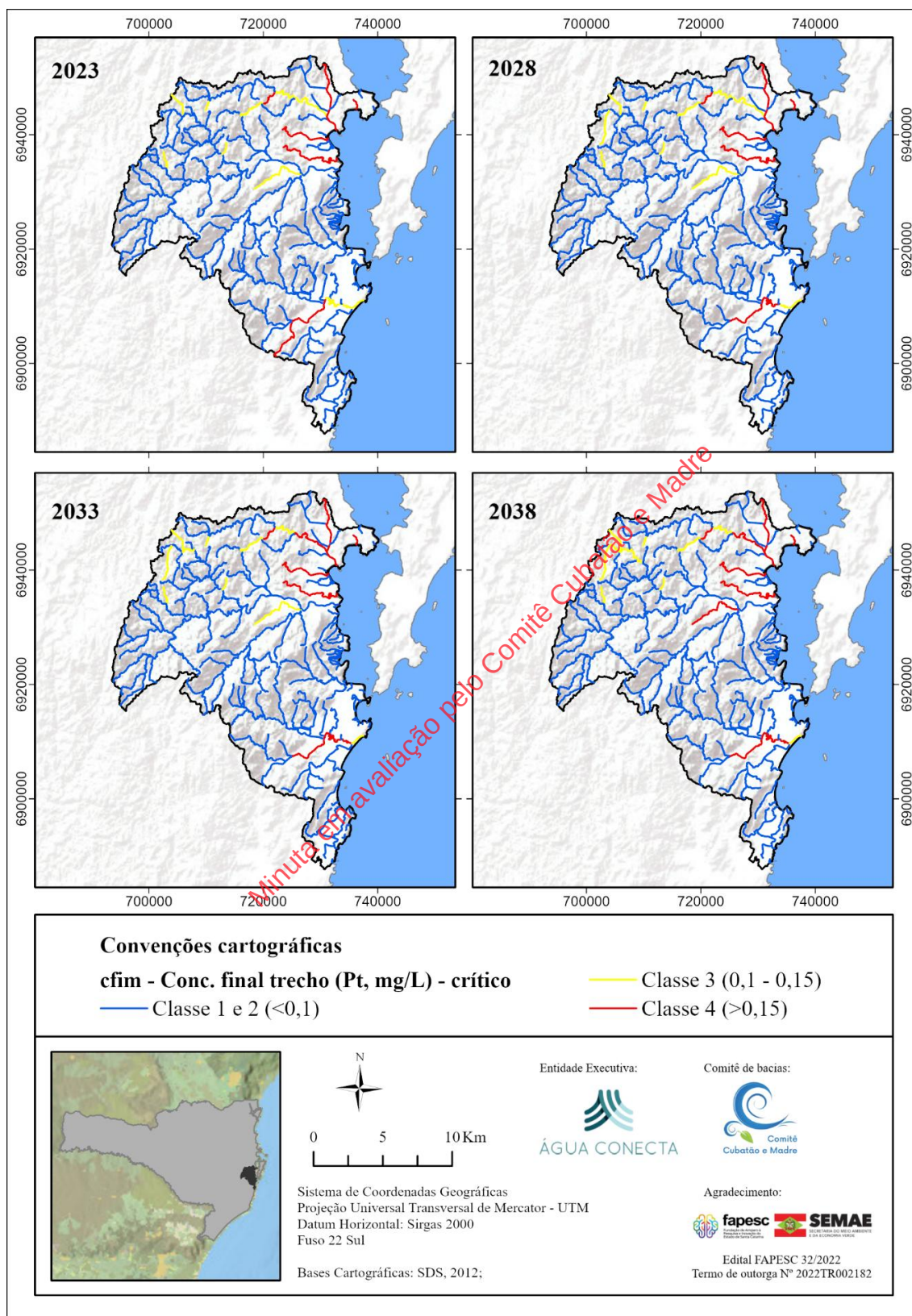
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 65 – Cenário atual (2023) e tendencial para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



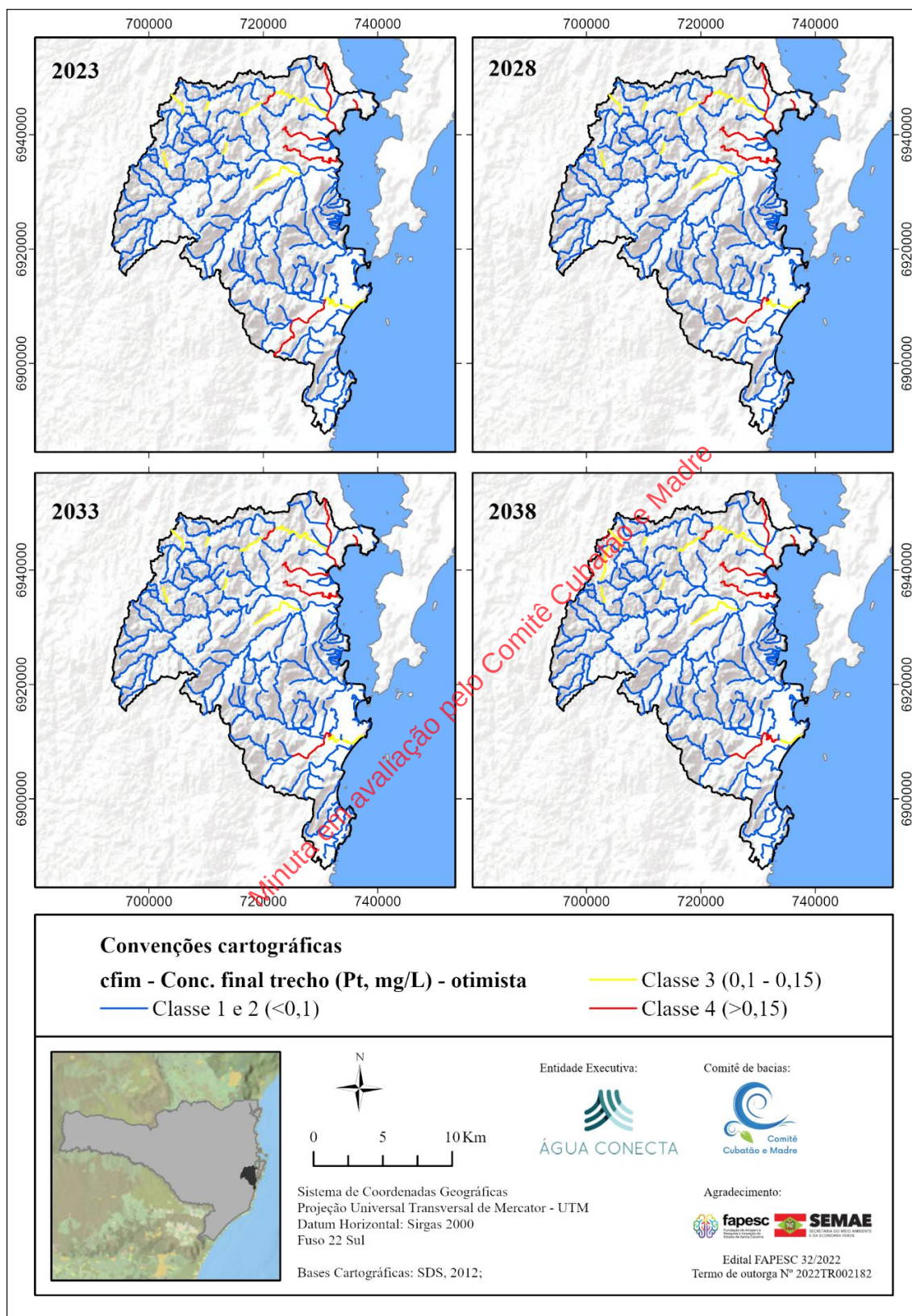
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 66 – Cenário atual (2023) e crítico para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 67 – Cenário atual (2023) e *otimista* para os horizontes curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo para a Pt, fevereiro (Cubatão) e novembro (Madre) de 2023.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Para a $DBO_{5,20}$ (Figura 59), o cenário tendencial demonstra inicialmente uma piora, de classe 1 para classe 2 – água doce, no Rio Maruim no horizonte de longo prazo (2038). No cenário tendencial, a piora da classe 1 para classe 2 – água doce também ocorreu para afluente do Rio Cubatão próximo ao Rio Vargem do Braço, resposta esta que foi repetida para o cenário crítico. O aumento da cobertura da coleta e tratamento de esgoto no longo prazo (2038) testada para o cenário tendencial (75% de atendimento), não refletiu melhoria considerável nas classes. No cenário crítico, a piora da classe 1 para classe 2 – água doce no Rio Maruim foi observada no médio prazo (2033). Para o cenário otimista, a alteração de classe no Rio Maruim não ocorre, possivelmente devido aumento da cobertura da rede de coleta e tratamento de esgoto, atribuída a este cenário, no qual foi simulada a cobertura da rede de esgoto nos municípios atingindo 90% no médio (2033) e longo prazo (2038). O Rio Aririú e o Ribeirão Forquilha em todos os cenários e horizontes simulados apresentou compatibilidade com a Classe 4 – água doce. Os resultados indicam que a fonte de contaminação $DBO_{5,20}$ é localizada na região urbana, próximo a Grande Florianópolis.

Para o OD, considerando o cenário tendencial, também ocorreu piora na qualidade da água para o Rio Maruim, que passou de classe 2 para classe 3 – água doce, na foz do Rio Maruim, no médio prazo (2033). O mesmo resultado ocorreu para o cenário crítico. No cenário otimista verificou-se o adiamento da piora da qualidade da água para o longo prazo (2038), em que foi observada alteração da classe 2 para classe 3 – água doce, na foz do Rio Maruim. O Rio Aririú, Ribeirão Forquilha e afluente do Rio das Cachoeiras em todos os cenários e horizontes apresentou compatibilidade com a Classe 4 – água doce para OD. De forma geral, os resultados do parâmetro OD que indicam que a fonte de contaminação desse parâmetro é localizada na região urbana, próximo à Florianópolis.

O parâmetro relacionado à pior deterioração da qualidade da água ao longo dos horizontes nos cenários utilizados na UPG 8.2 – Cubatão, foi o Pt, no entanto, este parâmetro não foi propriamente calibrado no SADPLAN, devendo ser analisado com cautela. Para este parâmetro, os cenários e horizontes simulados demonstraram a maioria dos principais trechos hídricos compatíveis com as classes 3 e 4 – água doce, por exemplo, Rio Maruim, Ribeirão Forquilha, Rio Passa Vinte, Rio Aririú, afluentes do Rio Cubatão, Rio das Cachoeiras e o Rio da Madre. No cenário tendencial, alterações localizadas em afluentes de classe 1 para classe 3 – água doce também ocorreram, sendo que a partir do médio prazo (2033) boa parte baixa do Rio Maruim e Rio da Madre se torna compatível com a classe 4 – água doce. Resultado similar aconteceu no cenário crítico, assim como a parte baixa (próximo a foz) do Rio da Madre (classe 4 – água doce) no horizonte de curto prazo (2028).

Também no cenário crítico, ocorre uma piora nos afluentes e rios de cabeceira do Rio Caldas do Norte. Em relação a cenário otimista, mesmo com o atingimento da rede coletora de saneamento em 90% nos municípios da UPG 8.2 – Cubatão a partir do médio prazo (2033), ainda existem trechos de rios com classes compatíveis com a classe 3 e 4 – água doce. Cabe destacar que o Pt possui os valores máximos permitidos muito restritivos, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), inclusive quando comparados às condições naturais. Os resultados de Pt indicam contaminação do tipo difusa, refletindo que além da falta de esgotamento sanitário, existem outras fontes de contaminação, como a agricultura e a pecuária, pois há problemas de contaminação tanto nas regiões mais urbanizadas, quanto nas áreas com baixo adensamento populacional.

Para coliformes termotolerantes, no Diagnóstico (Capítulo 3), a situação atual no Rio Maruim, Rio Caldas do Norte, Rio Cubatão, Rio das Cachoeiras, Rio Linhares e afluentes atualmente já são compatíveis com as classes 3 e 4 – água doce. Assim, com o aumento da demanda e o crescimento demográfico espera-se um agravamento da situação.

Dos trechos analisados, alguns merecem destaque, como o Ribeirão Forquilha, o Rio Aririú, e o afluente do Rio das Cachoeiras. Considerando os três parâmetros analisados – DBO_{5,20}, Pt e OD – e horizontes de planejamento e cenários testados, estes rios apresentaram-se na pior condição de qualidade da água, classe 4 – água doce.

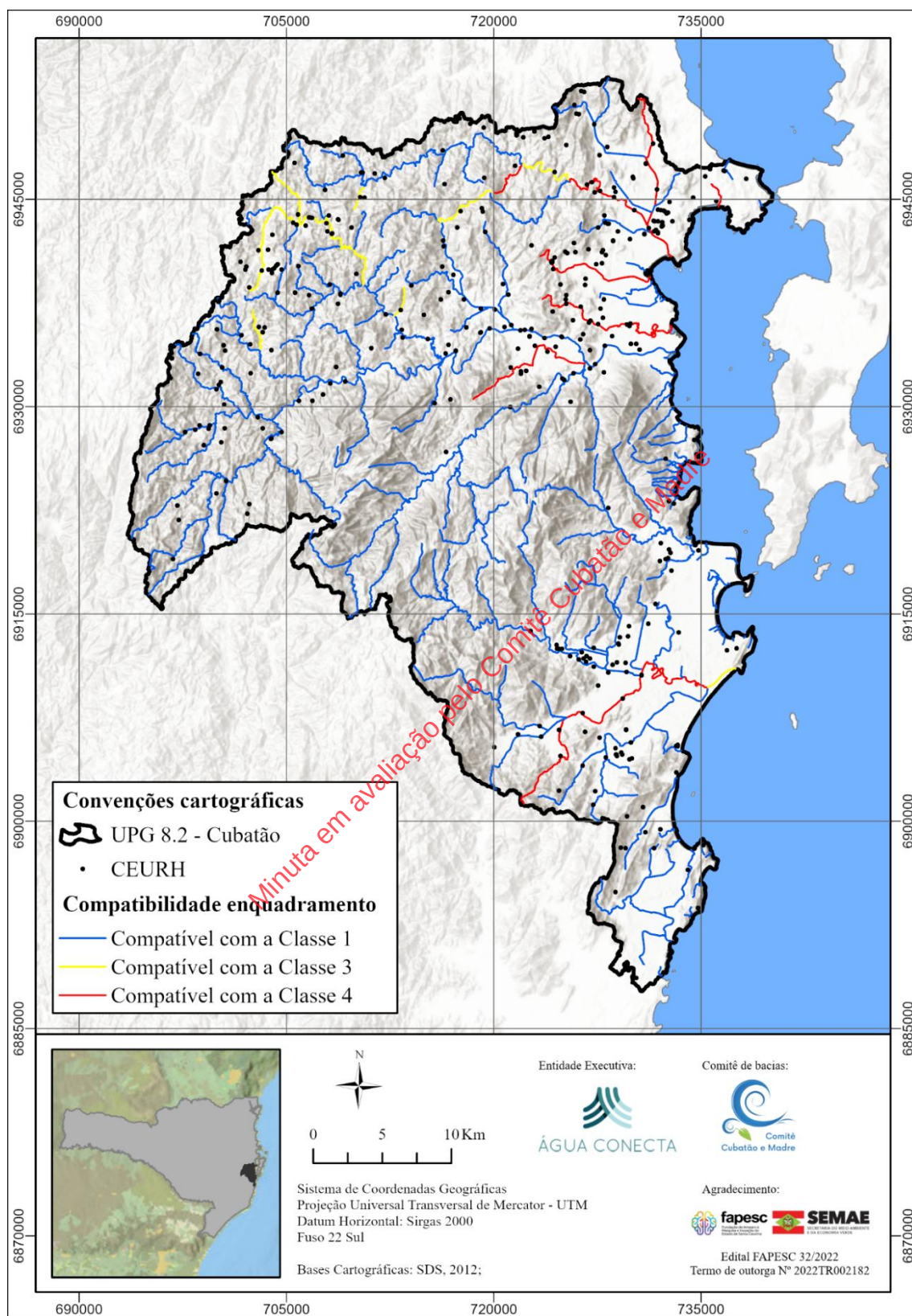
4.4.3. Água Salobra

O SADPLAN não possui a interface para cálculo de balanço qualitativo em água salobra. Assim, para a elaboração da proposta de enquadramento, serão considerados os resultados da qualidade da água dos pontos localizados na zona de potencial salobro, apresentados no Diagnóstico (Capítulo 3). Esses trechos serão englobados aos resultados dos cenários testados na etapa do Prognóstico para água doce, e quando necessário, a classe referente ao enquadramento da água salobra será ajustada.

4.4.4. Integração das classes por trecho no cenário crítico

Abaixo foi apresentado o resultado da situação que considera a pior classe em cada trecho, somando-se o resultado dos parâmetros disponíveis no cenário crítico (Figura 68).

Figura 68 – Integração das classes dos parâmetros por trecho de rio no cenário crítico na UPG 8.2
– Cubatão



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Especialmente, a região litorânea da UPG 8.2 – Cubatão, apresentou as piores classes de água, quando considerados, em conjunto, os cenários críticos de $DBO_{5,20}$, Pt e OD, tornando compatível principalmente com as classes 3 e 4 – água doce. Vale destaque para o Rio Maruim, Rio Aririú, Rio Passa Vinte, Rio das Cachoeiras e Rio da Madre.

4.5. USOS PRETENSOS DE RECURSOS HÍDRICOS

4.5.1. Superficiais – água doce

Durante o desenvolvimento do PRHCM (Santa Catarina, 2018c), em sua Etapa – D: Prognóstico das demandas hídricas da bacia hidrográfica dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas, uma dinâmica com os membros do Comitê Cubatão e Madre foi realizada (Apêndice 7 – Oficinas de enquadramento participativo). Houve três oficinas de enquadramento nos dias 22, 24 e 25 de maio de 2018, nos municípios de Paulo Lopes, Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz, respectivamente (Santa Catarina, 2018c). As oficinas de enquadramento tiveram por objetivo proporcionar aos atores participantes (representantes de órgãos públicos, lideranças comunitárias, empresários, agricultores, pescadores, organizações não governamentais e demais usuários de água) a oportunidade de discutir e definir: (i) a condição atual dos rios, “o rio que temos”; (ii) as condições de qualidade desejada, “o rio que queremos”; e (iii) pactuar as metas de evolução com “o rio que podemos ter” (Santa Catarina, 2018c). Os participantes foram estimulados a identificar os principais usos da água na UPG 8.2 - Cubatão. Ao final da oficina, os participantes construíram um mapeamento participativo do “rio que temos”, destacando a situação atual dos recursos hídricos na bacia (Santa Catarina, 2018c).

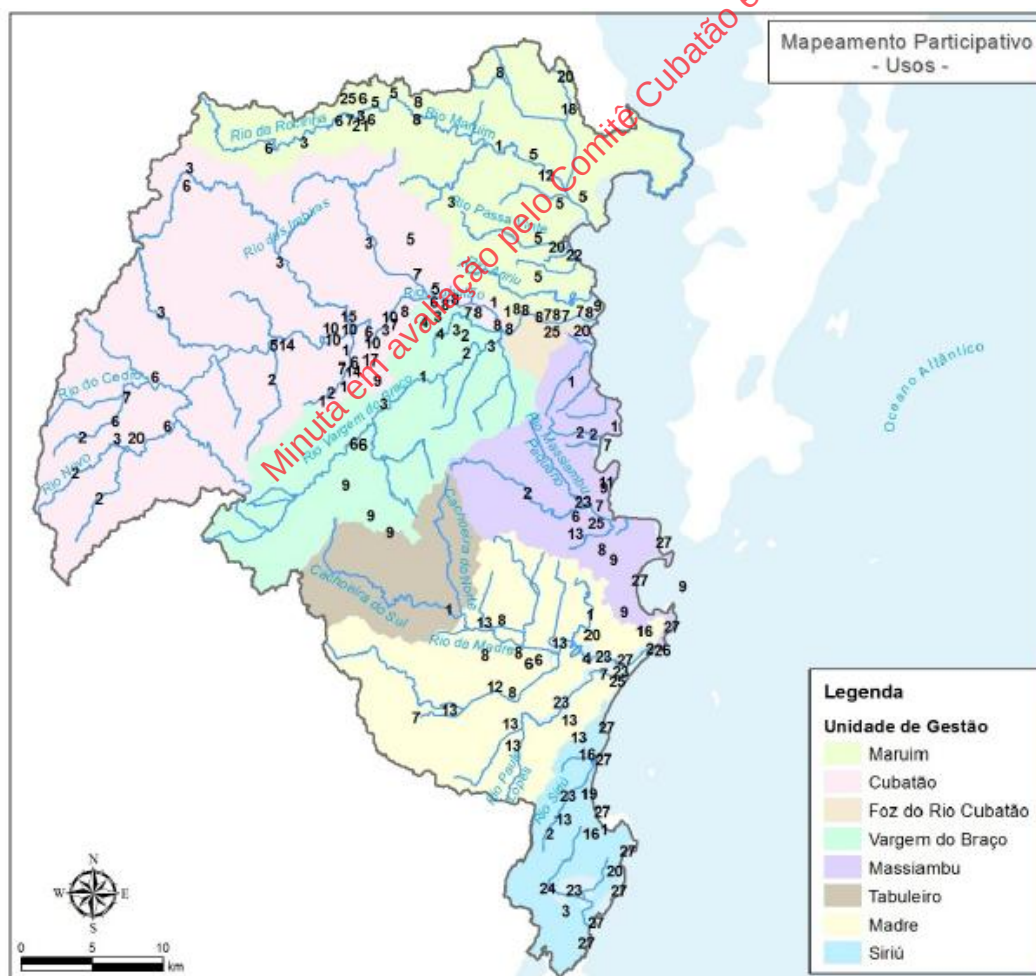
Em relação a usos dos recursos hídricos, foram identificados 27 usos nas bacias hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias Contíguas (Quadro 20).

Quadro 20 – Usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento

ID	Usos	ID	Usos	ID	Usos
1	Abastecimento público	10	Rafting	19	Extrativismo (butiá)
2	Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia	11	Terra indígena	20	Geração de energia elétrica
3	Criação animal	12	Agricultura	21	Hospital / complexo detenção
4	Diluição de efluentes	13	Agricultura familiar	22	Parque Municipal da Palhoça
5	Indústria	14	Águas termais	23	Pesca artesanal
6	Irrigação	15	Aquicultura	24	Pesque e pague
7	Maricultura e/ ou Pesca	16	Captação subterrânea	25	Recreação a Motor
8	Mineração	17	Comunidade quilombola	26	Uso recreativo (surf)
9	Parque Estadual Serra do Tabuleiro e APAS	18	Estação de Tratamento de Esgoto	27	Turismo

Fonte: Santa Catarina (2018c)

Figura 69 – Espacialização dos usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento



Fonte: Santa Catarina (2018c)

No Quadro 21 apresentam-se os principais usos para cada UG, Unidade de Gestão, da UPG 8.2 – Cubatão (Figura 69).

Quadro 21 – Usos identificados por UG nas oficinas participativas de enquadramento

UG	Usos identificados (Santa Catarina, 2018c)
Maruim	1 - Abastecimento público, 3 - Criação animal; 5 – Indústria, 6 – Irrigação, 7 - Maricultura e/ ou Pesca, 12 - Agricultura, 18 - Estação de Tratamento de Esgoto, 20 - Geração de energia elétrica, 21 - Hospital / complexo detenção, 22 - Parque Municipal da Palhoça, e 25 - Recreação a Motor
Cubatão	1 - Abastecimento público, 2 - Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia; 3 - Criação animal, 5 – Indústria, 6 – Irrigação, 7 - Maricultura e/ ou Pesca, 8 - Mineração, 10 – Rafting, 14 - Águas termais, 15 – Aquicultura, 17 - Comunidade quilombola, e 20 - Geração de energia elétrica
Foz do Cubatão	1 - Abastecimento público, 7 - Maricultura e/ ou Pesca, 8 – Mineração, 9 - Parque Estadual Serra do Tabuleiro e APAS, 25 - Recreação a Motor
Vargem do Braço	1 - Abastecimento público, 2 - Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia 3 - Criação animal, 4 -Diluição de efluentes, 6 – Irrigação, e 9 - Parque Estadual Serra do Tabuleiro e APAS
Massimabu	1 - Abastecimento público, 2 - Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia, 6 – Irrigação, 7 - Maricultura e/ ou Pesca, 8 – Mineração, 9 - Parque Estadual Serra do Tabuleiro e APAS, 11 - Terra indígena, 13 - Agricultura familiar, 23 - Pesca artesanal, 26 - Uso recreativo (surf) e 27 - Turismo
Cachoeiras	1 - Abastecimento público
Madre	1 - Abastecimento público, 2 - Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia, 4 - Diluição de efluentes, 6 – Irrigação, 7 - Maricultura e/ ou Pesca, 8 – Mineração, 12 – Agricultura, 13 - Agricultura familiar, 16 - Captação subterrânea, 20 - Geração de energia elétrica, 23 - Pesca artesanal, 25 - Recreação a Motor, 26 - Uso recreativo (surf) e 27 - Turismo
Siriú	1 - Abastecimento público, 2 - Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia; 3 - Criação animal, 13 - Agricultura familiar, 16 - Captação subterrânea; 19 - Extrativismo (butiá), 20 - Geração de energia elétrica, 23 - Pesca artesanal, 24 - Pesque e pague, e 27 - Turismo

Fonte: adaptado de Santa Catarina (2018c)

4.6. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

4.6.1. Enquadramento das águas subterrâneas

Cabe mencionar que o enquadramento das águas subterrâneas ainda não é realizado no contexto estadual e nacional, atribuído inclusive à ausência e dificuldade de obtenção de informações sistematizadas de qualidade da água, que caracterizem os aquíferos. Este trabalho, pretende avançar no enquadramento das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão, principalmente visando a obtenção dos valores de referência de qualidade (VRQ) para os aquíferos presentes no estado de Santa Catarina, especificamente na região Leste do estado.



A Resolução CONAMA nº 396/2008 define Valor de Referência de Qualidade (VRQ) como a concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea.

Para tanto, foi desenvolvido o levantamento dos usos preponderantes e pretensos das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão. Este resultado é um recorte de uma análise que considerou todo o agrupamento leste do estado de SC, que contempla as UPGs 7.1 - Itajaí, 7.2 – Camboriú, 8.1 – Tijucas e 8.2 – Cubatão. Cabe ressaltar que os aquíferos não seguem a delimitação da bacia hidrográfica, por isso, podem ser analisados em conjunto com outras unidades de planejamento e gestão.

4.6.2. Usos pretensos das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão

A caracterização dos usos preponderantes das águas subterrâneas é fundamental para as etapas posteriores como a determinação dos VRQs e a proposta de enquadramento, pois a qualidade das águas subterrâneas pode restringir alguns usos.

O estudo apresentado foi realizado para além dos limites da UPG 8.2 – Cubatão, visto que os aquíferos presentes na UPG 8.2 extrapolam seus limites. Nesta análise, considerou-se os usos preponderantes para todos os usuários cadastrados (CEURH e SIOUT-SC, dados de 2023). Para tanto, os dados foram reclassificados de acordo com os usos considerados na Resolução CONAMA nº 396/2008, sendo eles: consumo humano, dessedentação de animais; irrigação e recreação. Todos os cadastros foram reclassificados dentro desses quatro usos supracitados, e para aqueles que não se enquadravam nas classes supracitadas, considerou-se a categoria “outros usos”. No Quadro 22 encontram-se discriminados os usos e a nova classificação, de acordo com a resolução CONAMA

396/2008.

Quadro 22 – Reclassificação dos usos de recursos hídricos subterrâneos segundo a Resolução CONAMA 396/2008 considerando dados das UPGs 7.1 – Itajaí, 7.2 – Camboriú, 8.1 – Tijucas e 8.2 – Cubatão

	Usos cadastrados	Usos conforme CONAMA 396/2008
CEURH	Abastecimento Público	Consumo Humano
	Industrial	Outros Usos
	Irrigação	Irrigação
	Outros Usos	Outros Usos
	Criação Animal	Dessedentação de animais
	Aquicultura	Dessedentação de animais
	Mineração	Outros Usos
	Esgotamento Sanitário	Outros Usos
SIOUT	Consumo humano	Consumo humano
	Fornecimento de água a terceiros	Consumo humano
	Abastecimento público	Consumo humano
	Abastecimento comunitário	Consumo humano
	Irrigação	Irrigação
	Criação animal	Dessedentação de animais
	Piscinas	Recreação
	Paisagismo	Outros Usos
	Consumo agroindustrial ⁽¹⁾	Irrigação
	Industrial	Outros Usos
	Atividades comerciais	Outros Usos
	Industrial	Outros Usos
	Vasos sanitários e/ou mictórios	Outros Usos
	Lavagem de veículos	Outros Usos
	Limpeza geral	Outros Usos
	Obra de infraestrutura	Outros Usos
	Atividade produtiva para subsistência ⁽²⁾	Irrigação
	Sistema de combate a incêndios	Outros Usos

Notas: ⁽¹⁾ “A agroindústria representa a convergência entre a produção agrícola e a indústria de processamento, criando um sistema integrado que transforma matérias-primas provenientes da agricultura em diversos produtos de valor agregado.” (Brasil, 2021); ⁽²⁾ “A agricultura de subsistência é uma forma de produção agrícola que tem como objetivo principal a produção de alimentos para garantir a sobrevivência do agricultor, de sua família e da comunidade em que está inserido.” (Neto, 2023)

O principal uso das águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão, considerando as classes de uso estabelecidas na Resolução CONAMA 396/2008, é consumo humano e, em menor escala, dessedentação animal e irrigação (Figura 70). Na análise quantitativa dos dados, para as três principais zonas aquíferas da UPG 8.2 - Cubatão, os aquíferos fraturados de menor potencialidade do tipo af2; os aquíferos sedimentares de maior potencialidade do tipo as1 e os aquíferos sedimentares de menor potencialidade do tipo as2, o uso preponderante é o consumo humano (Tabela 29), que contempla o maior número de usuários de recursos hídricos subterrâneos de acordo com os cadastros do CEURH e SIOUT-SC (2023).

Outro uso que merece destaque na UPG 8.2 – Cubatão é a dessedentação de animais, sendo o mais representativo para áreas onde praticamente não existem aquíferos (tipo na_1).

Tabela 29 – Quantidade de usuários cadastrados (CEURH, SIOUT-SC) por usos preponderantes de recursos hídricos subterrâneos para UPG 8.2 – Cubatão.

Zona aquífera (sigla)	Descrição	Consumo Humano	Dessed. animais	Irrigação	Outros usos	Recr.	TOTAL
af2	Aquíferos fraturados de menor potencialidade	16	8	9	72	-	105
as1	Aquíferos sedimentares de maior potencialidade	20	3	-	3	-	26
as2	Aquíferos sedimentares de menor potencialidade	18	5	3	14	-	40
na_1	Áreas praticamente sem aquíferos	1	10	3	15	-	29

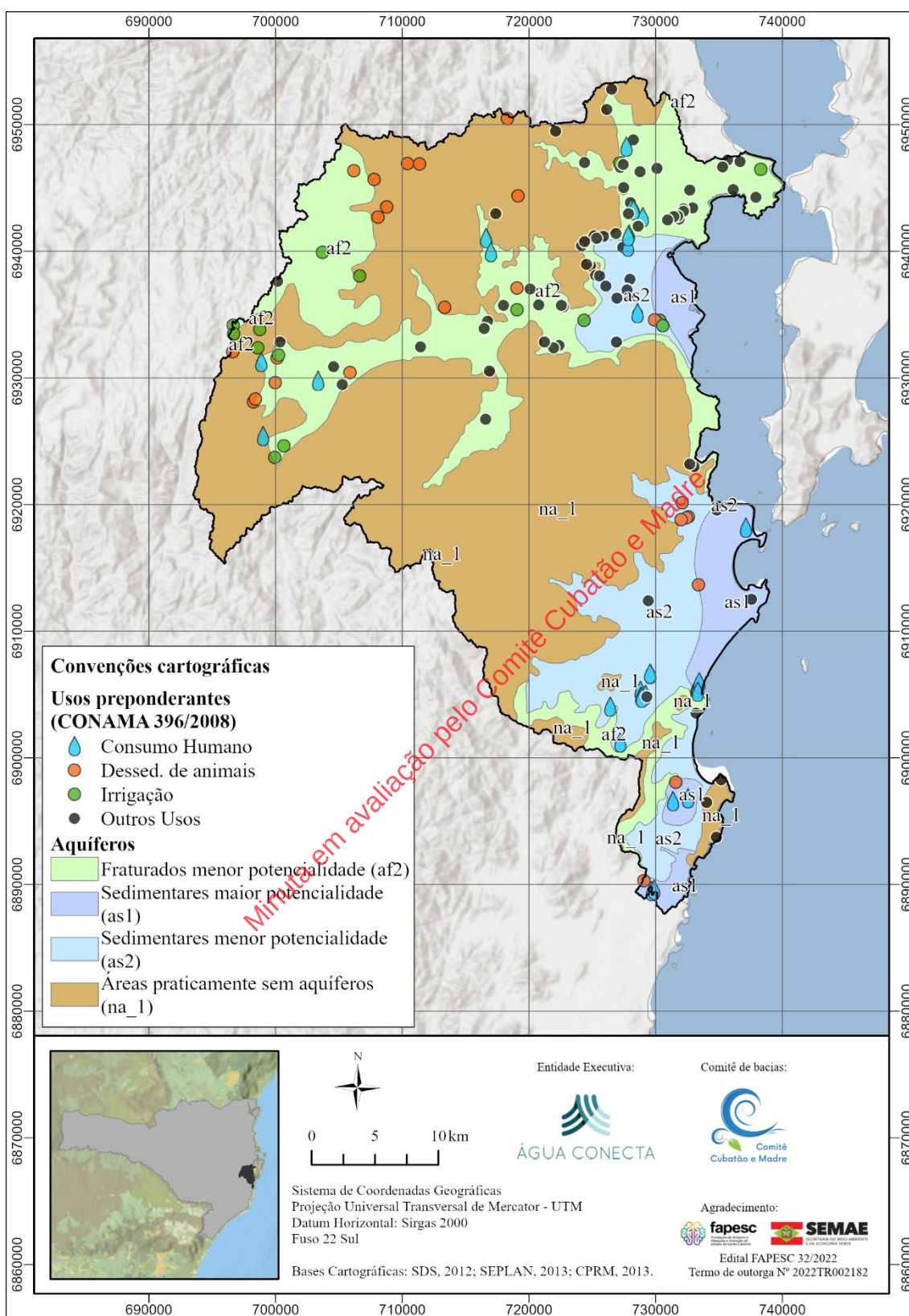
Nota: números **em negrito** indicam a quantidade de usuários cadastrados para o uso preponderante, de acordo com os usos da Resolução CONAMA nº 396/2008. Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Cabe ressaltar que a maioria dos usuários (52%) tiveram de ser reclassificados como “outros usos”, visto que são usos que não estão contemplados na Resolução CONAMA 396/2008, como industrial, limpeza em geral, lavanderia, lavagem de veículos, piscinas, obra de infraestrutura e atividades comerciais, estes não se encontram nesta avaliação.

Em relação aos usos pretensos, assumiu-se que o panorama de desenvolvimento da UPG 8.2 – Cubatão, dentro dos cenários e da escala de tempo considerados (até 2038), que não será suficiente para alterar os usos preponderantes de água.

Considerando o maior tempo de resposta das águas subterrâneas frente às alterações na qualidade da água, ocasionado pelo tempo de recarga dos aquíferos, neste trabalho, supõe-se que não haverá alteração nos aspectos qualitativos nos horizontes de planejamento (2028, 2033 e 2038) e cenarização considerada (tendencial, crítico e otimista). Além do fator tempo de recarga dos aquíferos, soma-se a capacidade do extenso perfil do solo e das rochas em “filtrar” naturalmente a água durante a infiltração em subsuperfície, até que alcance os aquíferos.

Figura 70 – Distribuição dos usos preponderantes na UPG 8.2 – Cubatão e aquíferos.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Retomando informações do Diagnóstico (Capítulo 3), na análise hidroquímica da água bruta subterrânea (item 3.5.2) constatou-se a presença dos parâmetros ferro (Fe), manganês (Mn), fluoreto (F⁻), cloreto (Cl⁻). Além disso, alguns metais pesados (chumbo, arsênio e selênio) foram identificados nas águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão com valores iguais ou superiores ao VMP do uso mais restritivo estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008 (Tabela 19 e Figura 71). Apesar de baixos teores (provavelmente próximos aos limites de detecção do equipamento utilizado para medição), esses pontos requerem atenção, considerando que são elementos relacionados às atividades antrópicas, e visto que não se espera a presença de contaminantes, principalmente, em poços profundos.



A Resolução CONAMA nº 396/2008 define Valor Máximo Permitido (VMP) como o limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

Ressalta-se que é necessária uma análise mais aprofundada de interpretação considerando os valores naturais desses parâmetros nos sistemas aquíferos estudados, chamado de VRQ – valor de referência de qualidade. Adicionalmente, destaca-se que Fe e Mn são parâmetros naturalmente encontrados em maiores teores nos aquíferos presentes na UPG 8.2 – Cubatão, conforme previamente apresentado.

No Diagnóstico (Capítulo 3) foram identificadas anomalias de fluoreto em áreas próximas à região costeira (Figura 71) e em poços localizados próximos ao Rio Cubatão, aparentemente localizadas nos aquíferos do tipo af2 e as2. Ressalta-se, como já mencionado, que anomalias de flúor podem estar associadas às características hidrogeológicas locais ou influência antrópica, especialmente em regiões agrícolas devido à aplicação de fertilizantes (Nanni, 2008 *apud* Santa Catarina, 2018e). Na região desses sistemas aquíferos onde os poços com indicativos de anomalias de fluoreto se localizam, o uso preponderante inclui o consumo humano, o que indica necessidade de adoção de tecnologias específicas para remoção deste íon da água, como osmose reversa.

Também foram identificados pontos com teores de ferro acima do VMP para consumo humano em poços localizados, majoritariamente, nas zonas aquíferas as1 e as2 (Tabela 19, Figura 68). Tecnologias de tratamento precisam ser adotadas para sistemas de abastecimento de água, já que este parâmetro pode alterar os aspectos organolépticos da água. Em relação ao manganês os pontos com valores acima do VMP para consumo humano

e dessedentação de animais estão localizados nas zonas aquíferas af2 e na_1, o que também pode interferir nestes usos.

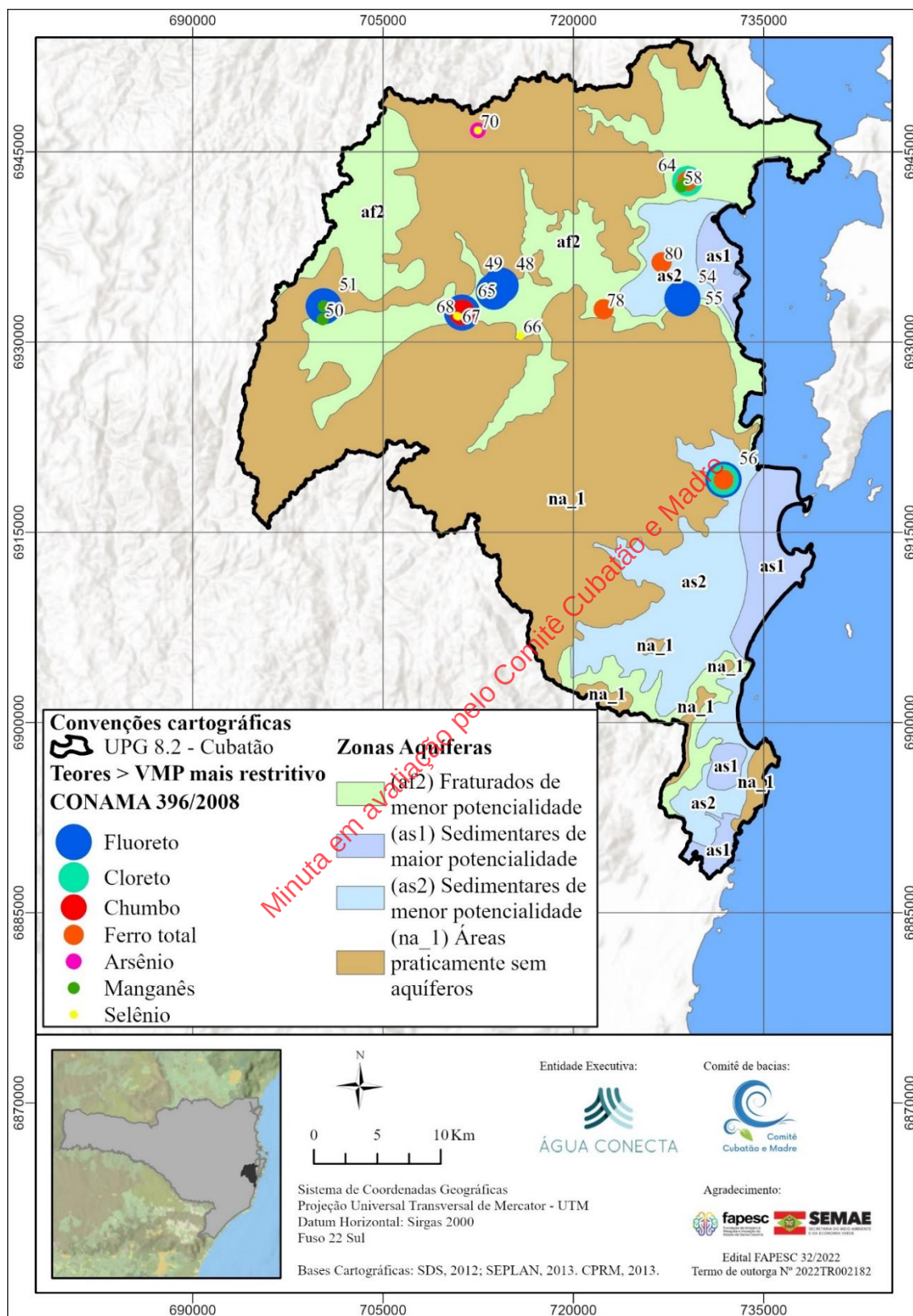
Ainda neste sentido, recomenda-se atenção para os pontos onde foram detectados os metais pesados chumbo, arsênio e selênio (Figura 71), uma vez que, tecnologias específicas (geralmente de alto custo) são necessárias para tratamento da água e remoção desses elementos (ex. troca iônica; ultrafiltração; extração líquido-líquido; osmose reversa). Estes poços localizam-se nos aquíferos do tipo af2 e na_1, cujos usos preponderantes são consumo humano e dessedentação de animais, respectivamente (Tabela 23).

O poço 70 (São Pedro de Alcântara) apresentou teor de As baixo ($20 \mu\text{g/L}$), mas que excede o VMP para o sistema aquífero e o uso preponderante no local, o consumo humano. Para os demais usos (dessedentação de animais e recreação) o VMP não foi excedido.

Em relação ao Pb, o teor verificado para o poço 65 (Santo Amaro da Imperatriz) ($20 \mu\text{g/L}$) é superior ao VMP para consumo humano – uso preponderante no sistema aquífero af2 – indicando uma possível restrição de uso. Para os demais usos previstos na Resolução CONAMA 396/2008 (dessedentação de animais, recreação e irrigação) os teores não extrapolam o VMP, indicando que a água tem qualidade suficiente para o atendimento. Ressalta-se que apesar de concentrações baixas, a presença de chumbo geralmente é atribuída à contaminação antrópica e torna-se mais preocupante tendo em vista as grandes profundidades dos poços avaliados (superiores a 100 m). Assim, é relevante que sejam efetuadas novas análises em amostras de água subterrânea provenientes dos poços dessa área.

Por fim, o selênio apresentou teores superiores ao VMP para o uso preponderante (consumo humano) em 4 poços e também para dessedentação animal em um poço (Tabela 19, Figura 71). A identificação e localização dos poços pode ser encontrada na Figura 71.

Figura 71 – Distribuição dos poços que apresentam restrição de uso da água subterrânea (com base no VMP da Resolução CONAMA 396/2008) na UPG 8.2 – Cubatão.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

As restrições de usos apontadas, recaem, principalmente, sobre o consumo humano, e não possuem relação com o sistema aquífero, já que esses poços encontram-se distribuídos na área da UPG 8.2 – Cubatão e pertencem a todos os aquíferos (Figura 71). Apesar da maioria das concentrações dos poços estarem dentro dos VMPs da Resolução CONAMA 396/2008 para maior parte dos parâmetros, alguns encontram-se precisamente no limite do VMP para os usos mais restritivos e merecem atenção, visto que podem estar relacionados à problemas de contaminações pontuais (Tabela 17).

É importante ressaltar a importância dos poços utilizados para captação de água subterrânea estarem de acordo com as normas Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT – NBR 12212 e NBR 12244 – que versam sobre o projeto e a construção de poço tubular para captação de água subterrânea, respectivamente. Neste estudo, assume-se que o projeto e a construção dos poços utilizados, assim como as informações apresentadas estão de acordo com as normas previstas.

Ressalta-se a importância da continuidade do monitoramento e avaliação qualiquantitativa dos recursos hídricos subterrâneos, principalmente em razão dos pontos em que se verificou parâmetros teores acima dos VMP da Resolução CONAMA 396/2008.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

5. ASSEMBLEIA PÚBLICA

De forma complementar, para validar a Proposta de Enquadramento da UPG 8.2 – Cubatão (Santa Catarina, 2018c), disponibilizada no Plano de Bacia, foi realizada uma Assembleia Pública, na Prefeitura de Palhoça em 26 de novembro de 2024 (Figura 72).

Foram realizadas ações de divulgação deste evento, tanto por meio das redes sociais, associação de municípios (GRANFPOLIS), divulgação interna entre os membros do Comitê Cubatão e Madre, assim como para a sociedade civil e outras instituições envolvidas.

Durante a Assembleia Pública houve uma etapa inicial de alinhamento conceitual, para água subterrânea e para água superficial, além de dinâmica (com uma bacia hidrográfica hipotética) para que participantes entendessem o que era necessário observar e pontuar para melhoria na proposta de enquadramento. Em seguida foi apresentada a Proposta de Enquadramento da UPG 8.2 – Cubatão para as águas superficiais. Para facilitar o entendimento e otimizar o tempo dos participantes, foi apresentada apenas a proposta de enquadramento das águas superficiais para o horizonte de planejamento de longo prazo (2038). Os horizontes intermediários (2028 e 2034) são construídos a partir do diagnóstico e do horizonte final.

Em relação às águas subterrâneas, os participantes tiraram várias dúvidas, sobre o funcionamento do enquadramento, pois este possui uma lógica distinta a água superficial. Assim, opinaram sobre as classes de enquadramento propostas. Propuseram trabalhar no conceito de conservação da qualidade da água, mantendo-se a classe atual encontrada, nos horizontes de planejamento. Salienta-se que as águas subterrâneas majoritariamente são compatíveis com a classe 2, em função de suas características naturais.

Figura 72 – Grupos por UGs nas Oficinas de Enquadramento para validação da proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão.



Os produtos gerados na Assembleia Pública para o Enquadramento foram digitalizados (Figura 73 e Figura 74) e utilizados para ajustar a Proposta de Enquadramento, inicialmente apresentada.

Com base nas discussões ocorridas na Assembleia Pública houve validação e ajuste das classes de enquadramento previamente propostas, tendo em vista os usos da água em escala local e as expectativas e os anseios dos membros do Comitê e da sociedade civil. Esta etapa foi realizada por meio da divisão do público em grupos, considerando os limites das UGs, os municípios e os representantes dos usos dos recursos hídricos. Assim, os participantes puderam dar sugestões sobre o enquadramento dos trechos de interesse, comparando a classe da situação atual (diagnóstico) e a meta de enquadramento (último cenário).

Um ponto destacado na Assembleia Pública, foi em relação as classes de água, que foram melhoradas em alguns trechos conhecidos por membros e pela sociedade. Houve também destaque para programas e atividades em relação ao monitoramento da ictiofauna, organismos fito bentônicos e de toxicidade. Também foi informado por órgão municipais de meio ambiente a falta de algumas Unidades de Conservação, que não estavam atualizadas em relação ao arquivo nacional.

Outro ponto destacado pelos participantes foram as áreas previamente definidas como água salobra, que sofrem influência da cunha salina. Os facilitadores do IAC questionaram os participantes sobre a influência de áreas de água salobra nos locais previamente calculados pela equipe do IAC, tendo em vista o conhecimento local dos participantes, ou até mesmo a existência de dados/informações sobre salinidade. Foi validado com os participantes, as áreas consideradas de influência de água salobra.

Por fim, também foi solicitado ajuste da classe de enquadramento das águas subterrâneas para as UGs Madre e Massiambu (Figura 73 e Figura 74). Primeiramente, a proposta apresentada considerava como Classe 2 as áreas adjacentes ao Parque Estadual Serra do Tabuleiro. Entretanto, foi justificado, que existe uma dinâmica de interação entre águas superficiais e subterrâneas que extrapolam a área do parque, e que apesar destas regiões pertencerem a aquíferos que foram diagnosticadas como Classe 2, localmente, suas condições são distintas. Assim, visando minimizar possíveis impactos relativos ao uso indiscriminado de águas subterrâneas, nas proximidades de unidades de conservação com alta importância local, as áreas foram readequadas como Classe 1.

UG Marumim - Proposta de Enquadramento

Convenções cartográficas

- Unidade de Gestão
- Limites dos Municípios
- Unidades de Conservação
- Área construída ou urbanizada
- Classe - CONAMA 357/2005
 - Água Doce - Classe 1
 - Água Doce - Classe 2
 - Água Doce - Especial
 - Água Salobra - Classe 1
 - Água Salobra - Classe 2
 - Água Salobra - Especial

Usos da água - CEURH

- Abast. Público
- Aquicultura
- Criação Animal
- Esgot. Sanitário
- Industrial
- Irrigação
- Mineração
- Outros Usos

UG Foz do Cubatão - Proposta de Enquadramento

Convenções cartográficas

- Unidade de Gestão
- UG Foz do Cubatão, Cubatão e Vigor do Brço
- Limites dos Municípios
- Unidades de Conservação
- Área construída ou urbanizada
- Classe - CONAMA 357/2005
 - Água Doce - Classe 1
 - Água Doce - Classe 2
 - Água Doce - Especial
 - Salobra 1
 - Salobra 2
 - Salobra especial

Usos da água - CEURH

- Abast. Público (1)
- Criação Animal (36)
- Industrial (4)
- Irrigação (91)
- Mineração (17)
- Outros Usos (19)

UG Massiambu - Proposta de Enquadramento

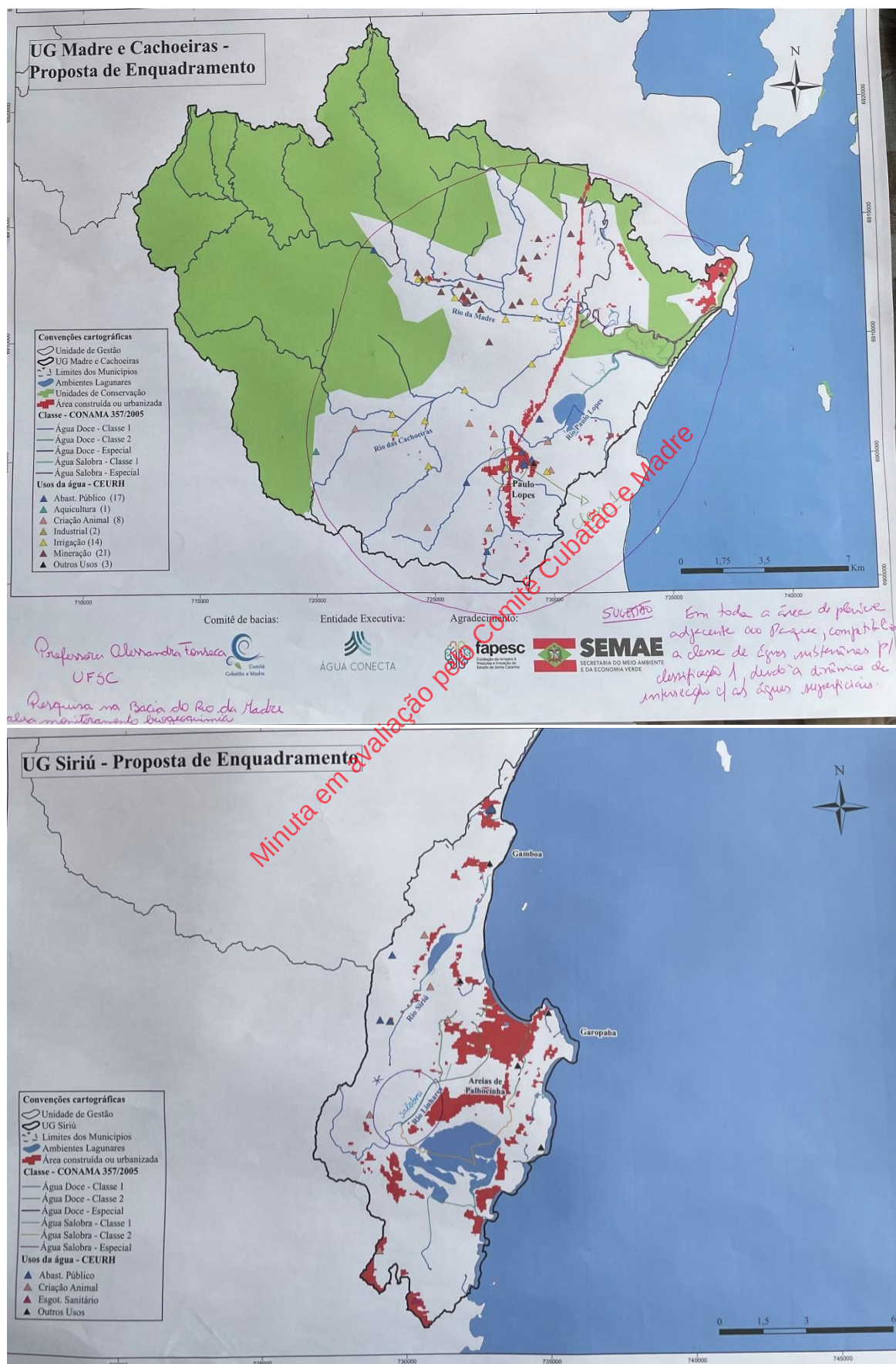
Convenções cartográficas

- Unidade de Gestão
- Massiambu
- Limites dos Municípios
- Terras Indígenas
- Unidades de Conservação
- Área construída ou urbanizada
- Classe - CONAMA 357/2005
 - Água Doce - Classe 1
 - Água Doce - Classe 2
 - Água Doce - Especial
 - Água Salobra - Classe 1
 - Água Salobra - Classe 2
 - Água Salobra - Especial

Usos da água - CEURH

- Abast. Público
- Criação Animal
- Industrial
- Irrigação
- Mineração
- Outros Usos

Figura 74 – Produtos gerados pela Assembleia Pública do Enquadramento em Palhoça para validação da proposta de enquadramento das UGs: Madre, Cachoeiras e Siriú.



6. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO

Nesta etapa foi construída a proposta de enquadramento dos recursos hídricos da UPG 8.2 – Cubatão. Primeiramente, apresenta-se a proposta de enquadramento apresentada no PRHCM (2018d). Na sequência, apresenta-se a proposta de enquadramento para a água superficial (doce e salobra), atualizada e acrescida da água subterrânea. Foram utilizados os horizontes de planejamento: curto (2028), médio (2033) e longo prazo (2038).

6.1. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DO PRHCM (2018)

No PRHCM (Santa Catarina, 2018d) foi apresentada proposta de enquadramento para os corpos de água superficiais da Bacia Hidrográfica dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas. A metodologia da proposta do PRHCM (2018d) tem como base as orientações estabelecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) no documento Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água.

A proposta de enquadramento apresentada no PRHCM apresenta apenas um horizonte, sem referência de meta (ano que se deseja alcançar a qualidade proposta). Além disso, a proposta aborda apenas os corpos hídricos superficiais de água doce (Santa Catarina, 2018d). Cabe salientar que de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, os limites dos parâmetros para a mesma classe doce e salobra são alterados.

Quanto à elaboração da proposta de enquadramento do PRHCM (2018d), inicialmente foi realizada a estimativa da qualidade das águas superficiais, para realização do balanço hídrico qualiquantitativo por meio do SADPLAN. Os resultados do balanço foram discutidos junto a comunidade nas oficinas participativas. Posteriormente, foram realizadas interações entre a equipe técnica da UFSC, os integrantes do Grupo de Acompanhamento do Plano (GAP), os integrantes do Comitê de Bacias e a SDS (antigo órgão gestor estadual, hoje SEMAE), para discussão dos resultados das oficinas participativas. A partir destas interações definiu-se a proposta de enquadramento dos cursos d'água das bacias em estudo.

6.1.1. Definição da proposta de enquadramento dos cursos d'água

A definição da proposta de enquadramento dos cursos de água da UPG 8.2 – Cubatão expressa o resultado das interações realizadas entre a UFSC, GAP, Comitê Cubatão e Madre, SDS e os participantes das oficinas de enquadramento e demais oficinas realizadas. De acordo com o PRHCM a proposta de enquadramento dos cursos d'água foi elaborada considerando:

- » Preceitos legais, Resoluções CONAMA nº357/2005 e CNRH nº 91/2008.
- » Resultados do balanço hídrico qualiquantitativo referente à situação atual das classes dos corpos d'água superficiais;
- » Resultados das oficinas de enquadramento;
- » Resultados das reuniões e diálogos sociais com entidades e prefeituras;
- » Usos e ocupação do solo da área de estudo, e suas características biogeográficas;
- » Usuários de água identificados a partir do CEURH e das oficinas participativas.

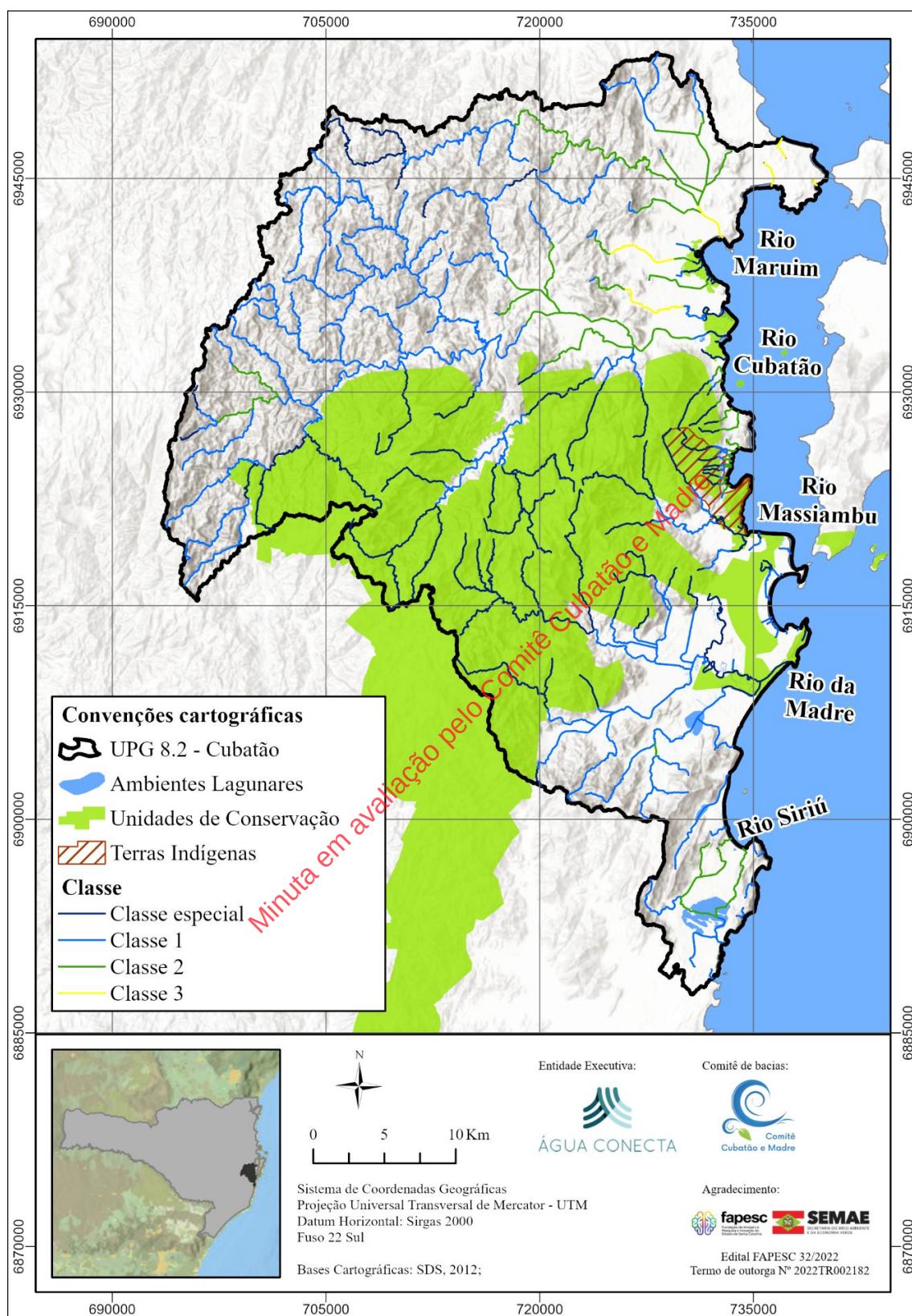
A partir dessa análise, foi elaborada a proposta enquadramento dos trechos de rios em classes e disponibilizada no PRHCM (2018d):

- » Unidades de Conservação de Proteção Integral devem ser enquadrados em Classe Especial, consoante a Resolução CONAMA nº 357/2005.
- » Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Terras Indígenas devem ser enquadrados em Classe 1, consoante a Resolução CONAMA nº 357/2005.
- » Áreas de Proteção Permanente de nascentes (50 metros a partir das nascentes) sugere-se que sejam enquadradas em Classe Especial.
- » Os trechos hídricos em áreas próximas às nascentes, densamente vegetadas e preservadas, sugeriu-se enquadramento no mínimo em Classe 1.
- » Os trechos hídricos em áreas com densa urbanização e/ou atividades como mineração e agricultura, e que a partir dos resultados do balanço hídrico qualiquantitativo estariam enquadrados em Classe 3/Classe 4, sugere-se enquadramento mínimo Classe 3.
- » Os trechos em áreas que não se enquadram nas características apresentadas nas classes Especial e 1, e que apresentam diferentes usos e ocupações do solo, sugere-se que sejam enquadrados no mínimo em Classe 2 (definido nas oficinas).

6.1.2. Proposta de enquadramento dos cursos d'água

Na Figura 75 apresenta-se a Proposta de Enquadramento disponível no PRHCM (2018d). Ressalta-se vários trechos hídricos foram enquadrados em Classe Especial por estarem inseridos em UCs de Proteção Integral. Destaca-se também a elevada quantidade de trechos enquadrados em Classe 1 na UG Madre, resultados que refletem os anseios da comunidade da região e dos participantes das oficinas de enquadramento participativo na construção do “rio que queremos” (Santa Catarina, 2018d). Entretanto, vale lembrar que a Classe 1 – água doce pode limitar algumas atividades.

Figura 75 – Proposta de enquadramento disponível no PRHCM (2018d) para a UPG 8.2 - Cubatão.



Fonte: Santa Catarina (2018d).

Para as regiões de Classe Especial, o adequado seria apenas para áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral, pois não é condizente com a qualidade da água apresentada e a densidade demográfica, normalmente associadas ao baixo índice de coleta e tratamento de esgotamento sanitário (Santa Catarina, 2018d).

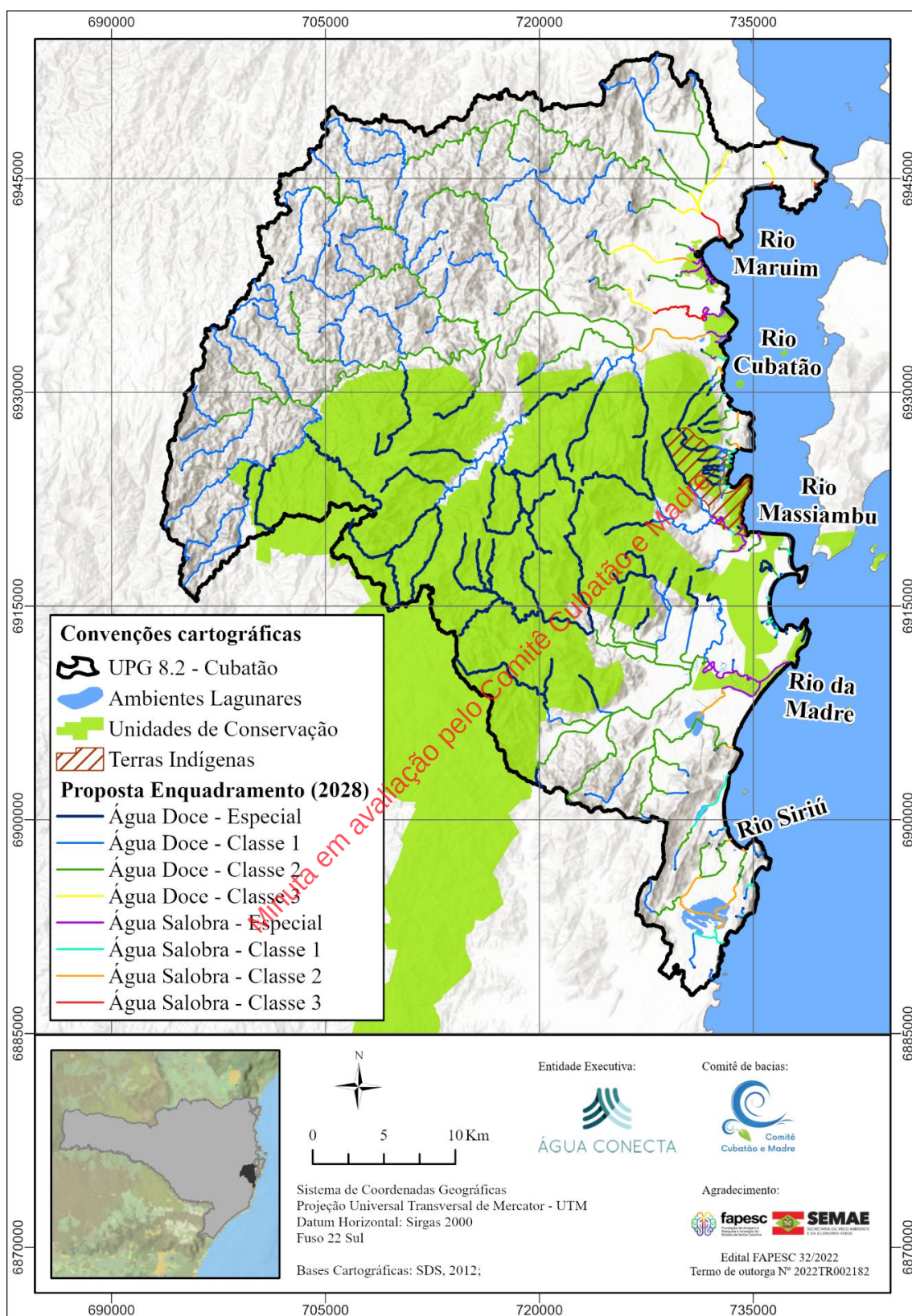
6.2. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO UPG 8.2 – CUBATÃO – ÁGUA DOCE

Salienta-se que este estudo estabeleceu os horizontes de planejamento de curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo. No entanto, como no PRHCM (2018d) houve apenas a proposição de uma única proposta de enquadramento, sem os horizontes de planejamento, a proposta de enquadramento do PRHCM (2018c) foi definida como o horizonte de longo prazo, a ser atendida até 2038. Assim, o primeiro horizonte de planejamento irá possuir uma condição de qualidade menos exigente, para que, com o passar do tempo e as ações sendo implementadas, os cenários de médio e longo prazo passam a apresentar uma condição de qualidade melhor.

A Classe Especial foi utilizada apenas para Unidades de Conservação (UCs) de Uso e Proteção Integral. Conforme apresentado na proposta do PRHCM (2018d), devido a anseios da sociedade local, a proposta de enquadramento para rios de primeira ordem e em trechos preservados foi da Classe 1 – água doce. Os trechos de rio das regiões intermediárias, nos rios principais, onde prevalecem a irrigação, aquicultura e dessedentação animal, entende-se que a classe mais adequada é a Classe 2 – água doce, que possibilita a entrada de efluentes agropecuários e industriais, desde que atendendo os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005). Nas regiões urbanizadas, considerando a baixa qualidade, sugere-se que os trechos próximos a foz sejam enquadrados progressivamente na Classe 3 – água doce e posteriormente na Classe 2 – água doce. Para trechos de rios que estejam fortemente urbanizados, a sugestão é de pelo menos manter a Classe 3 – água doce, possibilitando usos menos exigentes.

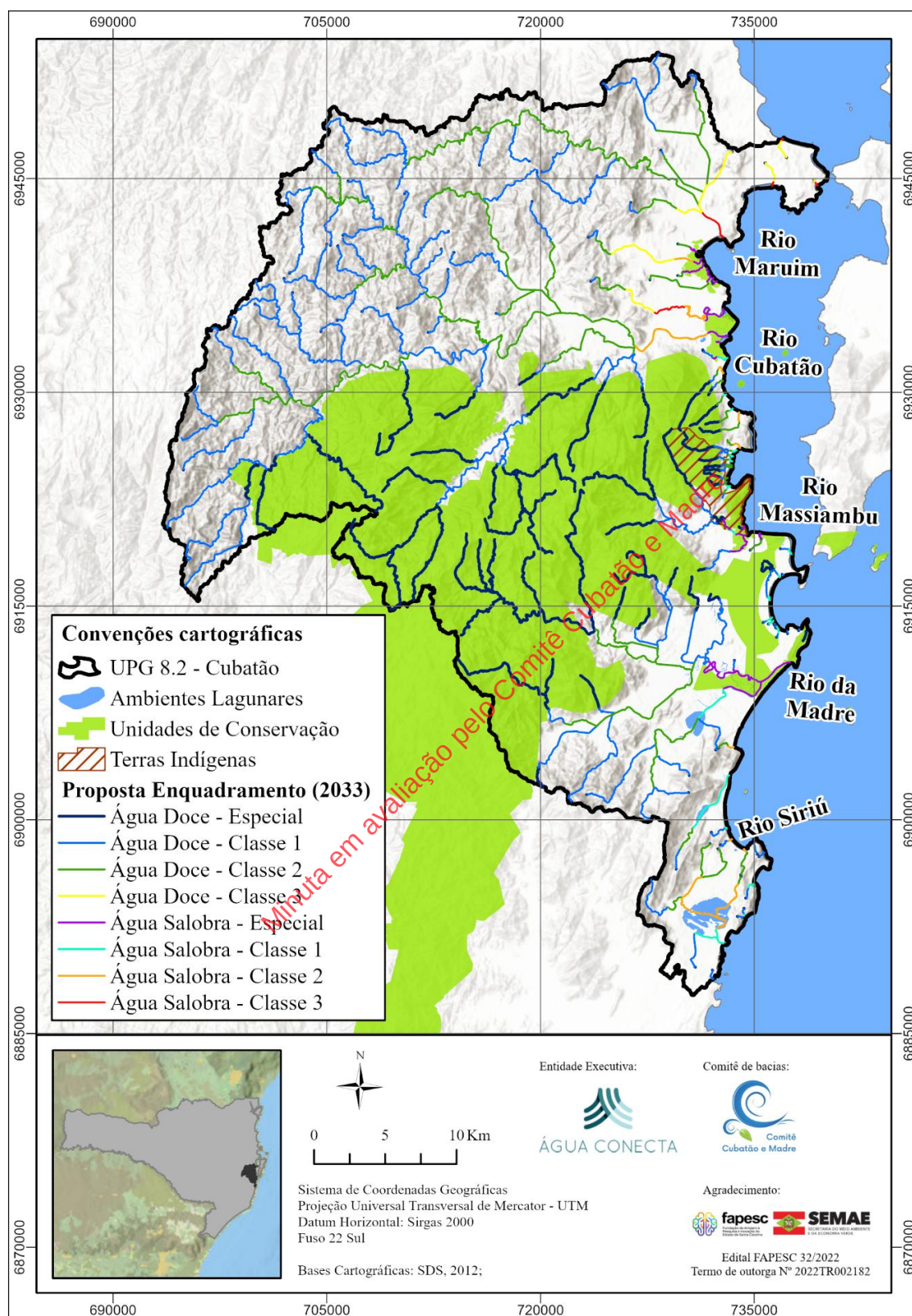
Assim, adequou-se a proposta do PRHCM e adicionou-se as metas intermediárias. Assim, a Figura 76, Figura 77 e Figura 78 demonstra a proposta de enquadramento para os horizontes de planejamento de curto (2028), médio (2033) e longo (2038) prazo.

Figura 76 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o curto prazo (2028).



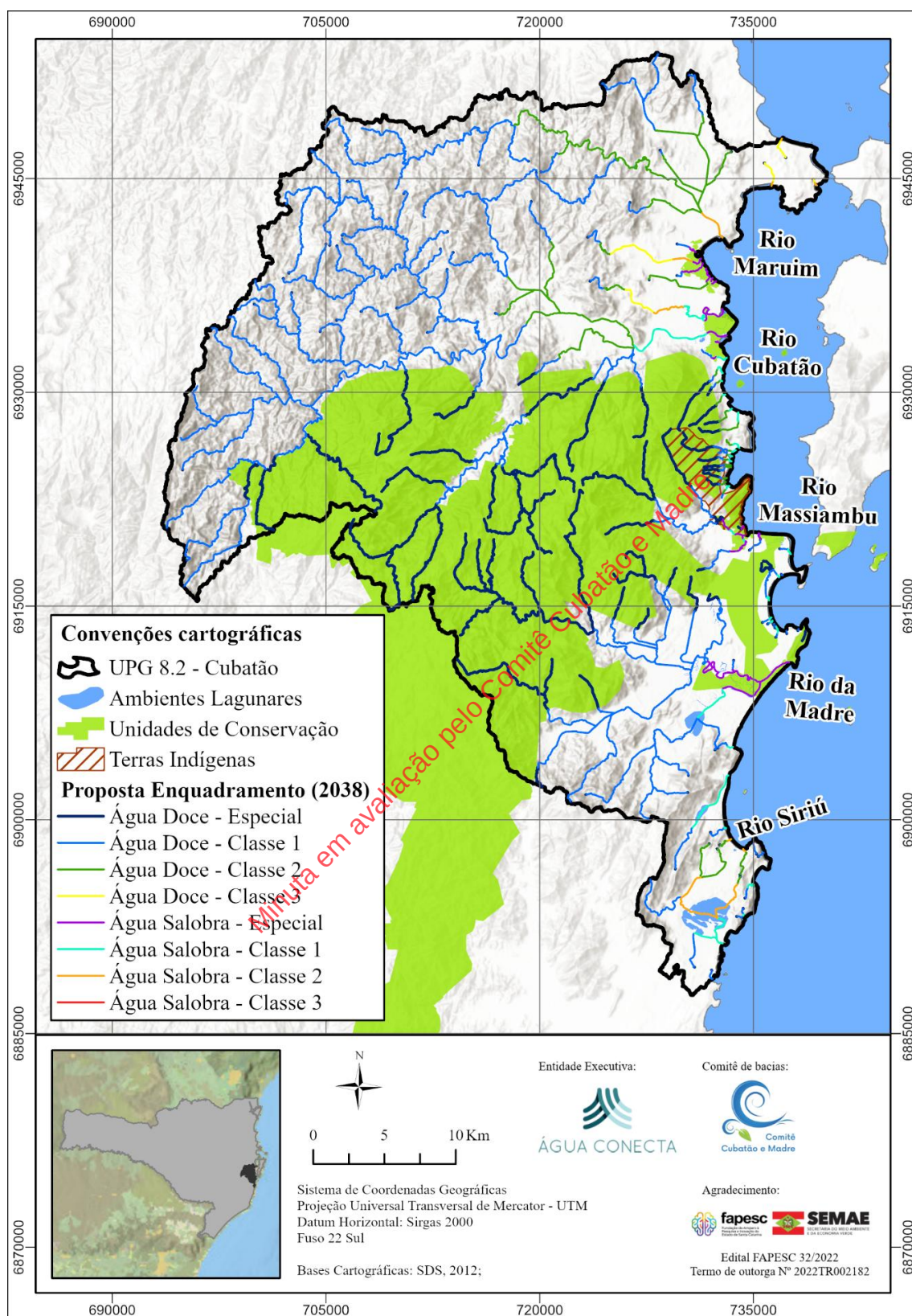
Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 77 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o médio prazo (2033).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

Figura 78 – Proposta de enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão para o longo prazo (2038).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

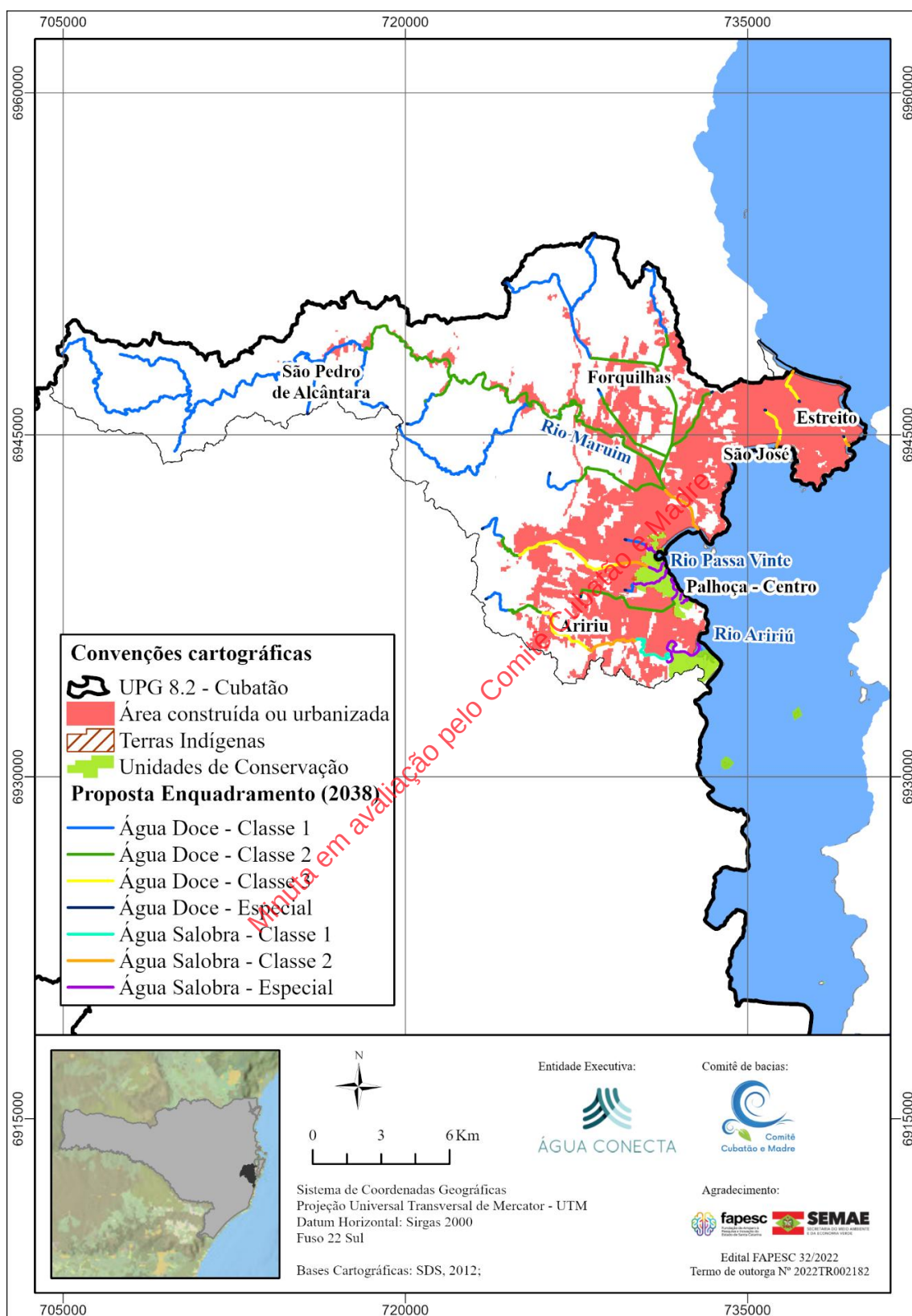
Vale menção que a proposta do PRHCM (2018) continha trechos de rios na Classe 3 – água doce, e que de acordo com o documento, caso o trecho fosse considerado salobro, iria adotar a mesma classe para a água salobra, no caso, Classe 3 – salobra. No entanto, destaca-se que a água salobra possui apenas 4 classes: Especial, Classe 1, Classe 2 e Classe 3. Esta última, permite apenas uso para navegação e harmonia paisagística. Assim, considerando a necessidade da melhoria das classes, e que a Classe 3 – salobra dispensa a maioria dos usos múltiplos, alterou-se estes locais para pelo menos Classe 2 – salobra. Adicionalmente, há que considerar que agora há a perspectiva de melhoria da cobertura e tratamento do esgoto sanitário com o Novo Marco do Saneamento Básico, Lei Federal 14026/2020.

6.3. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO (2038) POR UG

Para facilitar a visualização da proposta de enquadramento por UGs, apresenta-se a proposta para o horizonte de longo prazo (2038): Maruim (Figura 79), Foz do Cubatão, Cubatão e Vargem do Braço (Figura 80), Massimabu (Figura 81), Madre e Cachoeiras (Figura 82), e Siriú (Figura 83).

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

Figura 79 – Proposta de enquadramento da UG Maruim para o horizonte de longo prazo (2038).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Convenções cartográficas

- UPG 82 - Cubatão
- Área construída ou urbanizada
- Terras Indígenas
- Unidades de Conservação

Proposta Enquadramento (2038)

- Água Doce - Classe 1
- Água Doce - Classe 2
- Água Doce - Especial
- Água Salobra - Classe 1
- Água Salobra - Classe 2
- Água Salobra - Especial

Sistema de Coordenadas Geográficas
Projeção Universal Transversal de Mercator - UTM
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Fuso 22 Sul

Bases Cartográficas: SDS, 2012;

Entidade Executiva: **ÁGUA CONECTA**

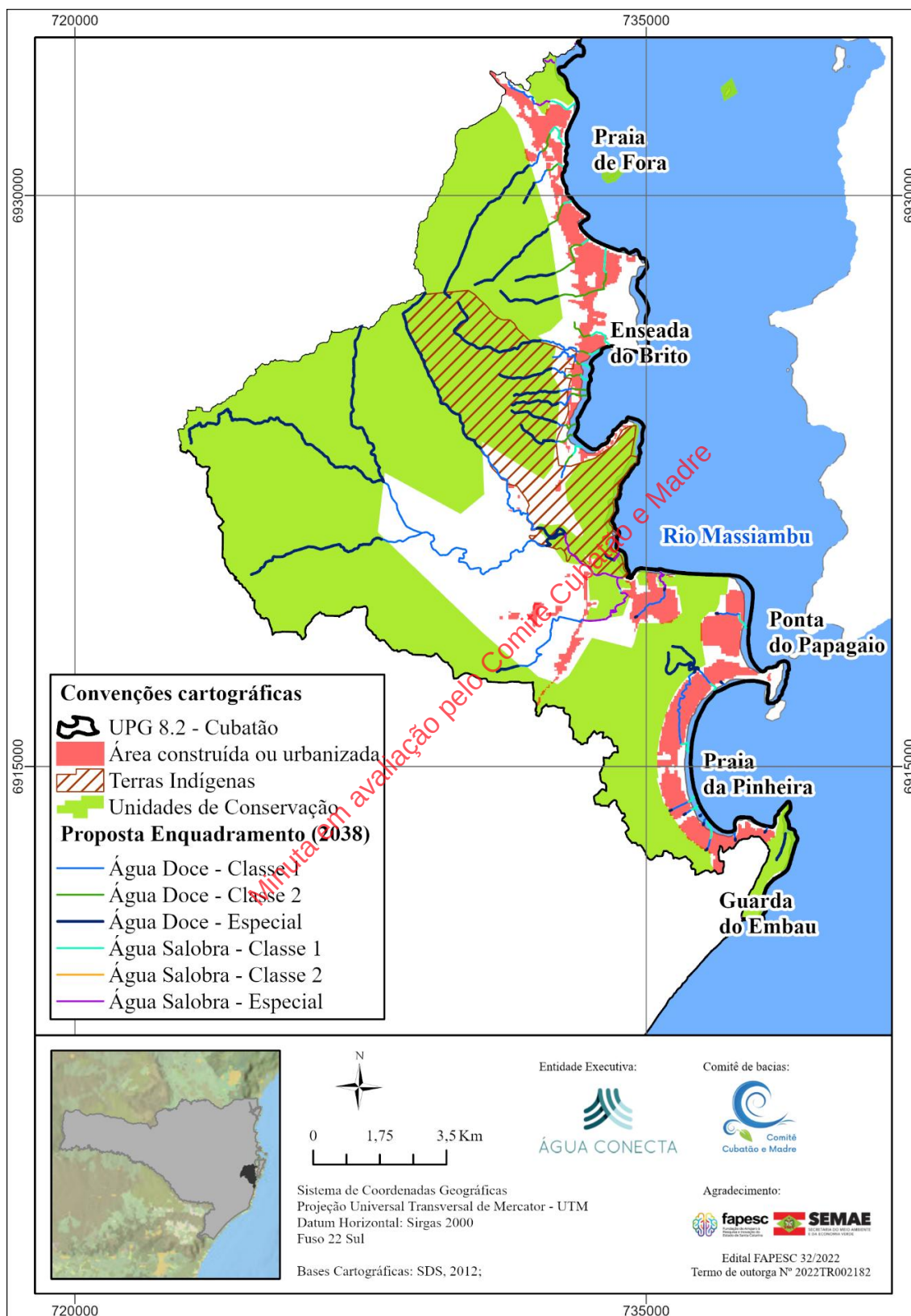
Comitê de bacias: **Comitê Cubatão e Madre**

Agradecimento: **fapesc SEMAE**

Edital FAPESC 32/2022
Termo de outorga N° 2022TR002182

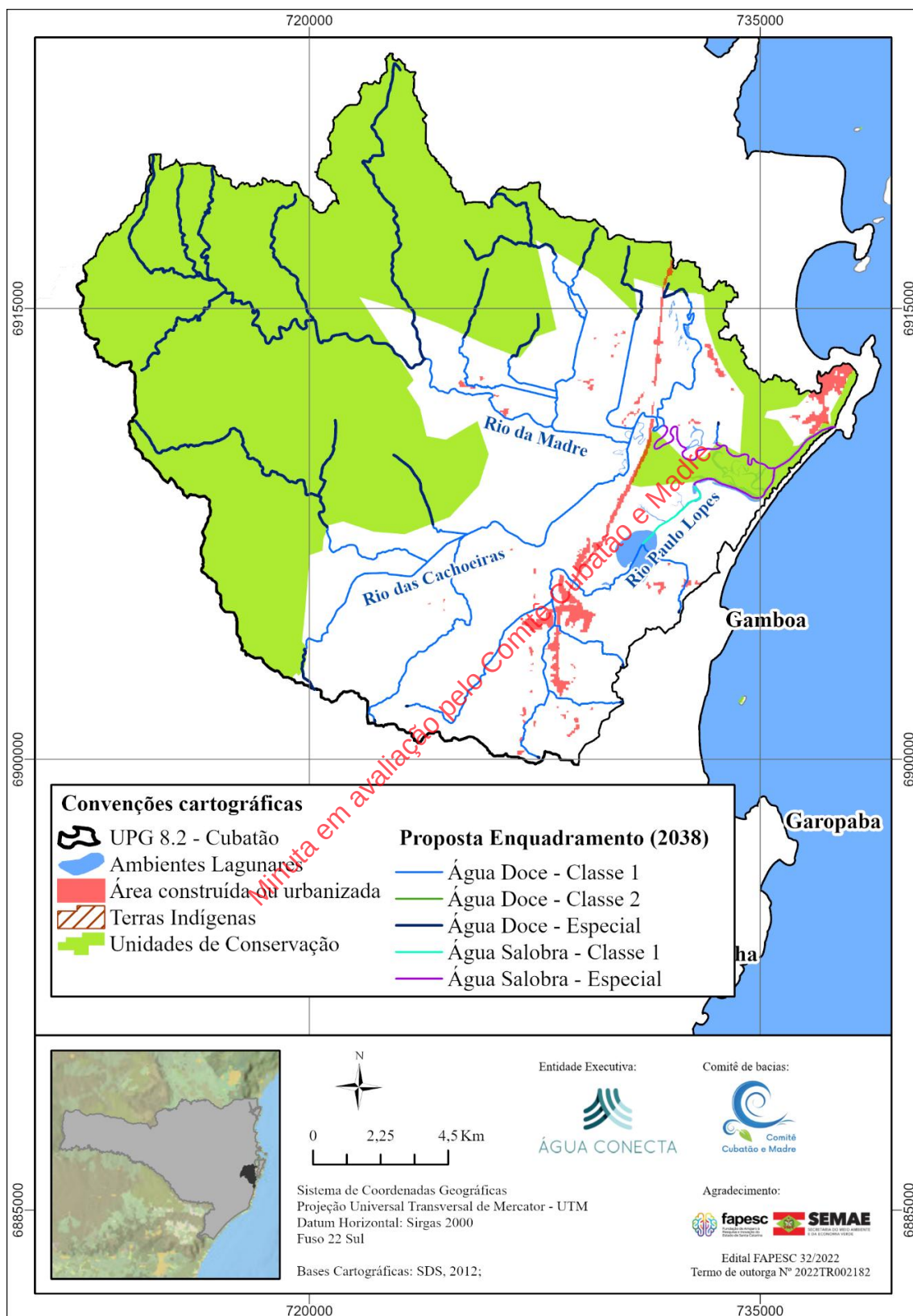


Figura 81 – Proposta de enquadramento da UG Massiambu para o horizonte de longo prazo (2038).



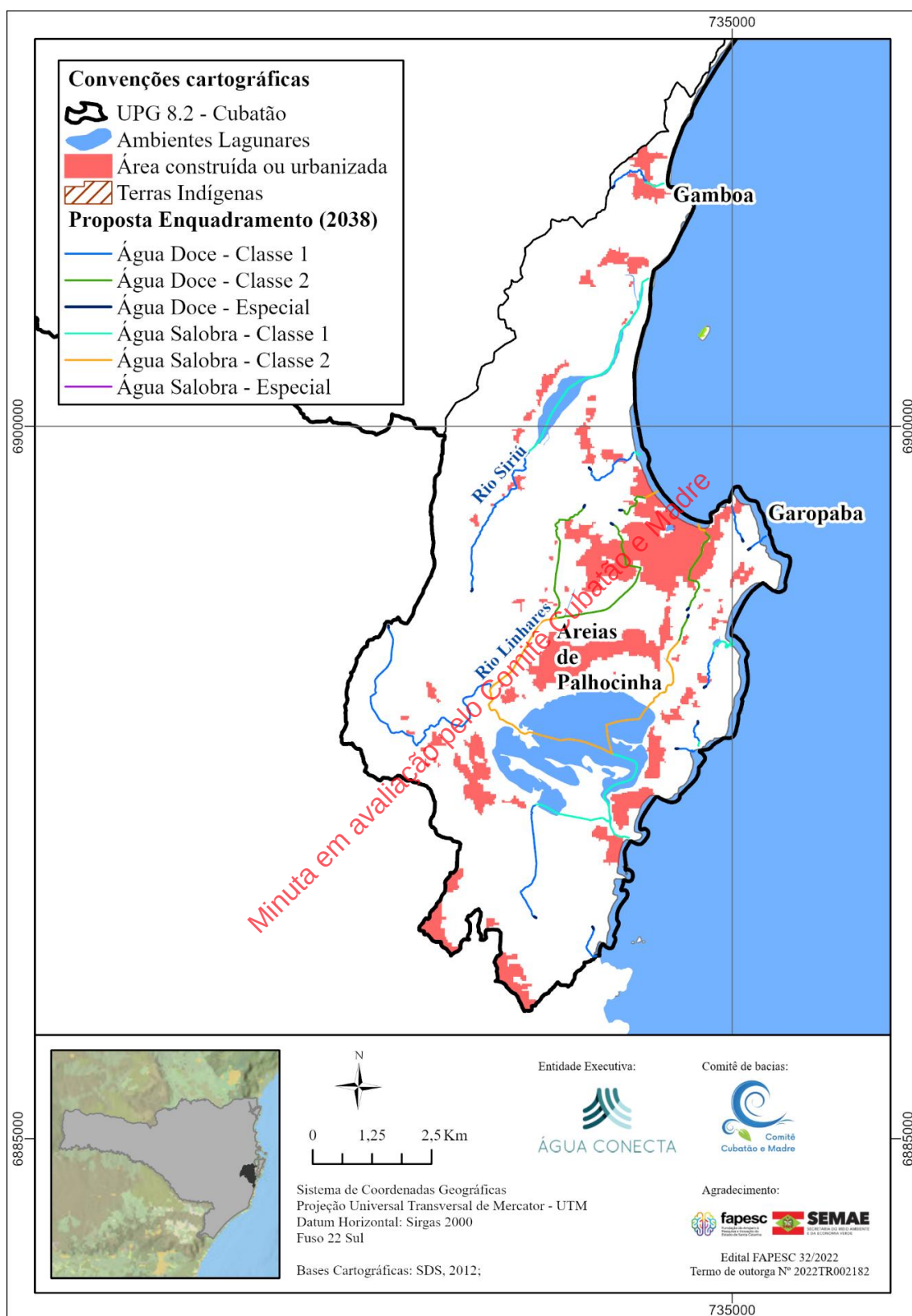
Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Figura 82 – Proposta de enquadramento da UG Madre e Cachoeiras para o horizonte de longo prazo (2038).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Figura 83 – Proposta de enquadramento da UG Siriú para o horizonte de longo prazo (2038).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

6.4. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – ÁGUA SALOBRA

Conforme apresentado no item 3.4.7. – Água salobra, a região estuarina, que atinge até a cota máxima de 1 m no modelo digital de terreno foi definida como área de transição de zona salobra. Esse valor foi adotado tendo em vista a variação média de maré no estado de Santa Catarina, que é na ordem de ~40 cm tanto positivo quanto negativo (Araújo, 2020). Para os locais em que havia dados de monitoramento de salinidade, os valores medianos por pontos de monitoramento foram considerados. Além disso, em locais onde existiam usos de culturas agrícolas, foi considerado a Classe 2 – água doce, tendo em vista que maior parte das culturas não sobrevive a utilização de água salobra.

O Rio Cubatão, conforme apresentado no capítulo do Diagnóstico (Capítulo 3) possui parte da sua foz sob a influência da água salobra. Desta forma, esse trecho foi considerado de água salobra. Para o Rio Cubatão, nesse trecho da foz, propõe-se que a Classe 2 – salobra ao longo dos horizontes de planejamento, em função da inexistência da atividade de recreação de contato primário.

Existem outros rios menores, como Rio Marum, Rio Massiambu, Rio da Madre e Rio Siriú e rios de bacias contíguas, que a proposta de enquadramento propõe melhorias durante os horizontes de planejamento.

Ressalta-se que diversos cursos de água na região de foz encontram-se inseridos em Unidades de Conservação de Proteção Integral, fazendo com que alguns trechos de rios sejam classificados na Classe Especial – Salobra, mesmo que a montante destes locais a qualidade da água não é condizente com o enquadramento de uma Classe Especial. Essa situação aconteceu para os rios: Aririú, Cubatão, Massiambu e Madre

Para os rios onde a situação atual apresenta-se degradada, como o Rio Aririú, Classe 2 - salobra no longo prazo (2038) é um desafio. Para os demais rios, normalmente, no primeiro horizonte (2028) foi estabelecida a Classe 3 – salobra, porém, a partir desse, estabeleceu-se a Classe 2 – salobra para o médio (2033) e longo (2038) prazo.

É interessante destacar a baixa disponibilidade de dados de monitoramento da salinidade, especialmente na região da foz de rios da UPG 8.2 – Cubatão. Desta forma, é possível que haja uma superestimação da área considerada salobra em alguns locais. Ressalta-se que as zonas de transição de água doce para salobra foram definidas por meio do método do MDT, a partir de dados de oscilação médias de marés de Santa Catarina. No entanto, para determinação de áreas de transição de água salobra, recomenda-se a realização estudo monitoramento específico.

6.5. ÁGUA SUBTERRÂNEA

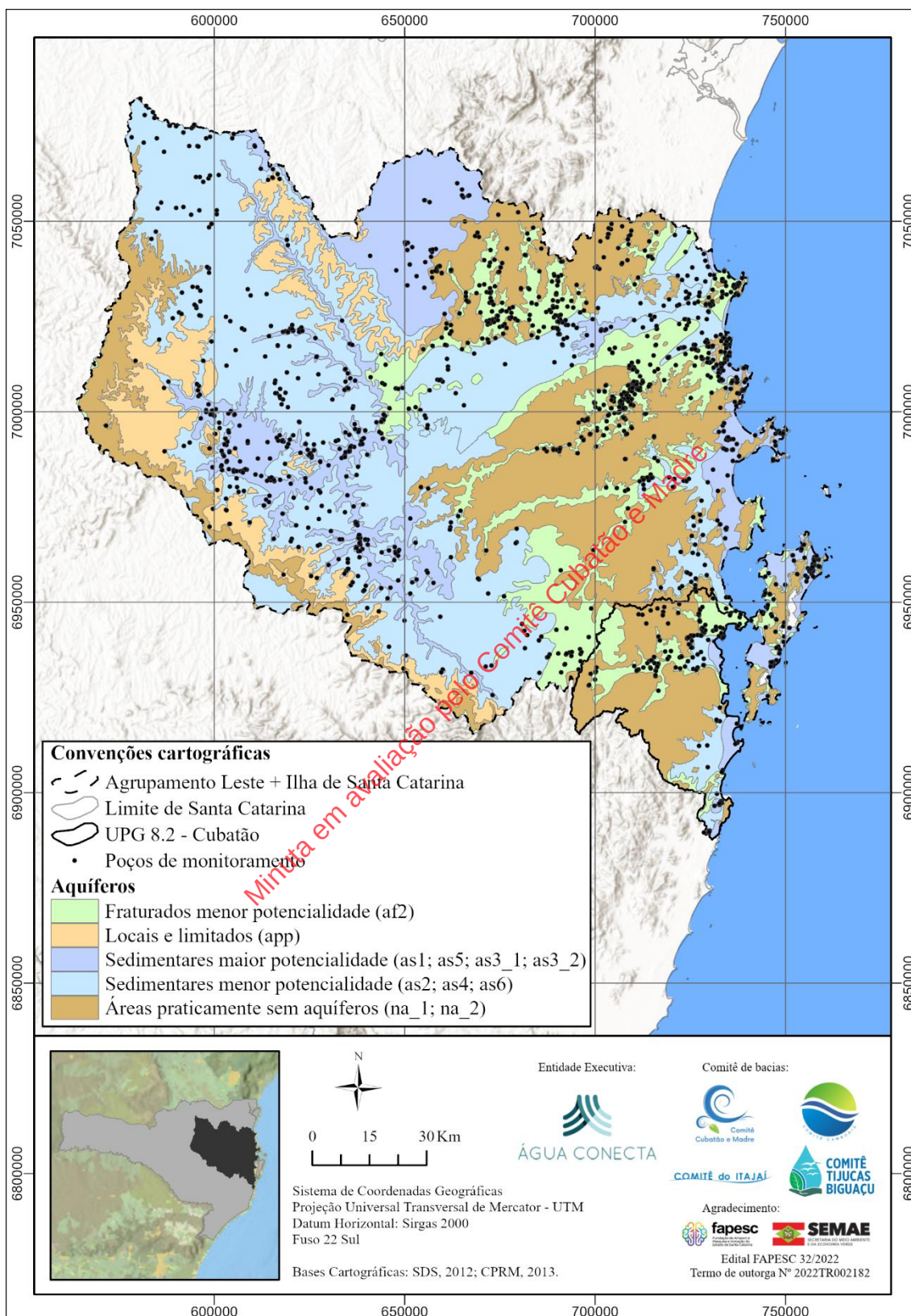
6.5.1. Valores de Referência de Qualidade (VRQ)

O enquadramento das águas subterrâneas é diferente do enquadramento de águas superficiais, pois considera o Valor de Referência de Qualidade natural dos sistemas aquíferos – denominado VRQ. A classificação, as metas e projeções futuras dos corpos hídricos subterrâneos são estabelecidas baseando-se no VRQ, que precisa ser calculado para cada aquífero ou conjunto de aquíferos (CONAMA, 2008). Assume-se que o estabelecimento do VRQ é determinante na implementação deste instrumento da Política de Recursos Hídricos.

Para a determinação do VRQ é necessária a seleção de parâmetros que indiquem a qualidade natural das águas subterrâneas, sem indicativos de degradação, e que refletem as características hidroquímicas naturais presentes nos aquíferos. Como os limites dos aquíferos ultrapassam a área da UPG 8.2 - Cubatão, considerou-se os principais sistemas aquíferos na delimitação do agrupamento Leste e Ilha de Santa Catarina (Figura 84).

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

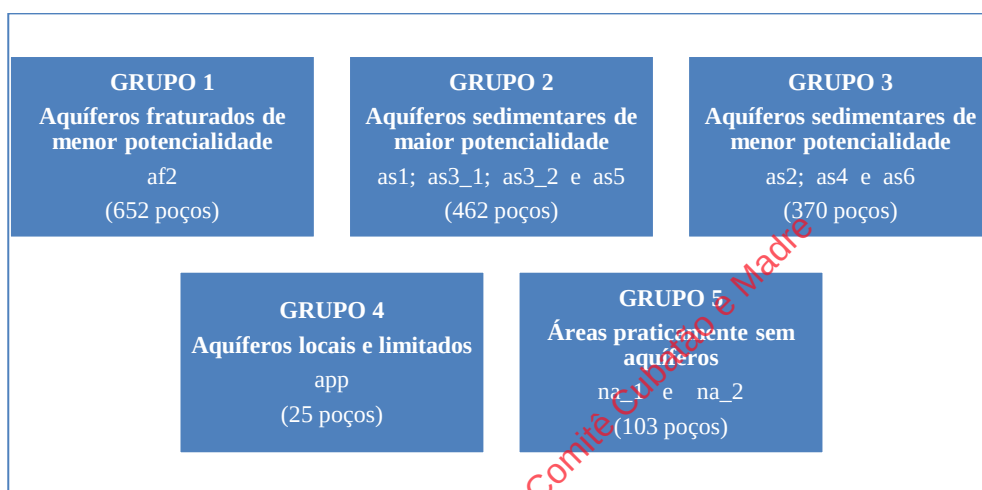
Figura 84 – Delimitação da área de estudo (agrupamento Leste + Ilha de Santa Catarina), utilizada para o Enquadramento de águas subterrâneas.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Em função da limitada disponibilidade de dados de qualidade de água dos aquíferos presentes na UPG 8.1 – Tijucas, optou-se por agrupar os aquíferos para poder realizar tratamento dos dados de forma adequada conforme demonstrado na Figura 85. A partir das principais zonas aquíferas presentes no agrupamento Leste de Santa Catarina representadas pelas siglas as1, as2, as3_1, as3_2, as4, as5, as6, af2, app, na_1 e na_2 – propõe-se o agrupamento apresentado na Figura 86.

Figura 85 – Agrupamento das zonas aquíferas para o cálculo do VRQ.



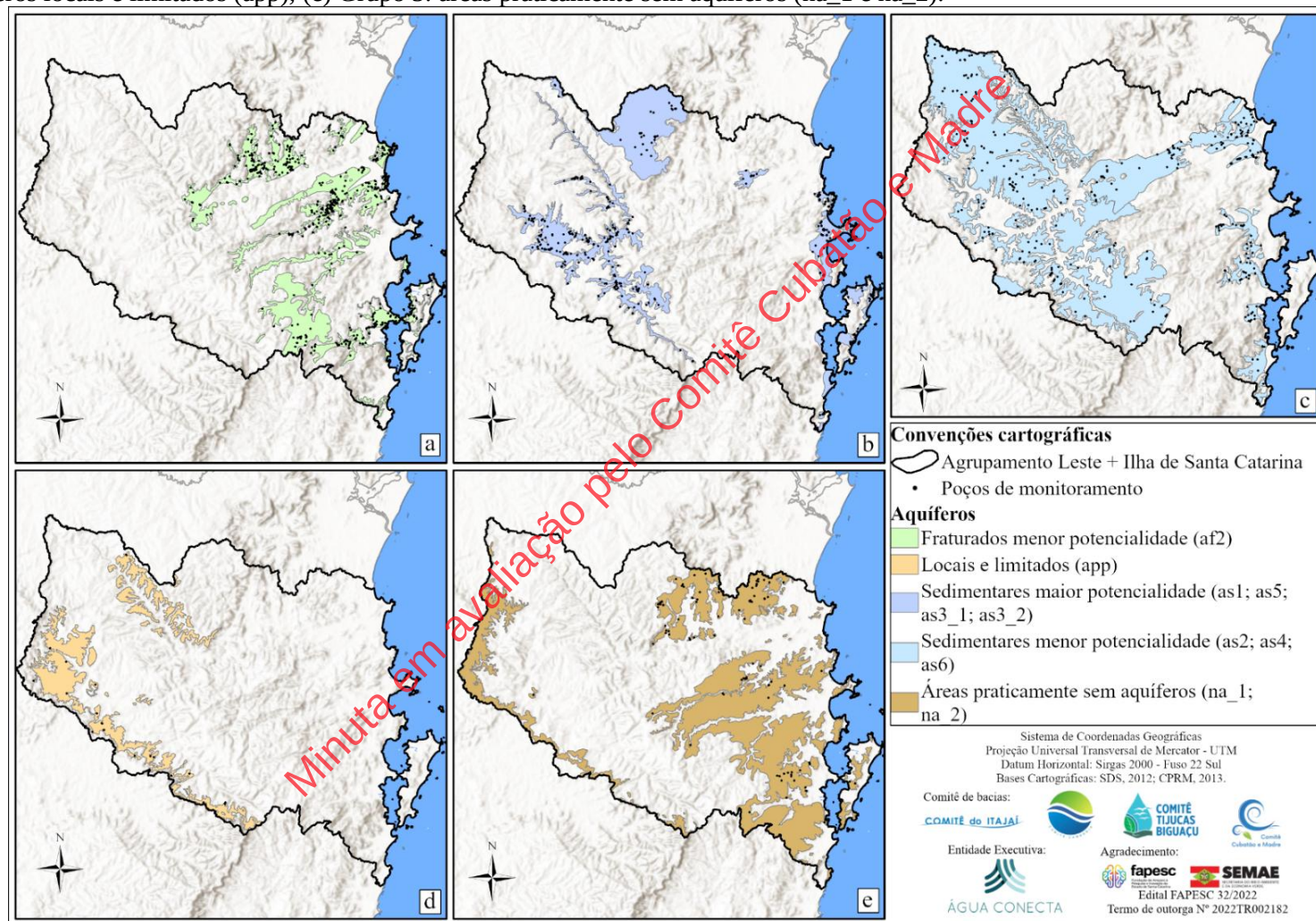
Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Este agrupamento considera as principais características dos aquíferos em termos de composição litológica, uma vez que foram distribuídos em grupos de aquíferos fraturados ou sedimentares. Um terceiro grupo se enquadra em condições limitadas ou com baixa probabilidade de aquíferos pelas características hidrogeológicas e hidráulicas.

Além disso, considerou-se as condições de exploração de água subterrânea do aquífero – maior ou menor potencialidade – permitindo assim que poços com semelhança em termos de extração de água fossem agrupados. Desta forma, assume-se que poços localizados dentro da área de estudo, caracterizados por condições de exploração e usos semelhantes, estejam representados por estes agrupamentos propostos.

Antes da separação do banco de dados pelo agrupamento proposto, foi realizada a verificação de *outliers*. Cada parâmetro foi representado por um box-plot para identificação da distribuição dos dados. Utilizou-se o software Past® para detectar os *outliers* para cada parâmetro selecionado, utilizou-se o método teste de Grubbs e a análise dos valores 20% mais extremos dentro do conjunto de dados. Os valores identificados estatisticamente como *outliers* foram excluídos do banco de dados, assim como os discrepantes da ordem de grandeza do conjunto de dados.

Figura 86 – Delimitação dos agrupamentos das zonas aquíferas e poços utilizados no enquadramento de águas subterrâneas. (a) Grupo 1: aquíferos fraturados de menor potencialidade; (b) Grupo 2: aquíferos sedimentares de maior potencialidade (as1; as3_1; as3_2 e as5); (c) Grupo 3: aquíferos sedimentares de menor potencialidade (as2, as4 e as6); (d) Grupo 4: aquíferos locais e limitados (app); (e) Grupo 5: áreas praticamente sem aquíferos (na_1 e na_2).



Fonte: Instituto Água Conecta (2024)

Também foi realizada análise estatística descritiva, considerando o conjunto de dados previamente selecionado (*vide* item 2.2.5). Após esta etapa, o banco de dados foi subdividido de acordo com o agrupamento apresentado na Figura 85.

Nesta etapa, dos 25 parâmetros pré-selecionados na Etapa III, manteve-se apenas os que continham a representatividade mínima de 6 dados (análises) por agrupamento (Figura 86), evitando possível viés e incertezas nas etapas posteriores de tratamento estatístico.

Diferentes percentis podem ser utilizados na proposição de valores de VRQ, dependendo do conhecimento do sistema hidrogeoquímico. Na Europa, nos trabalhos com VRQ, são considerados majoritariamente percentis entre 90 e 97 (Preziosi et al., 2014; Cruz; Andrade, 2015). No Brasil, a CETESB adotou o 3º quartil (75%) como VRQ das águas subterrâneas. Cabe salientar que a CETESB possui uma ampla e representativa rede de monitoramento de águas subterrâneas, que teve início em 1990 (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2016). A seleção do percentil a ser considerado depende do tamanho do conjunto amostral, no qual, normalmente são considerados conjuntos de dados com mais de 60 amostras (Hinsby et al., 2008; Cruz; Andrade, 2015; Bulut et al., 2020).

Para águas subterrâneas do estado de Santa Catarina, devido ao número restrito de dados e inexistência de uma rede de monitoramento estadual, optou-se por adotar para o cálculo do VRQ o terceiro quartil dos valores, ou seja, percentil 75%, conforme a CETESB (2016). Considera-se uma opção mais conservadora tendo em vista as condições locais para aplicação da metodologia apresentada.

Os VRQs calculados por grupos de aquíferos estão disponíveis na Tabela 30. Conforme discutido no item de caracterização hidroquímica (item 3.5.2), alguns parâmetros apresentaram valores naturais expressivos, inclusive superiores ao VMP mais restritivo disponível na Resolução CONAMA 396/2008. Os parâmetros ferro, manganês e fluoreto, presentes nas águas subterrâneas em maiores concentrações, ocorrem possivelmente devido à composição da litologia que compõe os aquíferos da região. Ressalta-se a importância de determinação do VRQ para a gestão de qualidade das águas subterrâneas, pois, em alguns casos, como verificado para esses parâmetros nas condições de Santa Catarina, este valor é superior ao estabelecido em legislação nacional, Resolução CONAMA 396/2008, sendo atribuído à condicionante natural que pode inclusive exigir tratamentos específicos de acordo com o uso da água.

O ferro total apresentou VRQ superiores ao VMP para o uso mais restritivo nos três agrupamentos de aquíferos (Grupos 1, 2 e 3). O VMP para ferro total considerando o uso preponderante o consumo humano é 0,300 mg/L (CONAMA, 2008), enquanto os VRQ calculados variaram de 0,880 a 1,733 mg/L (Tabela 30). A principal fonte de ferro na hidrosfera é a dissolução mineral de rochas ígneas e metamórficas, sendo este elemento

altamente mobilizado e redistribuído durante o intemperismo de minerais (Longmuir, Longmuir, 1997). Dentre os silicatos e aluminosilicatos em que a presença de ferro é mais comum, encontram-se os grupos minerais olivina, piroxênio e a biotita (Deer et al., 1992). Os solos tropicais, devido a sua composição, caracterizam-se pela alta lixiviação de ferro, o que está diretamente ligado à presença deste elemento nas águas subterrâneas. Os solos presentes em Santa Catarina como os Latossolos, Gleissolos e Espodossolos apresentam como característica compostos de ferro e óxido ferroso em sua composição (Atlas de Santa Catarina, 2016). Associado a isto, de acordo com o relatório do mapa hidrogeológico de Santa Catarina (Machado, 2013), a maioria das unidades hidroestratigráficas do estado apresentam anomalias de teores elevados de ferro na composição de suas águas subterrâneas.

O fluoreto foi outro parâmetro que apresentou VRQ superiores aos valores máximos permitidos na legislação, em dois agrupamentos de zonas aquíferas (Grupos 1 e 2). O VMP do fluoreto para o uso preponderante mais restritivo (irrigação) é 1,000 mg/L (CONAMA, 2008), enquanto os VRQ encontrados foram 1,065 e 1,195 mg/L (Tabela 30). Outros pesquisadores destacam altas concentrações de flúor nas águas subterrâneas em Santa Catarina (Fraga, 1992; Machado, 2005; Frank et al., 2007 e Stallbaum et al., 2018). Os minerais de flúor ocorrem principalmente associados à presença de rochas graníticas. Durante os processos de intemperismo químicos, esses minerais se decompõem e o flúor é transportado como íon fluoreto, associando-se aos argilominerais (Fraga, 1992). Na região costeira de Santa Catarina, predominam rochas graníticas designadas como “Escudo Catarinense”, ou Serra do Mar e Serras do Leste Catarinense.

Por fim, destaca-se que o manganês apresentou VRQs superior ao VMPs da Resolução CONAMA 396/2008. O VMP para o uso mais restritivo (dessedentação de animais) é 0,05 mg/L, enquanto foram observados VRQ de 0,338 e 0,197 mg/L nos Grupos 1 e 2 respectivamente (Tabela 30). A presença de altos teores de Mn nas águas subterrâneas é uma característica química verificada no Estado de Santa Catarina (Stallbaum et al., 2018; Suppi, 2018). O manganês é encontrando em maiores teores nas rochas máficas, e, devido às características químicas similares ao ferro, geralmente, se associa a este elemento. Portanto, em vários ambientes geoquímicos, o ciclo do manganês segue o ciclo do ferro (Kabata-Pendias; Mukherjee, 2007; Suppi, 2018). Grupos de solo com alto teor de manganês como Chernossolos e Latossolos são encontrados no Estado de Santa Catarina (Suppi, 2018).

Tabela 30 – Valores de Referência de Qualidade para os grupos das zonas aquíferas do agrupamento Leste de SC.

Grupos		1	2	3	4	5
	Unidade de medida	Aquíferos fraturados de menor potencialidade af2	Aquíferos sedimentares de maior potencialidade as1; as3_1; as3_2 e as5	Aquíferos sedimentares de menor potencialidade as2; as4 e as6	Aquíferos locais e limitados app	Áreas praticamente sem aquíferos na_1
alcalinidade total	mg/L	163,31	165,35	94,45	S/D	S/D
bicarbonato	mg/L	114,53	S/D	109,80	S/D	S/D
cálcio	mg/L	24,25	28,57	21,97	S/D	S/D
carbonato	mg/L	7,00	S/D	9,50	S/D	S/D
cloreto	mg/L	42,30	16,70	11,13	S/D	S/D
cobre	mg/L	S/D	0,00245	S/D	S/D	S/D
C.E.	µS/cm	307	365	296	344	264
cor	-	20	57	S/D	S/D	S/D
dureza total	mg/L	127,22	98,28	90,95	S/D	S/D
ferro total	mg/L	0,880	1,733	1,052	S/D	S/D
fluoreto	mg/L	1,065	1,195	0,316	S/D	S/D
gás carbônico	mg/L	11,40	S/D	S/D	S/D	S/D
magnésio	mg/L	16,75	9,50	7,95	S/D	S/D
manganês	mg/L	0,338	0,197	S/D	S/D	S/D
nitrato	mg/L N	S/D	0,34	S/D	S/D	S/D
nitrito	mg/L N	0,015	0,005	0,007	S/D	S/D
pH	-	7,32	7,36	7,43	7,45	7,42
potássio	mg/L	2,00	3,53	2,93	S/D	S/D
selênio	mg/L	S/D	0,002	S/D	S/D	S/D
sílica	mg/L	41,3	S/D	S/D	S/D	S/D
sódio	mg/L	19,00	65,00	22,80	S/D	S/D
SDT	mg/L	178,7	506,5	170,0	S/D	S/D
sulfato	mg/L	31,37	19,80	9,85	S/D	S/D
temperatura	°C	22	22	22	22	21
turbidez	NTU	5	18	4	S/D	S/D
urânio	mg/L	S/D	0,0024	S/D	S/D	S/D

Nota: Valores em negrito, indicam VRQ maiores do que o VMP do uso mais restritivo de acordo com a resolução CONAMA 396/2008; S/D indica parâmetros que não continham quantidade suficiente de análises para realização do cálculo do VRQ.

6.5.2. Proposta de Enquadramento de Águas Subterrâneas

Segundo o Art. 12. da Resolução CONAMA nº 396/2008:

Art. 12. “Os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. Parágrafo único. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes.”

A Resolução CONAMA nº 396/2008 especificamente, deixa sob responsabilidade do órgão gestor a seleção dos parâmetros para classificação da água subterrânea, devendo ser considerado os parâmetros de maior relevância para a situação de qualidade dos sistemas aquíferos, além dos obrigatórios em lei (sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes). A Resolução CONAMA nº 396/2008 também estabelece que devem ser considerados os VRQs para classificação da água subterrânea, a fim de incluir a qualidade e particularidade de cada sistema aquífero ou regiões determinadas.

Neste trabalho, considerou-se os parâmetros para o enquadramento de águas subterrâneas: sólidos dissolvidos totais, nitrato, coliformes termotolerantes, cloreto, ferro total, fluoreto, manganês, nitrito, sódio, sulfato. Estes parâmetros foram selecionados de acordo com a disponibilidade do VRQ calculado. Como exceção, para os parâmetros obrigatórios no enquadramento de águas subterrâneas (sólidos dissolvidos totais, nitrato, coliformes termotolerantes), realizou-se o enquadramento, mesmo sem ter dados suficientes para calcular o VRQ.

Para cada um dos grupos de aquíferos, foi elaborado um quadro orientativo referente ao ANEXO II da Resolução CONAMA nº 396/2008, em que são estabelecidos valores orientadores, ou seja, valores padrões por classe para os parâmetros selecionados, considerando os usos concomitantes para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação (verificar item a seguir, Quadro 23, Quadro 24 e Quadro 25).

6.5.2.1. Valor Referência de Qualidade das águas subterrâneas do agrupamento Leste

A seguir encontram-se a análise estatística descritiva do banco de dados e o VRQ calculado para os parâmetros selecionados para realização da proposta de enquadramento, separados pelos grupos de aquíferos pré-definidos (Tabela 31, Tabela 32 e Tabela 33).

Tabela 31 – Análise estatística descritiva dos dados selecionados e valor de referência de qualidade (VRQ) na zona aquífera af2.

Parâmetros selecionados	Unidade de medida	VRQ	Nº amostral	Média	Erro médio padrão	Mediana
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	178,69	125	136,28	9,10	114,00
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	S/D	21	0,8	0,1	1,0
Nitrato	mg/L N	S/D	118	0,44	0,05	0,25
Cloreto	mg/L	42,30	163	25,75	3,59	12,18
Ferro total	mg/L	0,88	140	0,53	0,11	0,06
Fluoreto	mg/L	1,07	100	0,51	0,05	0,34
Manganês	mg/L	0,34	70	0,16	0,03	0,08
Nitrito	mg/L N	0,015	91	0,011	0,002	0,003
Sódio	mg/L	19,00	125	22,56	2,48	12,24
Sulfato	mg/L	31,37	131	11,84	1,47	4,67

Nota: Valores em negrito, indicam VRQ maiores do que o VMP do uso mais restritivo de acordo com a resolução CONAMA 396/2008; S/D indica parâmetros que não continham quantidade suficiente de análises para realização do cálculo do VRQ.

Tabela 32 – Análise estatística descritiva dos dados selecionado e valor de referência de qualidade (VRQ) para zonas aquíferas sedimentares dos tipos as1, as3_1, as3_2 e as5.

Parâmetros selecionados	Unidade de medida	VRQ	Nº amostral	Média	Erro médio padrão	Mediana
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	506,50	57	274,52	58,95	142,80
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	S/D	5	0,2	0,2	0,0
Nitrato	mg/L N	0,34	48	2,68	0,52	0,70
Cloreto	mg/L	16,70	63	35,08	9,18	16,00
Ferro total	mg/L	1,73	57	1,05	0,29	0,21
Fluoreto	mg/L	1,20	45	0,77	0,23	0,20
Manganês	mg/L	0,20	45	0,14	0,04	0,06
Nitrito	mg/L N	0,0050	37	0,019	0,009	0,003
Sódio	mg/L	65,00	53	40,93	8,01	18,84
Sulfato	mg/L	19,80	58	27,52	5,32	11,95

Nota: Valores em negrito, indicam VRQ maiores do que o VMP do uso mais restritivo de acordo com a resolução CONAMA 396/2008; S/D indica parâmetros que não continham quantidade suficiente de análises para realização do cálculo do VRQ.

Tabela 33 – Análise estatística descritiva do banco de dados selecionado e valor de referência de qualidade (VRQ) para o agrupamento de zonas aquíferas sedimentares dos tipos as2, as4 e as6.

Parâmetros selecionados	Unidade de medida	VRQ	Nº amostral	Média	Erro médio padrão	Mediana
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	170,00	36	407,77	219,55	114,24
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	S/D	6	0,4	0,2	0,0
Nitrato	mg/L N	S/D	32	0,58	0,25	0,16
Cloreto	mg/L	11,13	47	40,28	16,82	7,53
Ferro total	mg/L	1,05	49	1,97	0,58	0,42
Fluoreto	mg/L	0,32	33	0,69	0,24	0,28
Manganês	mg/L	S/D	17	0,27	0,12	0,09
Nitrito	mg/L N	0,01	27	0,012	0,007	0,003
Sódio	mg/L	22,80	32	31,47	9,10	13,70
Sulfato	mg/L	9,85	37	12,27	2,78	7,25

Nota: Valores em negrito, indicam VRQ maiores do que o VMP do uso mais restritivo de acordo com a resolução CONAMA 396/2008; S/D indica parâmetros que não continham quantidade suficiente de análises para realização do cálculo do VRQ.

Elaborou-se um quadro de referência com base no uso mais restritivo da água (para cada parâmetro) para cada um dos grupos de aquíferos (Quadro 23, Quadro 24 e Quadro 25) com base no ANEXO II da Resolução CONAMA nº 396/2008. Estes quadros retratam os valores orientadores, compostos por parâmetros de origem natural ou antrópica para fins de enquadramento de águas subterrâneas do agrupamento leste do estado de Santa Catarina, compreendido pelas UPGs 7.1 – Itajaí, 7.2 – Camboriú, 8.1 – Tijucas e 8.2 – Cubatão.

Quadro 23 – Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas fraturadas, do tipo af2.

Motivação da inclusão	Parâmetros selecionados	Padrões por classe – concentração (mg/L)			
		Classes 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros mínimos obrigatórios	Sólidos Totais Dissolvidos	VRQ<1.000	VRQ>1.000	1.000	1.000
	Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	1.000/100mL
	Nitrato (expresso em N)	VRQ<10	VRQ>10	10	90
Características hidrogeológicas	Cloreto	VRQ<100	VRQ>100	100	700
	Ferro total	VRQ<0,30	VRQ>0,30	0,88	5,00
	Fluoreto	VRQ<1,00	VRQ>1,00	1,07	2,00
	Manganês	VRQ<0,05	VRQ>0,05	0,34	0,34
	Nitrito (expresso em N)	VRQ<1	VRQ>1	1	10
	Sódio	VRQ<200	VRQ>200	200	300
	Sulfato	VRQ<250	VRQ>250	250	1.000

Nota: Dados em negrito indicam alteração do valor da classe de enquadramento devido ao VRQ superior ao VMP do uso mais restritivo, de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

Quadro 24 – Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas sedimentares, dos tipos as1; as3_1; as3_2 e as5.

Motivação da inclusão	Parâmetros selecionados	Padrões por classe – concentração (mg/L)			
		Classes 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros mínimos obrigatórios	Sólidos Totais Dissolvidos	VRQ<1.000	VRQ>1.000	1.000	1.000
	Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	1.000/100mL
	Nitrato (expresso em N)	VRQ<10	VRQ>10	10	90
Características hidrogeológicas	Cloreto	VRQ<100	VRQ>100	100	700
	Ferro total	VRQ<0,30	VRQ>0,30	1,73	5,00
	Fluoreto	VRQ<1,00	VRQ>10,00	1,20	2,00
	Manganês	VRQ<0,05	VRQ>0,05	0,20	0,20
	Nitrito (expresso em N)	VRQ<1	VRQ>1	1	10
	Sódio	VRQ<200	VRQ>200	200	300
	Sulfato	VRQ<250	VRQ>250	250	1.000

Nota: Dados em negrito indicam alteração do valor da classe de enquadramento devido ao VRQ superior ao VMP do uso mais restritivo, de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

Quadro 25 – Valores orientadores para enquadramento da água subterrânea de zonas aquíferas sedimentares, dos tipos as2; as4 e as6.

Motivação da inclusão	Parâmetros selecionados	Padrões por classe – concentração (mg/L)			
		Classes 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros mínimos obrigatórios	Sólidos Totais Dissolvidos	VRQ<1.000	VRQ>1.000	1.000	1.000
	Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	Ausentes em 100 ml	1.000/100mL
	Nitrato (expresso em N)	VRQ<10	VRQ>10	10	90
Características hidrogeológicas	Cloreto	VRQ<100	VRQ>100	100	700
	Ferro total	VRQ<0,30	VRQ>0,30	1,05	5,00
	Fluoreto	VRQ<1,00	VRQ>1,00	1,00	2,00
	Manganês	VRQ<0,05	VRQ>0,05	0,05	0,20
	Nitrito (expresso em N)	VRQ<1	VRQ>1	1	10
	Sódio	VRQ<200	VRQ>200	200	300
	Sulfato	VRQ<250	VRQ>250	250	1000

Nota: Dados em negrito indicam alteração do valor da classe de enquadramento devido ao VRQ superior ao VMP do uso mais restritivo, de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

Destaca-se que os VMPs permitidos para a Classes 3, que foram alterados para os parâmetros ferro total, fluoreto e manganês para as zonas aquíferas af2 e as1/as3_1/as3_2 e as5 e ferro total para zonas aquíferas as2/as4/as6. Além disso, também foi alterado o VMP para o parâmetro manganês na Classe 4 para a zona aquífera af2.

Nas zonas aquíferas app e na_1_na_2, apesar de grande representatividade, em área, dentro do agrupamento Leste, existem poucos poços instalados por não apresentarem condições satisfatórias para exploração. Nesses casos, não foi possível a elaboração do quadro definindo os valores orientadores para o enquadramento de águas subterrâneas e, consequentemente, não será possível a proposição de sua classe de enquadramento.

6.5.2.2. Classes atuais de enquadramento das águas subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão

Para a classificação da água subterrânea de acordo com o uso preponderante, realiza-se a verificação da situação atual do recurso hídrico (classe), ou seja, estabelece-se um diagnóstico da situação atual. A partir deste, é possível traçar metas e planejar as classes que se desejam alcançar ou manter.

Com o estabelecimento dos valores de referência de qualidade; a tabela de valores orientadores para enquadramento de águas subterrâneas e a avaliação da composição hidroquímica considerando o banco de dados utilizados neste trabalho, foi possível a definição da compatibilidade das águas subterrâneas (situação atual). Destaca-se que valores da mediana dos parâmetros foram considerados nesta etapa da análise.

A análise conjunta das Tabela 31, Tabela 32 e Tabela 33 e Quadro 23, Quadro 24 e

Quadro 25, permitiu o enquadramento atual das águas subterrâneas dos grupos de aquíferos. Primeiramente, cada parâmetro foi avaliado separadamente (sendo estabelecida uma classe para cada parâmetro) e, depois uma ponderação das classes por parâmetro para definição da classe compatível com a situação atual dos aquíferos (Quadro 26). Destaca-se que apenas os parâmetros com os VRQs foram considerados para o enquadramento de águas subterrâneas, com exceção dos parâmetros obrigatórios (sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes e nitrato). Nestas situações, utilizou-se o valor da mediana em comparação ao quadro dos valores orientadores (Resolução CONAMA 396/2008) para o estabelecimento da classe da água.

Especificamente para a UPG 8.2 – Cubatão foi realizado o enquadramento dos aquíferos presentes dentro de sua delimitação, ou seja, zonas aquíferas af2 (Grupo I), as1 (Grupo II) e as2 (Grupo III). O Grupo V (na_1 – áreas praticamente sem aquíferos) apesar de representativo na área de estudo, não foi possível realizar o enquadramento, pela indisponibilidade de dados.

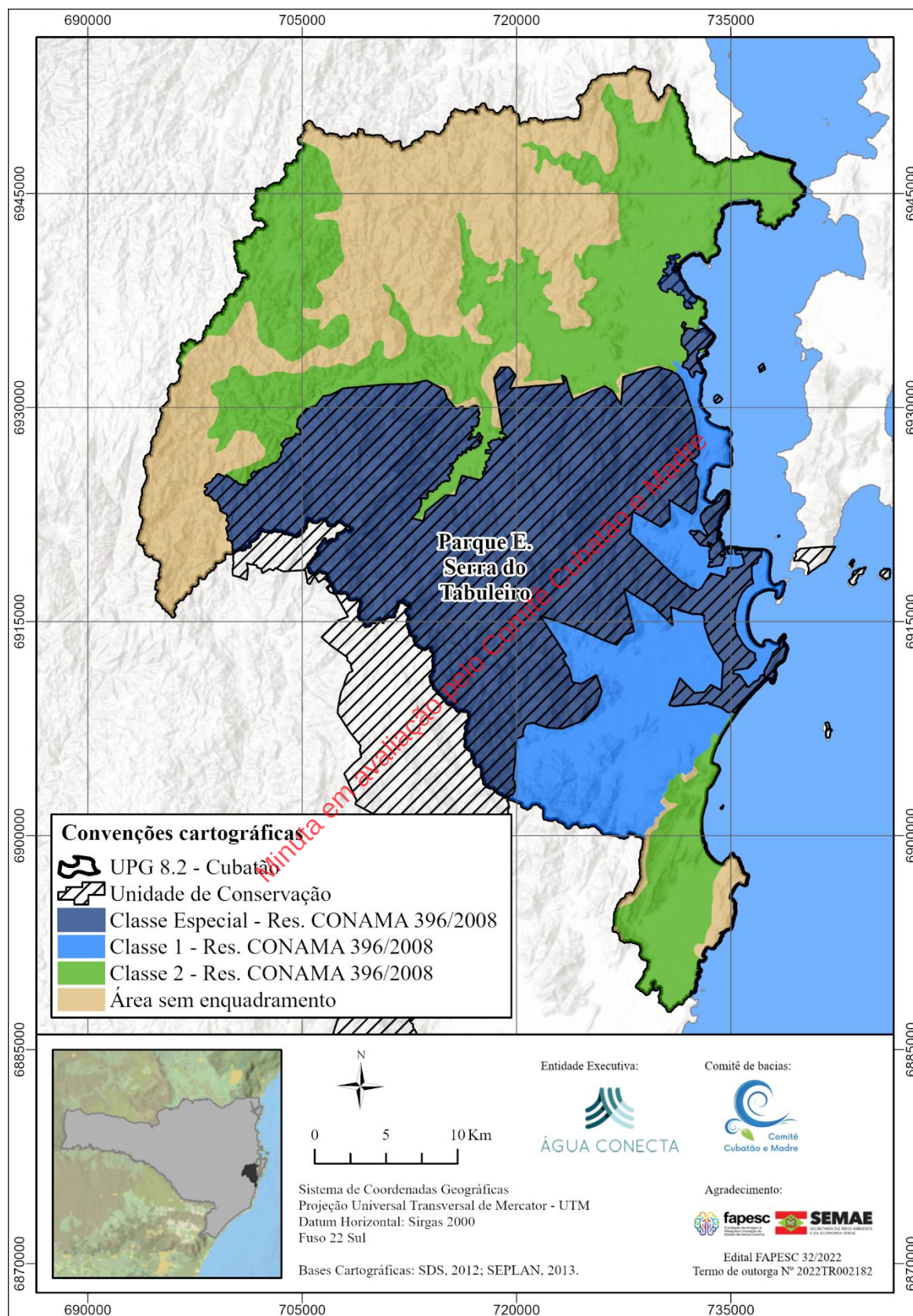
Em relação à situação atual das águas subterrâneas das zonas aquíferas da UPG 8.2 – Cubatão verifica-se que a Classe 2 e Classe Especial são as mais adequadas, tanto para os aquíferos fraturados (tipo af2) quanto para os sedimentares (as1 e as2) (Figura 87). Apesar do diagnóstico inicial, algumas áreas foram readequadas como Classe 1, de acordo com solicitação da população local.

Quadro 26 – Situação atual das zonas aquíferas (af2; as1, as3_1, as3_2, as5; as2, as4, as6 e na_1) em relação às classes de enquadramento na UPG 8.2 – Cubatão.

Parâmetro	Compatibilidade quanto às classes			
	af2	as1/as3_1/as3_2/as5	as2/as4/as6	na_1
Sólidos Totais Dissolvidos	Classe 1	Classe 1	Classe 1	N/C
Coliformes termotolerantes	Classe 4*	Classe 1, 2 ou 3	Classe 1, 2 ou 3	N/C
Nitrato	Classe 2	Classe 2	Classe 2	N/C
Cloreto	Classe 1	Classe 1	Classe 1	N/C
Ferro	Classe 2	Classe 2	Classe 2	N/C
Fluoreto	Classe 2	Classe 2	Classe 1	N/C
Manganês	Classe 2	Classe 2	***	N/C
Nitrito	Classe 1	Classe 1	Classe 1	N/C
Sódio	Classe 1	Classe 1	Classe 1	N/C
Sulfato	Classe 1	Classe 1	Classe 1	N/C
Classe final	Classe 2⁽¹⁾	Classe 2⁽¹⁾	Classe 2⁽¹⁾	N/C

Nota: *Baixa representatividade (n = 21) e mediana = 1 UFC/100 mL; ***Ausência de dados suficientes para o estabelecimento do VRQ; N/C indica que não foi classificado devido a indisponibilidade de dados e impossibilidade de cálculo do VRQ. ⁽¹⁾Com exceções para áreas com UCs e adjacentes, em casos específicos.

Figura 87 – Enquadramento das águas subterrâneas presentes nos aquíferos considerados da UPG 8.2 – Cubatão.



Fonte: Instituto Água Conecta (2024).

O Art. 3º da Resolução CONAMA 396/2008 estabelece que a Classe 2 é a classe de águas subterrâneas “sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais”. Essas águas são assim enquadradas por apresentarem em pelo menos um dos parâmetros, VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo dos usos preponderantes (Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2008). Este fato, atribui-se aos valores encontrados para ferro total, fluoreto e manganês nestas zonas aquíferas (Quadro 23, Quadro 24 e Quadro 25). Assume-se que a Classe 2 é considerada ideal apesar da verificação de coliformes termotolerantes no Grupo I. Apenas em 21 amostras de todo o conjunto amostral da zona aquífera af2 (660 poços) se verificou informação sobre análise de coliformes termotolerantes, sendo o maior valor encontrado igual a 1,8 UFC/100 mL. Considerando a grande variação de profundidades destes poços (de 9 a 200 m), assume-se a possibilidade de contaminações pontuais que não representam todo o conjunto (Grupo I) de dados, o que não interfere na caracterização da Classe.

A área do Parque Estadual Serra do Tabuleiro, localizada majoritariamente na zona aquífera na_1, por se tratar de uma Unidade de Proteção Integral foi enquadrada como Classe Especial (Figura 87). O Art. 3º da Resolução CONAMA 396/2008 estabelece que águas classificadas como Classe Especial são “destinadas a preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial.” Ainda de acordo com a resolução supracitada, de acordo com o Art. 5º “As águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas.”

Além da área do Parque Estadual Serra do Tabuleiro (hachurada na Figura 87), as áreas adjacentes ao mesmo (localizadas nas UGs Madre e Massiambu) foram enquadradas como Classe 1, conforme sugerido na Assembleia Pública realizada dia 26 de novembro de 2024 (Item 5). O relevo desta região compreende planícies o que influencia diretamente na dinâmica da interconexão hidráulica entre os recursos hídricos superficiais/subterrâneos. Conforme mencionado nesta Assembleia, nas áreas do parque e seu entorno, os rios alimentam o lençol freático, muito raso na região, e vice-e-versa, ressaltando a importância de os dois sistemas serem considerados de forma integral, para proposição das classes de enquadramento. Apesar destas regiões pertencerem a aquíferos que foram diagnosticadas como Classe 2, localmente, suas condições são distintas do restante do Agrupamento Leste. Assim, visando minimizar possíveis impactos relativos ao uso indiscriminado de águas

subterrâneas, nas proximidades de unidades de conservação com alta importância local, as áreas foram readequadas como Classe 1.

O Art. 3º da Resolução CONAMA 396/2008 estabelece que águas classificadas como Classe 1 são “águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais” e, de acordo com o Art. 7º “As águas subterrâneas de Classe 1 apresentam, para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos Valores Máximos Permitidos mais Restritivos dos usos preponderantes”. Salienta-se a importância de estratégias de monitoramento nas UGs Madre e Massiambu, nas áreas adjacentes ao Parque Estadual Serra do Tabuleiro, a fim de se realizar um novo diagnóstico em relação a qualidade natural dessas águas.

Salienta-se que, conforme apresentado no item 3.5.3 (Tabela 19), na UPG 8.2 – Cubatão identificou-se, pontualmente, a presença de alguns metais pesados (arsênio e chumbo), além de fluoreto, cloreto, ferro, manganês e selênio, em concentrações iguais ou acima do VMP para os usos mais restritivos da Resolução CONAMA 396/2008 em áreas dispersas. Entretanto, estes parâmetros não foram abordados para a determinação dos VRQs neste trabalho, pela insuficiência de dados, e, conseqüentemente, não foram considerados para a compatibilização da classe atual das águas subterrâneas. Em relação ao chumbo, um poço (poço 65 – Santo Amaro da Imperatriz) apresentou teor acima do VMP, localizado na zona aquífera af2. O metal pesado arsênio foi verificado em um poço acima do VMP (poço 70 – São Pedro de Alcântara), na zona não aquífera na_1, região que não foi enquadrada pela insuficiência de dados. Contudo, embora estas concentrações encontradas possam recair sobre restrições de uso, principalmente sobre consumo humano e recreação, não foram consideradas para a classificação final, pois podem ser impactos ocasionados por contaminações pontuais e necessitam ser monitorados e reavaliados, após implementação de um programa de monitoramento.

A falta de um programa de monitoramento estadual das águas subterrâneas e a inexistência de informações sobre análises microbiológicas são consideradas fragilidades no enquadramento. Dos 1.623 poços analisados considerando todo Agrupamento Leste, havia apenas 55 dados de análise de coliformes termotolerantes. Este fato também foi apontado por Ramos (2021), na aplicação desta metodologia. Entretanto, reafirma-se a importância deste esforço inicial para o enquadramento das águas subterrâneas para buscar a manutenção ou melhoria da qualidade das águas subterrâneas da UPG 8.2 Cubatão.

6.5.2.3. Enquadramento das águas subterrâneas por usos pretensos

Os usos preponderantes da água subterrânea nos aquíferos af2, as1 e na_1 dentro da UPG 8.2 – Cubatão são consumo humano e dessedentação de animais (Figura 70 e Tabela 29), a depender do aquífero considerado. Considera-se que os cenários dentro dos horizontes de planejamento adotados neste trabalho não irão alterar significativamente os usos pretensos para as águas subterrâneas na UPG 8.2 – Cubatão, conforme já discutido no item 4.6.2. Assim, almeja-se que as águas subterrâneas se mantenham enquadradas em Classe 2 para os horizontes de planejamento de curto (2028), médio (2033) e longo prazo (2038) (Quadro 27).

Quadro 27 – Enquadramento das águas subterrâneas das zonas aquíferas (af2; as1, as3_1, as3_2, as5; as2, as4, as6 e na_1) e usos preponderantes e pretensos na UPG 8.2 – Cubatão.

Zona aquífera	Uso preponderante/pretensão	Situação atual	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
		2024	2028	2033	2038
af2	Consumo humano	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
as1/as3/as5	Consumo humano	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
as2/as4/as6	Consumo humano	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
áreas de UCs ⁽¹⁾	(Independente do uso)	Especial	Especial	Especial	Especial
áreas adjacentes a UCs ⁽²⁾	(Independente do uso)	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
na_1	Dessedentação de animais	N/C	N/C	N/C	N/C

Nota: N/C indica que não foi enquadrado devido a indisponibilidade de dados. ⁽¹⁾Considera-se apenas as áreas de Unidades de Proteção Integral. ⁽²⁾Áreas das UGs Massiambu e Madre adjacentes às áreas de Unidades de Proteção Integral foram classificadas como Classe 1.

7. PROGRAMA PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO

Para atendimento das metas relativas à proposta de enquadramento foi elaborado o Programa para Efetivação de Enquadramento. De acordo com CNRH (2008), o Programa para Efetivação do Enquadramento deve conter propostas de ações e prazos de execução, planos de investimentos e instrumentos de compromisso que compreendam: I - recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e meio ambiente; II - recomendações de mobilização social e gestão; III - recomendações aos agentes públicos e privados; IV - propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos planos de desenvolvimento e de uso e ocupação do solo; e V - subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

Os programas estão focados no alcance das metas de alternativas ao enquadramento dos corpos hídricos, e a execução dos programas é de responsabilidade de diversos atores que atuam na UPG 8.2 – Cubatão. Salienta-se, no entanto, que além da instituição responsável pela execução da ação (marcado com o asterisco* nos quadros dos programas para efetivação do enquadramento) foram apresentadas também outras instituições envolvidas, que podem ser parceiras ou apenas acompanhar o andamento da ação, tendo em vista sua competência na área dos recursos hídricos.

As ações foram divididas em dois tipos: diretas e indiretas. As ações diretas são aquelas que a execução da ação em si promove melhoria ou controle sobre a qualidade de água. Enquanto nas ações indiretas, a manutenção ou melhoria na qualidade de água são ações secundárias, por exemplo, uma ação de aumento da vazão contribui para a diluição das espécies físicas, químicas ou biológicas; presentes nos corpos hídricos.

Ressalta-se que, a partir dos programas para efetivação, o Comitê Cubatão e Madre, juntamente com a entidade executiva, poderá implantar ações que são de sua competência ou responsabilidade e ainda, articular ou solicitar aos demais responsáveis a execução de ações que lhes cabe.

Cada ação pode ser realizada por diferentes motivações, a depender do momento de realização e da disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Assim, a fim de facilitar a interpretação e a tomada de decisão em relação às ações, optou-se por apresentar o custo das ações por meio de simbologia, utilizando-se o cifrão (\$), conforme Quadro 28.

Quadro 28 – Simbologia adotada para mensurar os custos estimados das ações

Símbolo	<u>Recursos humanos, locomoção, alimentação, hospedagem</u>	<u>Elaboração/ Implantação de projetos, editais, eventos ou programas de menor porte</u>	<u>Elaboração/ implantação de projetos, editais ou programas de grande porte</u>	<u>Execução de pequenas obras ou intervenções</u>	<u>Execução de obras ou intervenções de médio ou grande porte</u>	<u>Valor em 2024 (R\$)</u>
\$	Sim	Não	Não	Não	Não	<5K
\$\$	Sim	Sim	Não	Não	Não	<100K
\$\$\$	Sim	Sim	Sim	Não	Não	<2M
\$\$\$\$	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	<100M
\$\$\$\$\$	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	>100M

Legenda: cada “K” representa R\$ 1.000; e “M” representa 1.000.000 (um milhão).

Foram definidos três grandes programas: Saneamento Básico, Gestão de Recursos Hídricos, e Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário. O programa melhoria no saneamento básico possui ações voltadas aos pilares do saneamento básico, que são o abastecimento público, o esgotamento sanitário, a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais, assim como os resíduos sólidos. No programa de melhoria na gestão de recursos hídricos, as ações estão relacionadas aos instrumentos de gestão e às ações que interferem na quantidade ou qualidade de água; ou ainda o monitoramento destes fatores. Para o programa de melhoria na gestão ambiental e manejo agropecuário, as ações estão relacionadas às atividades de fiscalização e controle, assim como o manejo e práticas relacionadas ao uso do solo, que interferem direta ou indiretamente nos corpos hídricos.

Primeiramente apresentam-se as ações “contínuas” para cada programa e na sequência, estão as ações cujo alcance da meta está previsto para acontecer em algum horizonte específico. Inicia-se com o Programa 1 – Saneamento Básico, Quadro 29, Quadro 30 e Quadro 31, na sequência está o Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos, Quadro 32, Quadro 33, Quadro 34, Quadro 35, Quadro 36, Quadro 37 e Quadro 38, por fim o Programa 3 – Gestão Ambiental e de Manejo Agropecuário, Quadro 39, Quadro 40, Quadro 41, Quadro 42, Quadro 43 e Quadro 44.

Cada ação possui também com uma justificativa quanto à sua relação com o enquadramento e a qualidade da água. As ações foram elencadas em ordem de prioridade: alta, média ou baixa; tendo em vista as ações diretas e indiretas.

Quadro 29 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 1 - Saneamento Básico

PROGRAMA 1 - Saneamento Básico	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	1.1	Fiscalizar o lançamento de esgotos domésticos e efluentes nos sistemas de drenagem naturais e artificiais.	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente* Prefeituras	\$\$\$	Alta	Reduzir o lançamento irregular de esgotos sanitários e efluentes industriais nos sistemas de drenagem, especialmente, micro e macrodrenagem, diminuam a carga poluidora dos corpos hídricos, melhorando sua qualidade.	Direta
	1.2	Assegurar a eficiência do tratamento de esgoto sanitário das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) dos municípios da UPG 8.2 - Cubatão, para atendimento do enquadramento.	IMA* Prefeituras Agências reguladoras	\$\$	Média	O lançamento de esgoto tratado deve atender ao padrão de lançamento e manter a classe de enquadramento.	Direta
	1.3	Promover ações para limpeza de áreas ciliares e dos rios.	Comitê Cubatão* Prefeituras Entidade Executiva Sociedade civil Prestador de Serviço público de água e esgoto*	\$	Média	A limpeza de áreas ciliares e rios auxilia na melhoria das funções ecológicas dos cursos hídricos, além de sensibilizar a população em relação ao tema.	Direta
	1.4	Realizar tratamento dos lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs) ou dispô-lo em aterro sanitário.	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$	Baixa	O descarte do lodo das ETAs em corpos de água superficiais tem impacto negativo na qualidade da água.	Direta
	1.5	Coibir o descarte inadequado dos resíduos sólidos nos corpos hídricos.	IMA* Órgão municipal de meio ambiente* Prefeituras Comitê Cubatão	\$\$\$	Baixa	O descarte de resíduos sólidos nos cursos de água degrada sua a qualidade, e impacta no escoamento, potencializando alagamentos.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 30 - Programa 1- Saneamento Básico por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1)

Programa: 1 - Saneamento básico							
Ação	Meta	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
1.6	Curto prazo (2028)	Implantar o sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final adequada do esgoto sanitário, com cobertura mínima populacional de 45%, nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Prestador de Serviço público de água e esgoto* Comitê Cubatão	\$\$\$\$\$	Alta	Reduzir o lançamento irregular de esgotos sanitários e efluentes industriais nos sistemas de drenagem, especialmente, micro e macrodrenagem urbana, diminuem a carga poluidora dos corpos hídricos, melhorando sua qualidade.	Direta
1.7	Curto prazo (2028)	Implantar projeto piloto de sistema descentralizado de tratamento de esgoto sanitário na área rural em pelo menos um município da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Comitê Cubatão	\$\$\$	Média	A implementação da gestão dos sistemas individuais de tratamento e disposição final de esgoto sanitário tem impacto positivo na qualidade da água pois diminui a carga poluidora que atinge as drenagens.	Direta
1.8	Médio prazo (2033)	Implantar o sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final adequada do esgoto sanitário, com cobertura mínima populacional de 90%, nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Prestador de Serviço público de água e esgoto* Comitê Cubatão	\$\$\$\$\$	Alta	Reduzir o lançamento irregular de esgotos sanitários e efluentes industriais nos sistemas de drenagem, especialmente, micro e macrodrenagem urbana, diminuem a carga poluidora dos corpos hídricos, melhorando sua qualidade.	Direta
1.9	Médio prazo (2033)	Implantar sistemas descentralizados de tratamento de esgoto sanitário em pelo menos três municípios da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Comitê Cubatão	\$\$\$	Média	A implementação da gestão dos sistemas individuais de tratamento e disposição final de esgoto sanitário tem impacto positivo na qualidade da água pois diminui a carga poluidora que atinge as drenagens.	Direta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 31 - Programa 1- Saneamento Básico por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2)

Programa: 1 - Saneamento Básico							
Ação	Meta	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
1.10	Longo prazo (2038)	Obter melhoria da ligação das economias no sistema de coleta, tratamento e destinação final do esgotamento sanitário, com ligação mínima de 80% nos municípios da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Prestador de Serviço público de água e esgoto* Comitê Cubatão	\$\$\$\$\$	Alta	Reduzir o lançamento irregular de esgotos sanitários e efluentes industriais nos sistemas de drenagem, especialmente, micro e macrodrenagem urbana, diminuem a carga poluidora dos corpos hídricos, melhorando sua qualidade.	Direta
1.11	Longo prazo (2038)	Implantar sistemas descentralizados de tratamento de esgoto sanitário em pelo menos cinco municípios da UPG 8.2 - Cubatão.	Prefeituras* Comitê Cubatão	\$\$\$	Média	A implementação da gestão dos sistemas individuais de tratamento e disposição final de esgoto sanitário tem impacto positivo na qualidade da água pois diminui a carga poluidora que atinge as drenagens.	Direta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 32 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 1)

PROGRAMA 2 - Gestão de Recursos Hídricos	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	2.1	Ampliar o monitoramento da qualidade de água superficial e inserir dados em plataforma colaborativa (QUALI-SC).	SEMAE* ANA Comitê Cubatão Entidade Executiva	\$\$\$	Alta	Realizar monitoramento da qualidade das águas superficial é importante para acompanhamento, e possível intervenção, visando o atendimento das metas relativas ao enquadramento.	Direta
	2.2	Divulgar o enquadramento dos corpos hídricos para os diversos atores, especialmente órgãos ambientais e usuários de água.	Comitê Cubatão* IMA Órgãos municipais de meio ambiente Entidade Executiva	\$	Alta	A divulgação do enquadramento dos corpos hídricos por horizonte é necessária para que os órgãos de fiscalização e controle estejam cientes dos parâmetros e classes a serem atendidos.	Direta
	2.3	Emitir e fiscalizar as outorgas de lançamento de efluentes na UPG 8.2 - Cubatão.	SEMAE* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$	Alta	A implementação e a fiscalização da outorga de lançamento de efluentes é essencial para o controle da qualidade e quantidade de poluentes nos corpos hídricos.	Direta
	2.4	Monitorar salinidade, carbono orgânico total (COT), fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes (e outros parâmetros julgados relevantes) para conhecimento da zona de transição de água doce e salobra.	SEMAE* Entidade Executiva Universidades Iniciativa privada	\$\$\$	Alta	O monitoramento destes parâmetros fornece maior confiabilidade na determinação do ponto de transição de água doce e salobra, assim como seu enquadramento.	Direta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 33 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 2)

PROGRAMA 2 - Gestão de Recursos Hídricos	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	2.5	Implementar monitoramento das águas subterrâneas, priorizando os parâmetros: profundidade da perfuração e da tomada d'água, STD, coliformes termotolerantes, nitrato, cloreto, ferro total, fluoreto, manganês, nitrito, sódio, sulfato, alumínio, chumbo, cádmio e selênio.	SEMAE* SGB Universidades Entidade executiva	\$\$\$	Alta	O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é atividade importante para o enquadramento e acompanhamento do alcance de metas para as zonas aquíferas. Para a zona aquífera na_1, ainda não existem dados suficientes para o enquadramento. Águas subterrâneas apresentam restrições de uso para alguns elementos e metais pesados (chumbo, arsênio e selênio), não utilizados no enquadramento pela insuficiência de dados. Além disso, é importante a avaliação do fluoreto nas regiões costeiras, e nas zonas aquíferas as1 e as2, onde foram diagnosticados teores mais expressivos deste parâmetro.	Direta
	2.6	Monitorar as águas subterrâneas em poços considerados sem alteração antrópica, priorizando os parâmetros: alcalinidade, bicarbonato, cálcio, carbonato, cloreto, cobre, C.E., cor, dureza total, ferro total, fluoreto, gás carbônico, magnésio, manganês, nitrato, nitrito, pH, potássio, selênio, sílica, sódio, SDT, sulfato, temperatura, turbidez, urânio, alumínio, chumbo, cádmio e selênio (sendo os 4 últimos relevantes para área de estudo, e ainda não foram utilizados para determinação do VRQ).	SEMAE* SGB Universidades Entidade executiva	\$\$\$	Alta	O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em poços sem alteração antrópica é essencial para a determinação do VRQ, conforme Resolução CONAMA 396/2008. Para alguns parâmetros selecionados ainda não foi possível determinar o VRQ dos conjuntos de aquíferos: af2 (cobre, nitrato, selênio); as1; as3_1; as3_2 e as5 (bicarbonato, carbonato, gás carbônico, sílica); as2; as4 e as6 (cobre, cor, gás carbônico, manganês, nitrato, selênio, sílica, urânio); app e na_1 (todos os parâmetros). É importante a avaliação de metais e metais pesados na UPG 8.2 – Cubatão, visto a detecção de certos elementos não estarem associados a fontes antrópicas, fazendo-se fundamental sua verificação (chumbo, arsênio e selênio). Caso verificada a procedência natural destes compostos, torna-se necessário sua inclusão nos VRQs.	Direta

Quadro 34 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 3)

PROGRAMA 2 - Gestão de Recursos Hídricos	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	2.7	Monitorar águas subterrâneas nas áreas adjacentes ao Parque Serra do Tabuleiro.	SEMAE* SGB Universidades Entidade executiva	\$\$\$	Alta	O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em poços sem alteração antrópica é essencial para a determinação do VRQ, conforme Resolução CONAMA 396/2008. As áreas das UGs Madre e Massiambu adjacentes ao Parque Serra do Tabuleiro pertencem à aquíferos enquadrados como Classe 2. Entretanto, devido às solicitações na assembleia pública, foram readequados para Classe 1. Considerando essas especificidades das duas UGs, é importante o monitoramento da qualidade local das águas subterrâneas e sua verificação em relação ao enquadramento.	Direta
	2.8	Avaliar a relação da presença dos elementos chumbo, cádmio e selênio nas águas subterrâneas com o uso e ocupação da terra.	SEMAE* Universidades Entidade executiva	\$	Alta	A presença de parâmetros atípicos nas águas subterrâneas, como metais pesados, pode indicar algum tipo de contaminação. Torna-se necessária a avaliação de sua relação com o uso e ocupação da terra e a identificação de possíveis áreas com a presença de contaminação pontual.	Direta
	2.9	Monitorar o alcance das metas da Proposta de Enquadramento por horizonte de planejamento.	Comitê Cubatão* Entidade Executiva SEMAE	\$\$\$	Alta	O acompanhamento do alcance das metas estabelecidas é fundamental para priorizar as ações previstas e medir/acompanhar o resultado.	Direta
	2.10	Realizar capacitações sobre gestão de recursos hídricos, com foco no enquadramento e temas afins.	Comitê Cubatão* Entidade Executiva SEMAE	\$\$	Alta	A capacitação de usuários de recursos hídricos é atividade essencial para a conscientização dos diversos atores afetados direta ou indiretamente pelo enquadramento dos corpos.	Direta

Quadro 35 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para o Rio Cubatão/Madre referente ao Programa 2 – Gestão de Recursos Hídricos (parte 4)

PROGRAMA 2 - Gestão de Recursos Hídricos	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	2.11	Manter em funcionamento as estações fluviométricas da UPG 8.2 – Cubatão	SEMAE* EPAGRI ANA	\$	Alta	A rede de monitoramento fluviométrico é essencial para determinar a vazão e o fluxo de massa. O fluxo de massa está associado a capacidade de diluição, que impacta na qualidade de água.	Indireta
	2.12	Instalar estações fluviométricas em locais considerados estratégicos, de acordo com o Plano de Recursos Hídricos.	SEMAE* EPAGRI ANA	\$\$\$\$	Média	A rede de monitoramento fluviométrico é essencial para determinar a vazão e o fluxo de massa. O fluxo de massa está associado a capacidade de diluição, que impacta na qualidade de água.	Indireta
	2.13	Ampliar as campanhas de regularização (outorga) e de migração de usuários ao novo Sistema de Outorga (SIOUT-SC)	SEMAE* Comitê Cubatão	\$	Média	A regularização de usuários de recursos hídricos é relevante para atualização e conhecimento das vazões de retirada e de lançamento. A diminuição da vazão aumenta a carga poluidora por haver menos água disponível para diluição.	Indireta
	2.14	Fiscalizar das outorgas concedidas na UPG 8.2 – Cubatão.	SEMAE*	\$	Baixa	A fiscalização das outorgas é essencial para disciplinar o uso dos recursos hídricos, mantendo a capacidade de diluição.	Indireta
	2.15	Realizar monitoramento da ictiofauna e fitoplantônicos	SEMAE* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$	Baixa	O monitoramento da ictiofauna é atividade importante para identificar possíveis alterações nos indicadores ecológicos da comunidade de peixes e ictioplâncton na rede hídrica	Indireta
	2.16	Realizar monitoramento de ecotoxicidade	SEMAE* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$	Baixa	O monitoramento da ecotoxicidade avalia efeitos deletérios nos organismos, observando os efeitos em funções fisiológicas ou biológicas fundamentais, ocasionados pela presença de substâncias atípicas na água.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 36 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1)

Programa: 2 - Gestão de recursos hídricos							
Ação	Metas	Descrição das ações	Instituições envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
2.17	Curto prazo (2028)	Regularizar usuários de recursos hídricos em que o uso da água é incompatível com a classe da Proposta de Enquadramento dos recursos hídricos da UPG 8.2 - Cubatão.	SEMAE* Comitê Cubatão Usuários de águas Entidade executiva	\$\$	Média	Existem usuários que se encontram em trechos de rios onde a água não possui qualidade compatível com seu uso.	Direta
2.18	Curto prazo (2028)	Realizar estudo sobre o impacto da dinâmica da intrusão salina nas águas subterrâneas.	SEMAE* SGB Universidades Entidade executiva	\$\$	Baixa	A presença de determinados parâmetros nas águas subterrâneas, como cloreto, fluoreto e sódio, podem indicar a interferência de cunha salina no ambiente subterrâneo. Altas concentrações destes parâmetros podem, inclusive, restringir alguns usos.	Direta
2.19	Curto prazo (2028)	Realizar o tamponamento de poços desativados.	SEMAE* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$	Baixa	O tamponamento inadequado de poços desativados pode ser uma fonte de poluição para as águas subterrâneas.	Indireta
2.20	Curto prazo (2028)	Delimitar as áreas de recargas de aquíferos da UPG 8.2 – Cubatão.	SEMAE* SGB Comitê Cubatão	\$\$\$	Média	A proteção das áreas de recarga dos aquíferos é fundamental para garantir a infiltração da água no solo, sem a interferência de contaminantes.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação

Quadro 37 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2)

Programa: 2 - Gestão de recursos hídricos							
Ação	Metas	Descrição das ações	Instituições envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
2.21	Médio prazo (2033)	Revisar a zona de transição de água salobra com base no monitoramento dos parâmetros salinidade, carbono orgânico total (COT), fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes e outros.	Comitê Cubatão* Entidade Executiva Universidades Iniciativa privada	\$\$\$	Alta	A determinação do ponto de transição de água doce e salobra por meio de monitoramento traz maior confiabilidade para a gestão.	Direta
2.22	Médio prazo (2033)	Atualizar diagnóstico da qualidade da água subterrânea, a partir de dados atualizados obtidos do monitoramento de águas subterrâneas.	SEMAE* Comitê Cubatão Entidade Executiva Universidades	\$	Alta	É importante a atualização do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas, de forma a identificar as influências do uso e ocupação do solo.	Direta
2.23	Médio prazo (2033)	Proteger as zonas de áreas vulneráveis / recarga dos aquíferos da UPG 8.2 – Cubatão	SEMAE* Comitê Cubatão* Entidade Executiva	\$\$\$	Média	A identificação (placas e sinalização) de áreas que devem ser protegidas permite o engajamento social e participação dos diversos atores. A sinalização adequada pode coibir atividades que podem interferir na qualidade das águas subterrâneas.	Direta
2.24	Médio prazo (2033)	Realizar campanhas de orientação/adequação para usuários inseridas na zona de água salobra, que possuam usos incompatíveis.	SEMAE* Comitê Cubatão Entidade Executiva	\$	Média	A capacitação de usuários de recursos hídricos é atividade essencial para a conscientização dos diversos atores afetados direta ou indiretamente pelo enquadramento dos corpos.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 38 – Programa 2 - Gestão de recursos hídricos por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 3)

Programa: 2 - Gestão de recursos hídricos							
Ação	Metas	Descrição das ações	Instituições envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
2.25	Longo prazo (2038)	Validar o enquadramento proposto para as águas subterrâneas utilizando a informação da profundidade de captação (tomada d'água).	SEMAE* Comitê Cubatão Universidades Entidade executiva	\$	Alta	As características hidroquímicas das águas subterrâneas são reflexo da geologia local. A avaliação da profundidade da captação da água subterrânea é fundamental para identificação de qual aquífero essa água é proveniente.	Direta
2.26	Longo prazo (2038)	Realizar estudo sobre erosão e transporte de sedimento na UPG 8.2 – Cubatão.	SEMAE* Comitê Cubatão Entidade Executiva Universidades	\$\$	Baixa	A dinâmica de sedimentos na bacia hidrográfica é importante para a compreensão do comportamento de como ocorre a sedimentação e assoreamento.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 39 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 1)

PROGRAMA 3 - Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	3.1	Emitir o licenciamento ambiental com base no enquadramento dos corpos hídricos.	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente*	\$	Alta	Novos licenciamentos, assim como a adequação de licenciamentos anteriores deve considerar os horizontes de enquadramento da UPG 8.2 – Cubatão	Direta
	3.2	Fiscalizar a atividade de mineração na UPG 8.2 – Cubatão.	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente* Mineradores	\$\$\$	Alta	A operação dos empreendimentos minerários tem potencial de impactar a qualidade das águas superficiais e das águas subterrâneas em função do rebaixamento de aquíferos e da erosão das margens e leito do rio, entre outros.	Direta
	3.3	Manter as áreas de preservação permanente (APPs) fluviais (nascentes, matas ciliares e reservatórios) da UPG 8.2 – Cubatão.	Proprietários de áreas de APPs* IMA Órgãos municipais de meio ambiente Comitê Cubatão	\$	Alta	Preservar as áreas de APP é fundamental para prestação dos serviços ecossistêmicos da UPG 8.2 – Cubatão. As matas ciliares são barreiras naturais de contaminação dos corpos hídricos.	Direta
	3.4	Criação/Consolidação de Unidades de Conservação (UC) na UPG 8.2 - Cubatão	ICMBio* IMA Órgãos municipais de meio ambiente Comitê Cubatão	\$\$\$	Média	A criação/consolidação das áreas de Unidades de Conservação tendem a melhorar a conscientização/preservação de áreas de importância ecológica e assim, protegem os corpos hídricos.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação

Quadro 40 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 2)

	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
PROGRAMA 3 - Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário	3.5	Estimular a agroecologia, a agricultura orgânica, e promover o manejo do solo, estimulando o plantio direto, a adubação verde	EPAGRI* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$	Média	Práticas sustentáveis de agricultura e cultivo são positivas para evitar o escoamento superficial de insumos agrícolas e estimulam o uso racional da água.	Indireta
	3.6	Fomentar a criação de Programa Produtor de Água.	Comitê Cubatão* IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$	Média	Preservar as áreas de APPs é fundamental para prestação dos serviços ecossistêmicos da UPG 8.2 – Cubatão. As matas ciliares são barreiras naturais de contaminação dos corpos hídricos.	Indireta
	3.7	Monitorar agrotóxicos em trechos considerados estratégicos e com potencial conflito de uso da água	SEMAE* Comitê Cubatão EPAGRI Universidades IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$	Média	A presença de agrotóxicos nos corpos hídricos traz restrição para usos da água, assim, estudar se existe esse potencial conflito é fundamental para garantir os usos múltiplos da água.	Direta
	3.8	Restaurar áreas de preservação permanente (APPs) fluviais (nascentes, matas ciliares e reservatórios) identificadas no Diagnóstico das APPs da UPG 8.2 – Cubatão.	Proprietários de áreas de APPs* Comitê Cubatão IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$\$\$	Média	Restaurar as áreas de APP é fundamental para prestação dos serviços ecossistêmicos da UPG 8.2 – Cubatão, as matas ciliares são barreiras naturais de contaminação dos corpos hídricos.	Indireta

Quadro 41 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 3)

PROGRAMA 3 - Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	3.9	Fiscalizar o recolhimento das embalagens de agrotóxicos	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente* EPAGRI	\$\$\$	Baixa	A presença de agrotóxicos nos corpos hídricos traz restrição para usos da água, assim, descartar de forma adequada as embalagens de agrotóxicos é fundamental para garantir a segurança hídrica.	Indireta
	3.10	Promover o uso racional de água nas áreas rurais e nas atividades de agricultura e criação animal	Agropecuaristas* EPAGRI IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$	Baixa	A otimização do uso da água em propriedades rurais é ação positiva para a conservação dos recursos hídricos e naturais.	Indireta
	3.11	Promover o aproveitamento de resíduos agropecuários, incentivando a implantação de esterqueiras e de sistemas de reaproveitamento de dejetos de origem animais.	Agropecuaristas* EPAGRI IMA Órgãos municipais de meio ambiente	\$\$	Baixa	Práticas sustentáveis de agricultura e cultivo são positivas para evitar o escoamento superficial de insumos agrícolas e estimulam o uso racional da água.	
	3.12	Realizar manutenção nas estradas vicinais de forma a evitar a entrada de sedimentos nos corpos da água.	Prefeituras*	\$\$	Baixa	Normalmente a manutenção das estradas rurais é realizada por motoniveladoras de forma inadequada, assim o material presente nas vias alcança os corpos hídricos trazendo sedimentos.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 42 – Ações contínuas para a Efetivação do Enquadramento para a UPG 8.2 - Cubatão referente ao Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário (parte 4)

PROGRAMA 3 - Gestão Ambiental e Manejo	Ação	Descrição das ações	Instituições Envolvidas	Custo da ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
	3.13	Realizar o controle da poluição industrial	IMA* Órgãos municipais de meio ambiente*	\$\$	Baixa	Controlar/Fiscalizar os lançamentos/efluentes industriais é essencial para manter a qualidade da água.	Indireta
	3.14	Realizar o manejo adequado dos dejetos de origem animal em propriedades rurais.	IMA Órgãos municipais de meio ambiente Comitê Cubatão	\$\$	Baixa	O manejo e descarte inadequado dos dejetos de origem animal pode trazer cargas orgânicas para os corpos hídricos, em momentos de escoamento superficial.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação.

Quadro 43 – Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 1)

Programa: 3 - Gestão Ambiental e de Manejo Agropecuário							
Ação	Meta	Descrição das ações	Instituições envolvidas	Custo da Ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
3.15	Curto prazo (2028)	Identificar trechos considerados estratégicos e com potencial conflito de uso da água relativo à presença de agrotóxicos	Comitê Cubatão* EPAGRI Universidades IMA CIDASC	\$\$\$	Média	A presença de agrotóxicos nos corpos hídricos traz restrição para usos da água, assim, estudar se existe esse potencial conflito é fundamental para garantir os usos múltiplos da água.	Indireta
3.16	Curto prazo (2028)	Otimizar o uso da água em propriedades rurais e indústrias, visando a conservação dos recursos naturais	Agropecuaristas EPAGRI*	\$\$	Baixa	A otimização do uso da água em propriedades rurais e em indústrias é positivo para a conservação dos recursos hídricos e naturais.	Indireta
3.17	Médio prazo (2033)	Iniciar o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais	SEMAE* Comitê Cubatão Proprietários de terrenos de APP	\$\$\$	Média	O Programa de Pagamento por Serviços Ambientais é uma forma de incentivar a preservação e recuperação de áreas importantes para a conservação da água, como áreas de preservação permanente (APPs).	Indireta
3.18	Médio prazo (2033)	Promover a reciclagem dos operadores de motoniveladoras e equipamentos afins, responsáveis pela manutenção de estradas vicinais.	Prefeitura*	\$\$	Baixa	Normalmente a manutenção das estradas rurais é realizada por motoniveladoras de forma inadequada, assim o material presente nas vias alcança os corpos hídricos trazendo sedimentos e aumenta sua turbidez.	Indireta
3.19	Longo prazo (2038)	Realizar estudo sobre a persistência dos agrotóxicos nos corpos hídricos da UPG 8.2 – Cubatão.	SEMAE* Comitê Cubatão Universidades EPAGRI IMA CIDASC	\$\$\$	Média	A presença de agrotóxicos nos corpos hídricos traz restrição para usos da água, assim, estudar se existe esse potencial conflito é fundamental para garantir os usos múltiplos da água.	Indireta

Quadro 44 – Programa 3 – Gestão Ambiental e Manejo Agropecuário por metas para Efetivação do Enquadramento da UPG 8.2 - Cubatão (parte 2)

Programa: 3 - Gestão Ambiental e de Manejo Agropecuário							
Ação	Meta	Descrição das ações	Instituições envolvidas	Custo da Ação	Prioridade	Justificativa	Tipo de ação
3.20	Longo prazo (2038)	Elaborar Plano Diretor da Mineração na UPG 8.2 – Cubatão de acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM)	SEMAE* ANM* Mineradores Comitê Cubatão Entidade Executiva	\$\$\$\$	Alta	A UPG 8.2 – Cubatão possui problemas relacionados a atividade de mineração de leito de rio, especialmente pela erosão das margens.	Indireta

Legenda: * Entidade responsável pela ação

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre

8. CONCLUSÕES

Nesta etapa do projeto o documento foi complementado com as propostas de enquadramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneas da UPG 8.2 – Cubatão. O diagnóstico (Capítulo 3) e as simulações por meio do SADPLAN (Capítulo 4) para os horizontes de planejamento (2028, 2033 e 2038) foram utilizadas para verificação do atendimento de certas classes em áreas onde a qualidade é depreciada, tendo em vista os cenários tendencial, crítico e otimista. Foram consideradas também as propostas de enquadramento apresentadas no PRHC (2018d), tendo em vista que estas foram analisadas por membros do Comitê Cubatão e Madre durante a elaboração do Plano de Recursos Hídricos. Além disso, foram considerados os usos pretensos tanto para água superficial, como para a subterrânea.

As propostas apresentadas para a água superficial buscaram manter os cenários previamente simulados no PRHCM (2018c, 2018d) da UPG 7.2 – Cubatão. As propostas apresentadas precisam ser analisadas e validadas pelos membros do Comitê Cubatão e Madre, no sentido de indicar melhorias e visando a aproximação máxima possível da realidade local.

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, foi proposto o enquadramento das águas subterrâneas nos aquíferos presentes na UPG 8.2 – Cubatão (af2, as1 e as2) utilizando a aplicação de uma metodologia inovadora a nível nacional. O projeto focou no estabelecimento de valores de referência de qualidade (VRQ) para os parâmetros mais relevantes, considerando as condições das águas subterrâneas catarinenses. A definição dos VRQs foi realizada considerando 5 grupos de aquíferos, contemplando as zonas aquíferas presentes na UPG 8.2 – Cubatão. A proposta de enquadramento da água subterrânea, neste estudo, considerou dez parâmetros: sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes, nitrato, cloreto, ferro total, fluoreto, manganês, nitrito, sódio e sulfato, contemplando os obrigatórios pela resolução CONAMA 396/2008 e os mais representativos (e com número de informações suficientes). Este resultado é um avanço para este instrumento de gestão no que diz respeito as águas subterrâneas.

Por fim, apresenta-se o Programas para Efetivação do enquadramento, visando atingir as metas para cada horizonte. A proposta de enquadramento, assim como seu programa de efetivação, será apresentada e adequada, conforme apontamentos do Comitê Cubatão, de forma a se obter um produto adequado pela Resolução do CNRH n° 91/2008.

9. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO – ANA. Órgãos – Competências. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/agencia-nacional-de-aguas> .

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm

CADASTRO NACIONAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS – CNARH. PORTAL DO USUÁRIOS. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/cadastro-nacional-de-usuarios-recursos-hidricos-cnarh>

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Repositório Institucional de Geociências – CPRM. Mapa geológico do estado de Santa Catarina – Dados vetoriais. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17996> .

COMITÊ DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF. Matéria sobre Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs). 2018. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/acoes-e-projetos-do-cbhsf/planos-municipais-de-saneamento-basico-pmsbs/>

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CERH. RESOLUÇÃO CERH Nº 26, DE 20 DE AGOSTO DE 2018. Dispõe sobre a Divisão Hidrográfica Estadual, em Regiões Hidrográficas e Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos, com a finalidade de orientar e implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/mvs/conselho/resolucao/Resolucao_CERH_n_026_divisao_hidrografica_estadual.pdf

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. **Resolução nº 91 de 05 de novembro de 2008**, Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2091.pdf>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 396/08**, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas

subterrâneas e dá outras providências de 03 de março de 2008. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>> Acesso em 2 set. 2020.

CONICELLI, B. P., HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. **Águas subterrâneas: (São Paulo)** [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002967226> . Acesso em: 21 maio 2020.

COMUNIDADE EUROPEIA (CE). Directiva 2009/90/CE da Comissão de 31 de julho de 2009. Estabelece, nos termos da Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, especificações técnicas para a análise e monitorização químicas do estado da água. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0090&from=EN> .

EDLINGER, A. L., SALVADOR, J.; MATTEI, D., ASSUNÇÃO, M. G., BETTIOLET, V. R. Caracterização de efluentes de indústria metalúrgica e proposta de tratamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia. Anais. Goiânia: IBEAS, 2012. p. 1-8.

FOLZKE, C. T. **Estudo da Remoção de Alumínio de Água para Abastecimento utilizando Quitosana**. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

FOSTER, S. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy**. In: International Conference on the Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Proceedings. Noordwijk: International Association of Hydrological Sciences, 1987. v. 38, p. 69-86.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação de águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto de Geológico. (Boletim n. 10), 1993.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: Servmar, 2006.

FOSTER, S.; CHERLET J. **The links between land use and groundwater: governance provisions and management strategies to secure a 'sustainable harvest'**. Stockholm: Global Water Partnership, 2014.

FLORESTASC. Dados e Mapas – **Mapa de cobertura florestal e uso da terra de Santa Catarina**. Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Disponível em: <https://www.iff.sc.gov.br/nossas-a%C3%A7%C3%B5es/mapeamento/mapas> . Acesso em: maio de 2023.

HIRATA, R.; FERNANDES, A. J. **Vulnerabilidade à poluição de aquíferos**. In: FEITOSA, F. A. C. et al. (org.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM. Cap. 5.4, p. 405-424. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>

MACHADO, J. L. F. **Mapa hidrogeológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2013. 1 CD-ROM. Escala 1:500.000. Cartas Hidrogeológicas Estaduais. Programa Disponibilidade Hídrica no Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11594>

MESTRINHO, S.S.P. 2012. **Fundamentos da Classificação da Qualidade das Águas Subterrâneas**. In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços.

NANNI, A. S. **O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. 127 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NOGUEIRA, L. S.; PASQUALETTO, A. Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2008. 28 p.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual nº 1.261, de 01 de novembro de 1975**. Declara de utilidade pública e interesse social, para fins de desapropriação, área de terra destinada ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. ICMBio. Documentação. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1975/dec_sc_1261_1975_uc_parqueestadualserratabuleiro_sc.pdf

SANTA CATARINA. **Lei Estadual nº 6.739, de 16 de dezembro de 1985**. Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos. ALESC/Div. Documentação. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmall66_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-6739-1985.pdf. 1985.

SANTA CATARINA. **Lei Estadual nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. ALESC/GCAN. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_Lei.html. 2009

SANTA CATARINA. **Lei Estadual nº 17.354, de 20 de dezembro de 2017**. ALESC/Coord. Documentação Dispõe sobre a criação do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA), extingue a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) e estabelece outras providências. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2017/17354_2017_Lei.html

SANTA CATARINA. **Lei Estadual nº 18.350, de 27 de janeiro de 2022**. Altera a Lei nº 14.675, de 2009, que “Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências”, e adota outras providências. ALESC/GCAN. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2022/18350_2022_lei.html. 2022.

SANTA CATARINA, 2023. **Monitoramento de Qualidade das Águas – Portal Qualiágua - Programa de Monitoramento de Qualidade da Água de Santa Catarina**.

Disponível em: <https://www.aguas.sc.gov.br/instrumentos/ferramentas-de-gestao/monitoramento-instrumentos/qualidade-das-aguas>. Acesso em: julho de 2023.

SANTA CATARINA (2018a). Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas - **Diagnóstico dos Recursos Hídricos TOMO I**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Elaboração: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). 260p. agosto de 2018.

SANTA CATARINA (2018b). Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas - **Diagnóstico dos Recursos Hídricos TOMO II**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Elaboração: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). 345p. agosto de 2018.

SANTA CATARINA (2018c). Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas - **Prognóstico dos Recursos Hídricos**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Elaboração: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). 301p. dezembro de 2018.

SANTA CATARINA (2018d). Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas - **Elaboração do Plano de Recursos Hídricos**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Elaboração: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). 147p. dezembro de 2018.

SANTA CATARINA (2019). Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e bacias contíguas - **Relatório Síntese**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Elaboração: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). 94p. Janeiro de 2019.

SÃO JOSÉ (2019). **Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de São José/SC** - Relatório contendo o diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário - Produto 5 - Contrato nº 156/2018. Elaboração: Premier Engenharia e Consultoria S.S. Ltda. Contratante: Prefeitura Municipal de São José/SC. 96p. Novembro de 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM (2023). **Sistemas Geocientíficos. Base de dados**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SIAGAS (2023). Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Base de dados. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 22 mar. 2023

PINHEIRO, A.; CRUZ, J. C. **Bases para a gestão de bacias hidrográficas**. In: Arlindo Philippi Jr e Maria do Carmo Sobral. (Org.). Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade. 1ed. Barueri: Editora Manole Ltda, 2019, v. 1, p. 19-53.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. In: Revista Estudos 254

Avançados: Dossiê Água. Instituto de Estudos Avançados da USP. V. 33, nº 63, mai-ago/2008, p. 43-60.

RAMOS, C. A. **Monitoramento não sistemático de qualidade da água subterrânea no apoio a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos**. 2021. Tese FURB.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>, acesso em 26 de outubro de 2023.

VON SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, Vol. 1. DESA-UFMG, Belo Horizonte. Editora UFMG, 2005.

VON SPERLING, M.V.; CHERNICHARO. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**. 2005.

Minuta em avaliação pelo Comitê Cubatão e Madre