

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Jéssica Rodrigues de Souza

Impacto ambiental de piscinas: Estudo de Caso na Região Norte de Florianópolis/SC

Florianópolis

2022

Jéssica Rodrigues de Souza

Impacto ambiental de piscinas: Estudo de Caso na Região Norte de Florianópolis/SC

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Mohedano
Coorientadora: Msc. Aline Alves Freitas

Florianópolis

2022

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

Souza, Jéssica Rodrigues de
Impacto ambiental de piscinas : Estudo de caso na
região norte de Florianópolis/SC / Jéssica Rodrigues de
Souza ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano,
coorientadora, Aline Alves Freitas, 2022.
79 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Piscinas. 3.
Impacto Ambiental. 4. Cargas Efluentes. 5. Poluição Difusa.
I. Mohedano, Rodrigo de Almeida. II. Freitas, Aline Alves.
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Jéssica Rodrigues de Souza

Impacto Ambiental de Piscinas: Estudo de Caso na Região Norte de Florianópolis/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 24 de março de 2022.

Prof^a. Maria Elisa Magri, Dr^a.

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr^a. Manuela Balen

Avaliadora

MSc. Sandra Regina Alexandre Ramos

Avaliadora

Este trabalho é dedicado à minha família, por serem minha fortaleza e meu amparo, e à todos os amigos e colegas ao longo dessa trajetória, por terem tornado-a mais leve.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe Nelci e ao meu pai Gerson (*in memoriam*) por sempre terem feito o possível para priorizar a minha educação e proporcionarem à mim as oportunidades que não lhes foi possível. Mas, principalmente, agradeço por serem meu porto seguro e pelo amor sempre presente. Ao meu irmão Jeferson e minha prima – irmã de coração – Anna Beatriz, pela amizade, amor, pelas conversas empáticas e sinceras.

Às amigadas ao longo de toda minha trajetória acadêmica, pelos momentos compartilhados. Especialmente à Fernanda, meu chaveirinho, por ter permanecido ao meu lado e sempre ter me dado forças. À Rhamany, pela amizade incrível construída, pelos questionamentos acerca da vida que tanto me acrescentam – “your birth is my birth”. Ao grupinho das “cansadas”, por trazer a leveza necessária nos momentos críticos, por terem me dado forças para seguir em frente e não desistir.

Ao meu orientador e coorientadora, Professor Dr. Rodrigo e Msc. Aline, por todo apoio na realização deste trabalho.

E por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de ter conhecido professores tão competentes.

RESUMO

O processo de manutenção química e física das piscinas acarretam impactos ambientais. Tal problemática é verificada em Florianópolis/SC a partir da proibição do lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto, pela Lei Municipal 239/2006, abrangendo o descarte de águas de piscinas descobertas na rede de drenagem. Nesse sentido tem-se que os efluentes provenientes do descarte realizado em piscinas durante a manutenção física das mesmas, descarregam insumos provenientes das manutenções químicas, desencadeando poluição difusa. Além disso, o elevado volume de água consumido em manutenções de piscinas, também caracteriza-se como um impacto ambiental. Diante deste cenário, este trabalho buscou estimar na Região Norte de Florianópolis/SC a quantidade de piscinas e o volume de água consumido para a manutenção das mesmas, bem como estimar a concentração efluente do cobre e alumínio dissolvidos e cloro total presentes nos insumos utilizados para a manutenção de piscinas, e suas cargas efluentes, para posteriormente identificar os aspectos ambientais das piscinas e avaliar os impactos correspondentes sobre os corpos d'água receptores, a fim de sugerir práticas de gestão para a mitigação dos impactos ambientais de piscinas. A quantificação de piscinas ocorreu por meio do *software* QGIS 3 e a obtenção do volume de água consumido por piscinas deu-se pelo produto entre as vazões das motobombas, tempo médio de duração e frequência de manutenção de cada operação pelo total de piscinas contabilizadas. As concentrações de cada substância foram obtidas por meio de cálculos estequiométricos de proporcionalidade, e suas cargas correspondentes foram obtidas por meio do produto entre concentração e vazão. Para análise dos aspectos e impactos ambientais foi elaborado uma rede de interação (*networks*), além da valoração dos impactos para cada atributo, magnitude e probabilidade, resultando em um Valor Global de Impacto Ambiental (VGI). A partir de pesquisas bibliográficas, práticas de gestão para a mitigação dos impactos ambientais de piscinas foram propostas. Por meio do *software* QGIS 3 foram contabilizadas 1640 unidades de piscinas na região de estudo, sendo que os volumes de água consumidos pelas manutenções físicas de piscinas relacionam-se com a quantidade de piscinas contabilizadas em cada bairro. Quanto às cargas efluentes, obteve-se um resultado elevado para todas as substâncias analisadas. Porém, a carga efluente de cloro foi a que apresentou maior expressividade em termos numéricos, dada sua elevada concentração nos compostos clorados inorgânicos dosados no tratamento químico de piscinas. A contribuição destas cargas efluentes em ecossistemas aquáticos por meio dos sistemas de drenagem é ambientalmente preocupante, uma vez que os íons metálicos e a formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) resultantes do processo de cloração em contato com substâncias precursoras, apresentam problemas relacionados à biodegradabilidade, toxicidade, podendo ser bioacumulados nas cadeias tróficas, impactando os ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, podendo causar um desequilíbrio ecológico. O resultado obtido por meio do Valor Global de Impacto Ambiental (VGI) corresponde a -58,55 (impacto negativo), uma valoração classificada como alta. Práticas de gestão para a mitigação dos impactos ambientais foram propostas a fim de reduzir o consumo de água, energia, níveis de resíduos metálicos e SOHs nos efluentes de piscinas.

Palavras-chave: Piscinas. Impacto ambiental. Cargas efluentes. Poluição difusa.

ABSTRACT

The process of the chemical and physical maintenance of swimming pools has environmental impacts. This problem is verified in Florianópolis/SC from the prohibition of the release of rainwater in the sewage collection system, by Municipal Law 239/2006, covering the disposal of water from uncovered swimming pools in the drainage network. In this sense, effluents from the disposal carried out in swimming pools during their physical maintenance discharge inputs from chemical maintenance, triggering diffuse pollution. In addition, the high volume of water consumed in swimming pool maintenance is also characterized as an environmental impact. Given this scenario, this work sought to estimate the number of swimming pools and the volume of water consumed for their maintenance in the North Region of Florianópolis/SC, as well as to estimate the effluent concentration of dissolved copper and aluminum and total chlorine present in the inputs used for maintenance of swimming pools, and their effluent loads, to later identify the environmental aspects of the pools and assess the corresponding impacts on the receiving water bodies, to suggest management practices to mitigate the environmental impacts of swimming pools. The quantification of pools took place using the QGIS 3 software and the volume of water consumed by pools was obtained by the product between the flows of the motor pumps, average duration, and frequency of maintenance of each operation by the total number of pools accounted for. The concentrations of each substance were obtained through stoichiometric calculations, and their corresponding loads were obtained through the product between concentration and flow. For the analysis of environmental aspects and impacts, networks were created, in addition to the valuation of impacts for each attribute, magnitude, and probability, resulting in a Global Value of Environmental Impact (GVI). Based on bibliographic research, management practices to mitigate the environmental impacts of swimming pools were proposed. Through the QGIS 3 software, 1640 pools units were counted in the study region, and the volumes of water consumed by the physical maintenance of swimming pools are related to the number of pools counted in each neighborhood. As for the effluent loads, a high result was obtained for all substances analyzed. However, the effluent chlorine load was the one that presented the greatest expressiveness in numerical terms, given its high concentration in the inorganic chlorinated compounds dosed in the chemical treatment of swimming pools. The contribution of these effluent loads to aquatic ecosystems through drainage systems is of environmental concern since metal ions and the formation of halogenated organic disinfection by-products (DBPs) resulting from the chlorination process in contact with precursor substances present problems related to biodegradability, toxicity, and can be bioaccumulated in food chains, impacting aquatic ecosystems and, consequently, causing an ecological imbalance. The result obtained through the Global Value of Environmental Impact (GVI) corresponds to -58.55 (negative impact), a valuation classified as high. Management practices to mitigate environmental impacts were proposed to reduce consumption of water, energy, levels of metallic waste, and DBPs in swimming pool effluents.

Keywords: Swimming pools. Environmental impact. Effluent charges. Diffuse pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de um sistema típico de circulação da água de uma piscina.....	21
Figura 2 – Representação da operação de drenagem da água da piscina	22
Figura 3 – Representação da operação de retrolavagem do filtro	22
Figura 4 – Esquema de ligação à rede de drenagem pluvial	32
Figura 5 – Poluição difusa	33
Figura 6 – Mapa de Localização da Região de Estudo.....	36
Figura 7 – Regiões de descarga do sistema de drenagem da região de estudo.....	37
Figura 8 – Hipsometria da região de estudo	38
Figura 9 – Captura de tela do zoom plugin basemap Google Satellite com feições “ponto” posicionadas em cada piscina identificada, de uma área do bairro de Jurerê Internacional.....	40
Figura 10 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos mínimos de vazão, tempo e frequência de operação	49
Figura 11 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos máximos de vazão, tempo e frequência de operação	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aspectos e impactos ambientais do meio físico	58
Quadro 2 – Aspectos e impactos ambientais do meio biótico	59
Quadro 3 – Aspectos e impactos ambientais do meio antrópico e socioeconômico	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dosagem para algicida de manutenção e de choque	25
Tabela 2 – Fórmulas moleculares e porcentagem de cloro ativo dos compostos clorados mais utilizados na desinfecção de piscinas	26
Tabela 3 – Dosagens recomendadas para cada tipo de cloração	26
Tabela 4 – Dosagem recomendada para o coagulante sulfato de alumínio.....	27
Tabela 5 – Análise da concentração de Al e Cu (II) em piscinas de uso coletivo em Natal/RN	28
Tabela 6 – Principais fórmulas estruturais dos Trihalometanos.....	30
Tabela 7 – Valor máximo permitido para lançamento de cobre e alumínio conforme as normas estabelecidas	43
Tabela 8 – Critério de ponderação dos atributos	46
Tabela 9 – Valoração dos atributos e relevância	46
Tabela 10 – Valoração da probabilidade e magnitude (relevância)	46
Tabela 11 – Intervalo de Valoração.....	47
Tabela 12 – Unidades de piscinas contabilizadas por bairro.....	48
Tabela 13 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação	49
Tabela 14 – Volume total de água consumido anualmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por unidade de piscina, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação	50
Tabela 15 – Concentração calculada para o alumínio dissolvido e cobre dissolvido.....	51
Tabela 16 – Concentração calculada de cloro total, categorizados conforme o composto clorado (hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio).....	53
Tabela 17 – Carga efluente do alumínio, em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo	54
Tabela 18 – Carga efluente do cobre, em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo	55
Tabela 19 – Carga efluente do cloro (considerando o insumo hipoclorito de cálcio), em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo	56

Tabela 20 – Carga efluente do cloro (considerando o insumo hipoclorito de sódio), em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo.....	56
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIA Avaliação de Impacto Ambiental

CASAN Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

COEMA Conselho Estadual de Meio Ambiente (Ceará)

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

FISPQ Ficha de Informação de Segurança dos Produtos Químicos

ISO International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

NBR Norma Técnica Brasileira

pH Potencial de Hidrogênio ou Potencial Hidrogeniônico

PHS Projeto Hidrossanitário Simplificado

PMF Prefeitura Municipal de Florianópolis

SOH Subprodutos Orgânicos Halogenados

THM Trihalometanos

USEPA United States Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

UV Ultravioleta

VMP Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 PISCINAS: ASPECTOS GERAIS.....	19
2.1.1 Histórico	19
2.1.2 Importância social e sanitária	19
2.1.3 Classificação	20
2.2 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS	20
2.2.1 Tratamento físico	21
2.2.2 Tratamento químico	23
2.3 INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE PISCINAS E PROTOCOLOS DE USO	24
2.3.1 Algicida	24
2.3.2 Compostos Clorados	25
2.3.3 Coagulante	27
2.3.4 Cobre e alumínio em piscinas	27
2.4 IMPACTOS ASSOCIADOS À MANUTENÇÃO DE PISCINAS	28
2.4.1 Riscos associados à exposição dos insumos utilizados na manutenção química de piscinas	28
2.4.2 Consumo de água e energia	30
2.4.3 Disposição dos efluentes de piscinas e poluição difusa	31
2.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	33
2.6 NORMAS E RESOLUÇÕES.....	34
3 METODOLOGIA	36
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	36
3.2 QUANTIFICAÇÃO DE PISCINAS	38
3.3 VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO	40
3.3.1 Procedimentos de Coleta de Dados	41
3.3.2 Tratamento e análise dos dados	41
3.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ALUMÍNIO, COBRE E CLORO	42
3.5 CARGAS EFLUENTES	43

3.5.1 Procedimentos de Coleta de Dados	44
3.5.2 Tratamento e análise dos dados	44
3.6 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS	45
3.6.1 Rede de Interação	45
3.6.2 Valoração dos Atributos	46
3.6.3 Classificação dos Intervalos de Valoração	46
3.6.4 Mitigação dos Impactos	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 QUANTIFICAÇÃO DE PISCINAS	48
4.2 VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO PELA RETROLAVAGEM E ASPIRAÇÃO DE FUNDO	48
4.3 CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO, CLORO E COBRE NO EFLUENTE DE PISCINA	51
4.3.1 Alumínio e cobre dissolvidos	51
4.3.2 Cloro total	52
4.4 CARGAS EFLUENTES	53
4.4.1 Alumínio	53
4.4.2 Cobre	54
4.4.3 Cloro total	55
4.5 IMPACTO AMBIENTAL DE PISCINAS E PRÁTICAS DE GESTÃO PARA MITIGAÇÃO	57
4.5.1 Meio físico	57
4.5.2 Meio biótico	58
4.5.3 Meio antrópico e socioeconômico	59
4.5.4 Medidas Mitigadoras	60
5 CONCLUSÃO	62
6 RECOMENDAÇÕES	64
REFERÊNCIAS	65
ANEXO A – Questionário sobre Tratamento Físico	73
ANEXO B – Questionário sobre Tratamento Químico	75
ANEXO C – Mapa de identificação das unidades de piscinas nos bairros Daniela, Forte, Jurerê Internacional e Jurerê Tradicional e resultado da quantificação na tabela de atributos	76
ANEXO D – Matriz de VGI / Rede de Interação	78

1 INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil dispor de, aproximadamente, 12% do total de água doce mundial, crises hídricas vêm afetando o país desde 2012. Isso ocorre devido aos períodos mais críticos de escassez de chuvas em sinergia ao aumento das demandas de uso da água relacionado ao aumento populacional, ocupação desordenada do solo e poluição hídrica, mudanças climáticas e suas interferências no ciclo hidrológico, além da falta de investimentos em infraestrutura hídrica (ANA, 2021).

A água é um insumo essencial para diversos fins como industrial, agrícola, humano, animal, transporte, lazer e geração de energia. Atualmente, as piscinas possuem importância social, uma vez que se tornaram fonte de lazer e possibilitam atividades desportivas, sendo locais de encontro em residências, prédios/condomínios, clubes, etc, especialmente em países tropicais como o Brasil, onde o calor se estende por vários meses do ano. Mas, apesar da popularização das piscinas, tem-se a relação das instalações com bairros de elevado padrão socioeconômico, como é o caso de Jurerê Internacional, empreendimento o qual a entrada de capital se evidencia mais claramente, destinado à ocupação seletiva de elites urbanas (SOUZA LAGO, 1996).

Apesar das piscinas serem utilizadas para fins não potáveis, deve-se garantir o atendimento aos padrões de qualidade das águas de piscinas. O *Sub-Committee on Water Quality Criteria* indica que a utilização de piscinas pode colocar a saúde dos banhistas em risco, pois podem existir portadores de patologias e, pelo fato das mucosas e da pele apresentarem menos resistência às imersões prolongadas e, pelo atrito com a água, há a facilidade de transmissão de doenças como infecções dos olhos, nariz, garganta, infecções da pele, otites, etc. (RUSSOMANNO, 1973; SANSEBASTIANO et al., 2008).

Portanto, a questão sobre a qualidade da água tem se mostrado como fator importante em relação às patologias veiculadas pelas águas de piscina, pois com um tratamento adequado assegura-se a redução da sua flora bacteriana a níveis considerados seguros, dificultando a transmissão de doenças. Dessa forma, qualifica-se a relevância do saneamento para o projeto, operação, manutenção e funcionamento das piscinas (MACÊDO, 2019).

De forma a reduzir as possibilidades dos banhistas adquirirem doenças durante suas atividades, faz-se necessário a manutenção física e química das piscinas. Comumente, no tratamento químico das piscinas são utilizados compostos clorados e produtos químicos metálicos, como em algicidas e coagulantes. Desse modo, esses produtos utilizados no

tratamento contém insumos ou formam subprodutos que podem afetar a saúde dos usuários e/ou do ecossistema aquático.

Além disso, o funcionamento de piscinas demanda uma elevada quantidade de água, conforme demonstrado pelo estudo desenvolvido por Forrest e Williams (2010), onde concluiu-se que piscinas são responsáveis por até 13% do consumo de água de uma residência. A ocorrência deste consumo dá-se tanto para seu abastecimento quanto em manutenções periódicas que associam o descarte parcial das águas.

No município de Florianópolis, o descarte de águas de piscinas descobertas deve ser destinada à rede de drenagem, em conformidade à Lei Municipal nº 239/2006 (FLORIANÓPOLIS, 2006), que proíbe o lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto. Nesse sentido, tem-se que as cargas poluidoras provenientes dos efluentes de piscinas são descarregados no corpo d'água de forma distribuída, por meio da drenagem pluvial, apresentando-se como um problema, uma vez que a poluição veiculada pela drenagem pluvial é potencialmente tóxica aos ecossistemas aquáticos, sendo caracterizada como poluição difusa (VON SPERLING, 2005).

Diante deste cenário, este trabalho buscou identificar aspectos e impactos ambientais associados à manutenção e limpeza de piscinas, por meio de um estudo de caso nos bairros Daniela, Forte e Jurerê (Internacional e Tradicional), no município de Florianópolis/SC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pela manutenção de piscinas, por meio de um estudo de caso nos bairros Daniela, Forte e Jurerê (Internacional e Tradicional), em Florianópolis/SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar nos bairros estudados (Daniela, Forte, Jurerê Tradicional e Jurerê Internacional) a quantidade de piscinas e o volume de água consumido para a manutenção das mesmas;

- Estimar a concentração efluente do cobre e alumínio dissolvidos e cloro total presentes nos insumos utilizados para a manutenção de piscinas, bem como estimar as cargas efluentes destas substâncias nas regiões de descarga do sistema de drenagem;
- Identificar os aspectos ambientais das piscinas e avaliar os impactos correspondentes sobre os corpos d'água receptores, por meio de uma rede de interação;
- Sugerir práticas de gestão para a mitigação dos impactos ambientais de piscinas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PISCINAS: ASPECTOS GERAIS

2.1.1 Histórico

Historicamente, há evidências de que diversas civilizações iniciaram um processo de (re)significação de construções hídricas para o uso dos seus povos. Entre 3.000 e 2.500 a.C., foi construído o primeiro tanque de água para uso público, denominado “*The Great Bath*” (cuja tradução literal seria “A Grande Banheira”), situado na cidade de Mohenjo-daro, sítio arqueológico situado na província de Sindh, no Paquistão. Com dimensões de 12 metros de comprimento, 7 metros de largura e profundidade máxima de 2,4 metros, esta construção é creditada como sendo a primeira piscina feita pelo homem, sendo descoberta em 1926, cujas finalidades eram rituais religiosos realizados pelo antigo povo do Vale do Indo, que vivia no sul do atual Paquistão. A piscina foi construída em material de pedra e tijolo, revestida com alcatrão – chamado de betume natural, sendo que a água era fornecida por um grande poço, e possuía um ralo em um canto da banheira, permitindo a renovação da água (BRITANNICA, 2018).

Já na era moderna, a Grã-Bretanha introduziu um novo conceito de piscina, na qual realizou grandes progressos no tratamento e gestão de águas destinadas ao uso público, cuja história se inicia no ano de 1837, na cidade de Londres, onde foram construídas seis piscinas públicas, resultando na popularização da natação e, posteriormente, em 1869 formou-se a *Amateur Swimming Association*. O surgimento desta associação resultou em avanços na utilização da água para fins recreativos e desportivos, coincidindo com a maior procura de instalações de piscinas. Por este motivo, o poder público promulgou em 1875 um novo *Public Health Act*, onde estabelecia que as autoridades locais poderiam fornecer água deliberadamente à estas instalações públicas (MACÊDO, 2019).

2.1.2 Importância social e sanitária

Conforme descrito por Macêdo (2019), as piscinas possuem importância social visto que, atualmente, facilitam a prática de atividades consideradas importantes para a saúde, possibilitando a execução de atividades desportivas, e a convivência social. As piscinas

tornaram-se fonte de lazer, uma vez que são locais de encontro em residências, prédios/condomínios, clubes, etc, especialmente em países tropicais como o Brasil, onde o calor se estende por vários meses do ano.

A importância sanitária das piscinas ocorre pois, conforme indicado pelo *Sub-Committee on Water Quality Criteria*, a utilização de piscinas pode colocar a saúde dos banhistas em risco, visto que as atividades com prolongado contato com a água facilitam a transmissão de patologias por meio das mucosas e pele, que apresentam menor resistência por causa das imersões prolongadas e do atrito com a água (RUSSOMANNO, 1973). Dentro desse contexto, tem-se que a manutenção da qualidade da água é um fator determinante na precaução da transmissão de doenças entre os banhistas (MACÊDO, 2019).

2.1.3 Classificação

Conforme consta na NBR 9819 (ABNT, 1987), as piscinas podem ser classificadas de diversas formas: quanto ao uso; suprimento de água; finalidade; condicionamento de temperatura; características químicas da água; recinto e quanto à construção. No Art. 6º da Resolução Normativa nº 003 da Diretoria de Vigilância Sanitária do estado de Santa Catarina, a classificação das piscinas é especificada somente conforme o uso: piscinas particulares, coletivas, públicas e de uso especial (SANTA CATARINA, 2016).

2.2 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS

O tratamento d'água de piscina visa a proteção dos banhistas contra doenças como infecções dos olhos, nariz, garganta, infecções da pele, otites, etc. (SANSEBASTIANO et al., 2008) que, eventualmente, podem ser transmitidas através do contato com a água. Mas além disso, visa também condicionar os aspectos além da saúde, como estéticos e de conforto, sendo que todos devem ser priorizados no tratamento (MAURÍCIO, 2019).

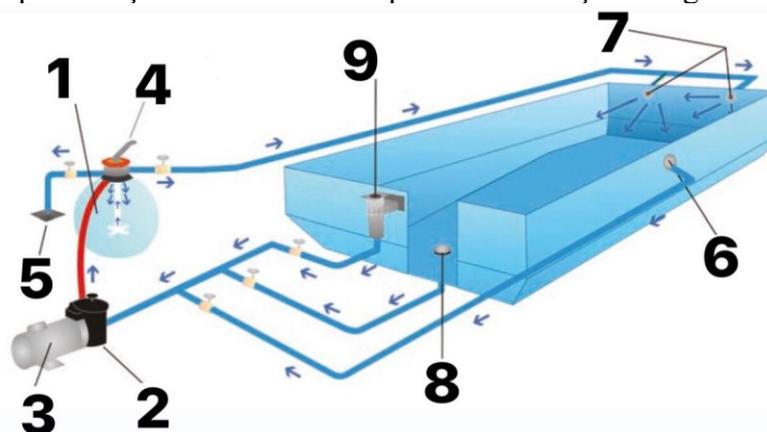
Ao realizar o tratamento de águas de piscinas, busca-se manter a água limpa, balanceada e saudável. A água limpa está relacionada à sujeira visível e boa aparência; a água balanceada relaciona-se com o pH, alcalinidade total e dureza cálcica ajustados na faixa ideal, de forma que não cause irritação na pele, olhos e mucosas dos usuários da piscina, nem que danifique os equipamentos; e a água saudável refere-se à ausência de microrganismos, materiais orgânicos e inorgânicos, odores e coloração fora do padrão (GENCO, 2010). Cada

aspecto da água, conforme citado anteriormente, requer um tratamento específico – seja ele físico ou químico e estão descritos nos tópicos seguintes.

2.2.1 Tratamento físico

O tratamento físico da água deve ser realizado antes do tratamento químico e consiste na remoção das impurezas físicas visíveis suspensas ou depositadas no fundo da piscina (HTH, 2021). Esse tratamento é constituído pelos processos de filtração, aspiração, peneiração, limpeza dos cestos pré-filtros e bordas da piscina (GENCO, 2010). Há variações na frequência dessas operações, já que nos períodos de alta temporada, as manutenções são efetuadas com maior frequência, ao contrário dos meses de menor movimento (POOL RESCUE, 2021). Abaixo há um exemplo genérico do sistema de circulação de uma piscina, representado pela Figura 1.

Figura 1 – Representação de um sistema típico de circulação da água de uma piscina.



Fonte: Genco (2010).

1 – Filtro: Conforme descrito na NBR 9816, o filtro é a estrutura dotada de meio filtrante ou equipamento destinado à filtração. Este dispositivo é responsável pela remoção de impurezas da água. O meio filtrante pode ser composto de diversos materiais, porém, o mais empregado nos filtros é a areia – de granulação específica – que retém a sujeira em suspensão, devolvendo à piscina água limpa (ABNT, 1987; GENCO, 2010);

2 – Pré-Filtro: Interligado à tubulação de sucção, possui a função de reter os detritos, evitando a danificação da bomba (ABNT, 1987);

3 – Bomba/Motobomba: É um equipamento acoplado ao filtro (1), cuja função é movimentar a água pelo sistema de recirculação da piscina, permitindo – através da válvula seletora (4) –

executar múltiplas funções, como: filtrar, aspirar, recircular, drenar e retrolavar (ABNT, 1987; HIDROAZUL, 2021; GENCO, 2010);

4 – Válvula Seletora: Esta válvula possui uma alavanca que, ao ser girada, muda de operação, cujas funções são: filtrar, retrolavar, pré-filtrar, recircular, drenar ou fechar (HIDROAZUL, 2021). As operações que envolvem descarte de água estão descritas abaixo:

Drenagem: Esta operação é efetuada para descartar total ou parcialmente a água da piscina, ou ainda, para realizar a aspiração (drenando) do fundo da piscina. A água é succionada pelo conjunto motobomba (3), não passando pelo filtro (1), e é descartada através do dreno (5), conforme ilustrado na Figura 2, e posteriormente é conduzida pela rede de drenagem até o corpo receptor (HIDROAZUL, 2021).

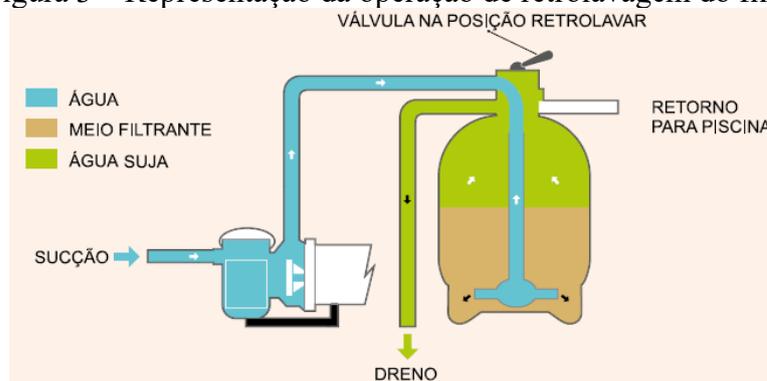
Figura 2 – Representação da operação de drenagem da água da piscina



Fonte: Hidroazul (2021).

Retrolavagem: Nesta operação, o fluxo d'água é invertido em relação à filtração, uma vez que não retorna à piscina, conforme ilustrado na Figura 3, abaixo. A água proveniente da limpeza do filtro (1) é lançada diretamente na rede de drenagem (HIDROAZUL, 2021).

Figura 3 – Representação da operação de retrolavagem do filtro



Fonte: Hidroazul (2021).

5 – Dreno: Responsável pela movimentação d'água que, fluindo através do dreno, arrasta a sujeira depositada na parte mais profunda da piscina. Além disso, este acessório também permite a drenagem da piscina para fins de manutenção (SODRAMAR, 2021).

6 – Bocal de Aspiração: Possui a função de succionar a água e sujeiras do fundo da piscina, por meio de um aspirador. A água succionada pode ser descartada, sendo conduzida até a rede de drenagem pluvial, ou retornar à piscina (SOLARGIL, 2018).

7 – Bocais de Retorno: Esse dispositivo é responsável pelo retorno da água filtrada ou aspirada (sem drenar) à piscina (FONSECA, 2018).

8 – Ralo de Fundo: Sua principal função é sugar a água do fundo da piscina, transportando-a até a motobomba, possibilitando a execução de operações. Além disso, através do ralo de fundo é possível esvaziar a piscina para fins de manutenção (SOLARGIL, 2018).

9 – Coadeira Automática (Skimmer): Promove o fluxo superficial de água para que partículas flutuantes sejam recolhidas. É instalado na parede da piscina, na altura do nível d'água. Caso a piscina não seja dotada de coadeira, faz-se necessário instalar um dispositivo nivelador. Deve ser disposto nas paredes do reservatório, no nível da superfície d'água, de forma que o excesso de água seja escoado, garantindo que a piscina não extravase e que o nível se mantenha uniforme (FONSECA, 2018).

2.2.2 Tratamento químico

De acordo com o Manual de Tratamento de Piscinas da Hidroazul (2021), “o tratamento químico está relacionado com o equilíbrio e a ação dos produtos químicos na água”. O tratamento utilizado com maior frequência para eliminar impurezas e microrganismos da piscina é a cloração somada à filtração. Porém, eventualmente, outros produtos químicos são necessários para garantir a qualidade da água (VIANNA, 2013). Alguns dos produtos comumente utilizados nesta etapa do tratamento estão descritos no tópico seguinte.

2.3 INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE PISCINAS E PROTOCOLOS DE USO

2.3.1 Algicida

Os algicidas são utilizados no tratamento químico de piscinas com a finalidade de evitar e eliminar a proliferação de algas. As algas são organismos aquáticos que interferem na cor aparente (tornando as águas das piscinas esverdeadas), além de formarem “limo” no fundo e laterais das paredes das piscinas. Elas chegam às águas das piscinas por meio do vento, chuvas, trazidas por insetos, etc. (GARCIA, 2002; HIDROAZUL, 2021; MACÊDO, 2019).

Entre os algicidas existentes, os mais conhecidos e utilizados para controle de algas no ambiente aquático, são os à base de sulfato de cobre (II), devido à sua eficiência, facilidade de aplicação e baixo custo. Tal produto apresenta-se no estado líquido, com coloração azulada (DURBOROW et al., 2008; FUNASA 2003; CETESB 2017).

O sulfato de cobre tem ação contra a maioria dos tipos de algas. Contudo, na forma pura a sua utilização como um algicida não é recomendada, em função da sua elevada toxicidade, além de poder causar problemas de descoloração dos cabelos e manchas nas superfícies da piscina, especialmente em valores de pH superiores a 7,4 (MACÊDO, 2019).

Há dois tipos de algicidas utilizados no tratamento de piscinas: o de manutenção e o de choque. O que os difere é a utilização e concentração de sulfato de cobre pentahidratado. O algicida de manutenção é utilizado em piscinas limpas, como prevenção ao surgimento de algas – ação algistática (PEREIRA, 2019), e sua concentração de sulfato de cobre pentahidratado é aproximadamente 9% (DOMINUS, 2018; HIDROAZUL, 2019); enquanto o algicida de choque é utilizado em piscinas já afetadas pela presença de algas, com o objetivo de eliminá-las – ação algicida (PEREIRA, 2019), e sua concentração de sulfato de cobre pentahidratado é de aproximadamente 20% (DOMINUS, 2018; HIDROAZUL, 2018).

2.3.1.1 Dosagem

O algicida de manutenção deve ser aplicado de uma a duas vezes na semana, cuja dosagem é, em média, 5 mL de algicida para cada metro cúbico do volume da piscina. O algicida de choque não possui uma periodicidade de aplicação, variando conforme a necessidade, sendo utilizado apenas quando a piscina apresenta algas. A dosagem é, em

média, 9 mL de algicida para cada metro cúbico do volume de água da piscina (HIDROAZUL, 2021; POOL RESCUE, 2021). A dosagem para cada tipo de algicida, bem como sua concentração de sulfato de cobre pentahidratado, constam na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Dosagem para algicida de manutenção e de choque

FÓRMULA MOLECULAR	TIPO DE ALGICIDA	% SULFATO DE COBRE	DOSAGEM
CuSO ₄ . 5H ₂ O	Manutenção	9	5 mL/m ³
	Choque	20	9 mL/m ³

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

2.3.2 Compostos Clorados

Os derivados clorados são os principais produtos para desinfecção de piscinas. Esses produtos podem ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo que os compostos clorados inorgânicos mais utilizados são o hipoclorito de sódio (NaOCl) e hipoclorito de cálcio (Ca(ClO)₂). O hipoclorito de sódio possui coloração amarela e é comercializado sempre em solução, possui alta solubilidade e reage com a água formando ácido hipocloroso e hidróxido de sódio em solução, conforme representado pela Equação 1 abaixo. A concentração de cloro ativo deste composto clorado, bem como sua fórmula molecular, está apresentada na Tabela 2 (RICHTER & NETTO, 1991; TCHOBANOGLOUS & BURTON, 1991).



O hipoclorito de cálcio é normalmente comercializado na forma granular, como um pó branco com forte odor de cloro e, devido à baixa solubilidade em água, forma incrustações com facilidade. A concentração de cloro ativo do hipoclorito de cálcio, bem como sua fórmula molecular, está apresentada na Tabela 2. Este composto clorado reage com a água formando ácido hipocloroso e hidróxido de cálcio, conforme representado pela Equação 2 (RICHTER & NETTO, 1991; MACÊDO, 2019; BLOCK, 1991).



Tabela 2 – Fórmulas moleculares e porcentagem de cloro ativo dos compostos clorados mais utilizados na desinfecção de piscinas

Compostos Clorados Inorgânicos	Fórmulas Moleculares	% Cloro
Hipoclorito de Sódio	NaOCl	10 a 15
Hipoclorito de Cálcio	Ca(ClO) ₂	65

Fonte: Adaptado de Macêdo (2003) apud Butião (2011).

2.3.2.1 Dosagem

Assim como no tratamento químico com algicida, há dois tipos de tratamentos para os compostos clorados: de manutenção e de choque. A supercloração ou cloração de choque, é a adição de derivados clorados na água da piscina em uma quantidade superior àquela normalmente utilizada, sendo recomendada quando houver: contaminação da água por fezes, urina, animais mortos, etc; períodos de muito calor; grande quantidade de banhistas frequentando a piscina; forte chuva, dentre outros (HIDROAZUL, 2021).

A frequência de aplicação desses produtos para manutenção depende de diversos fatores, como recomendação do fabricante, frequência de banhistas, mas o ideal para piscinas que possuem fluxo diário é que a aplicação seja efetuada todos os dias. Caso contrário, quatro vezes por semana é o suficiente (PEREIRA, 2019; HIDROAZUL, 2021). A supercloração não possui uma periodicidade exata, sendo efetuada conforme a necessidade pelos eventos citados no parágrafo anterior.

A dosagem de manutenção para o hipoclorito de cálcio é, em média, 4 g para cada 1 m³ do volume de água da piscina; enquanto para o hipoclorito de sódio a dose é, em média, 20 mL para cada 1 m³ de água de piscina. A cloração de choque para o hipoclorito de cálcio requer uma dose de, aproximadamente, 13 g para cada 1 m³ d'água, enquanto para o hipoclorito de sódio tem-se 40 mL para cada 1 m³ d'água. As porcentagens de cloro ativo presentes em cada composto clorado, bem como suas doses para cada tipo de tratamento (manutenção e choque) estão descritas na Tabela 3 abaixo (HIDROAZUL, 2021; QUIMIDROL, 2021).

Tabela 3 – Dosagens recomendadas para cada tipo de cloração

PRODUTO	% CLORO	DOSE - CLORAÇÃO	
		MANUTENÇÃO	CHOQUE
Hipoclorito de Cálcio	65	4 g/m ³	13 g/m ³
Hipoclorito de Sódio	10 a 15	20 mL/m ³	40 mL/m ³

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

2.3.3 Coagulante

O sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais utilizados no tratamento de piscinas. É indicado para flocular e decantar sólidos em suspensão que causam turbidez na água da piscina. O sulfato de alumínio é um sal inorgânico e, comumente, apresenta-se na forma sólida, de coloração branca a bege (PAULA & FERNANDES, 2018; RICHTER & NETTO, 1991).

2.3.3.1 Dosagem

Sempre que houver excesso de sólidos em suspensão na água e o pH estiver alto, faz-se necessário aplicar o sulfato de alumínio, não havendo uma frequência exata de aplicação. O produto deve ser dosado de acordo com as recomendações do fabricante, mas, em média, dosa-se 40 g de sulfato de alumínio para cada 1 m³ de água de piscina, conforme representado pela Tabela 4 (HIDROALL, 2018; HIDROAZUL, 2021).

O sulfato de alumínio desencadeia a diminuição do pH do meio, sendo necessário corrigir o pH da piscina após a aplicação do produto (SANTOS et al., 2020), para que este seja mantido na faixa de 7,2 a 7,8, conforme recomendado pela NBR 10818:1989 e pela Resolução Normativa nº 003/DIVS/SES de 2006.

Tabela 4 – Dosagem recomendada para o coagulante sulfato de alumínio

FÓRMULA MOLECULAR	% SULFATO DE ALUMÍNIO	DOSE
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (14-18)\text{H}_2\text{O}$	50	40 g/m ³

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

2.3.4 Cobre e alumínio em piscinas

Sobre a problemática das águas provenientes do descarte de piscinas, por meio da retrolavagem e aspiração de fundo, tem-se como exemplo o município de Natal/RN, cuja Promotoria de Justiça e Meio Ambiente efetuou análises em águas de piscinas de uso coletivo no município. Dos empreendimentos analisados, muitos apresentaram ao menos um parâmetro (cobre e/ou alumínio) com altas concentrações, conforme exposto pela Tabela 5.

Tabela 5 – Análise da concentração de Al e Cu (II) em piscinas de uso coletivo em Natal/RN

LOCAL DE COLETA	Al (mg.L⁻¹)	Cu (mg.L⁻¹)
EMPREENHIMENTO 1	1,290	1,490
EMPREENHIMENTO 2	28,660	6,600
EMPREENHIMENTO 3	47,600	3,150
EMPREENHIMENTO 4	0,201	0,005
EMPREENHIMENTO 5	1,260	0,145
EMPREENHIMENTO 6	5,750	0,826
EMPREENHIMENTO 7	5,225	1,478
EMPREENHIMENTO 8	2,590	0,890
EMPREENHIMENTO 9	43,550	1,425
EMPREENHIMENTO 10	0,630	0,005
EMPREENHIMENTO 11	1,890	0,644
EMPREENHIMENTO 12	0,000	1,000
CONAMA nº 430/11*	-	1,000
LEI Nº 14675/09 SC*	-	0,500
COEMA nº 02/17 CE**	10,000	-

Fonte: Adaptado de NUPPRAR (2018).

* Padrão de lançamento em corpos d'água.

** Padrão de lançamento em corpos d'água e disposição no solo.

2.4 IMPACTOS ASSOCIADOS À MANUTENÇÃO DE PISCINAS

2.4.1 Riscos associados à exposição dos insumos utilizados na manutenção química de piscinas

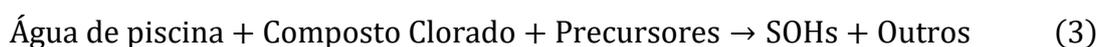
2.4.1.1 Algicida

Os algicidas, especialmente os à base de sulfato de cobre, promovem a eliminação de algas e cianobactérias (KOSHIGOE, 2019), auxiliando no tratamento químico das águas de piscinas. No entanto, a sua interação com a água gera resíduos de cobre, sendo que este metal é considerado altamente tóxico às algas, fungos, sementes de plantas e invertebrados, além de moderadamente tóxico aos mamíferos, sendo que a toxicidade geralmente é maior para organismos de água doce (MOLINARI, 2018; BOWEN, 1966 *apud* COSTA, 2011). O efeito tóxico do sulfato de cobre na comunidade aquática varia entre os organismos, dependendo da sensibilidade, estágio de desenvolvimento, idade, tamanho, atividade, ciclo reprodutivo e status nutricional do organismo exposto (PELGROM, 1994).

Quanto ao ecossistema aquático, estudos constataram que resíduos de íons cobre se acumulam nos sedimentos do meio aquático e nos tecidos de diversos organismos, especialmente peixes e girinos. As áreas mais comuns de acumulação desse metal em espécies de peixes são: os rins, fígado, brânquias, intestino e estômago (MAZON, 1997; MARCANTONIO, 2005; QIAN et al., 2010; ZHOU et al., 2013).

2.4.1.2 Compostos clorados

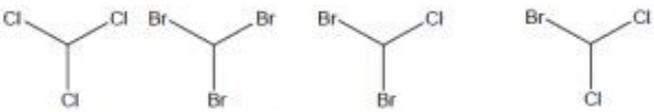
No processo de desinfecção da água de piscina, a presença de algas e contaminantes orgânicos introduzidos pelos usuários (suor, urina, compostos resultantes de decomposição, etc), atuam como precursores que, ao passarem pelo tratamento químico oxidativo do cloro, formam subprodutos orgânicos halogenados (SOHs). Alguns dos subprodutos que podem ser formados são: trihalometanos (THMs), ácidos haloacéticos (AHAs), haloacetoneitrilas (HANs), haloacetonas (HKs). Esses subprodutos são potencialmente cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e podem ser bioacumulados nas cadeias tróficas (LOPES, 2014; PASCHOALATO, 2005, BUTIÃO, 2011; MEYER, 1994). Abaixo, na Equação 3, tem-se representado um esquema da reação dos compostos clorados com a água da piscina e os precursores.



Os THMs são considerados os principais subprodutos da cloração. Eles podem ser absorvidos por ingestão, inalação e contato dérmico, sendo que sua absorção será maior quanto maiores forem as concentrações na água da piscina (PEDROSO, 2009). Alguns tipos de cânceres descritos em bibliografias correlacionando os THMs com a doença, são: câncer de cólon, estômago, tórax, bexiga e cérebro (CANTOR et al., 1978; MEYER, 1994).

A reação dos compostos clorados com alguns compostos orgânicos pode resultar na formação de trihalometanos (THM). A água, na presença de ácidos fúlvicos e húmicos, fórmulas ainda não conhecidas completamente e, resultantes – por exemplo – da decomposição de folhas da vegetação, podem causar a formação de halofórmios após a reação com o ácido hipocloroso (HClO), formado a partir da hidrólise dos compostos clorados inorgânicos, conforme visto na equação 1 e 2 (MEYER, 1994; MACÊDO 2019). Os principais THM's estão representados pela Tabela 6.

Tabela 6 – Principais fórmulas estruturais dos Trihalometanos

COMPOSTO	FÓRMULA ESTRUTURAL
Trihalometanos	 clorofórmio bromofórmio dibromoclorometano bromodichlorometano

Fonte: Adaptado de Butião (2011).

Em uma pesquisa efetuada por Villanueva et al. (2007), a média de THMs encontrados em piscinas foi de $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$ e uma média de absorção de $0,93 \text{ } \mu\text{g.dia}^{-1}$. Os níveis de concentração de THMs encontrados nas análises ficaram abaixo dos padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 518/2004, em água para consumo humano, de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$; e pela USEPA (2013), cujo limite para água de consumo humano é de $0,8 \text{ mg.L}^{-1}$ de THMs. Contudo, os compostos cancerígenos consistem num conjunto de diversos subprodutos da cloração, como ácidos haloacéticos, halocetonas e clorofenóis.

2.4.1.3 Coagulante

Ao efetuar a manutenção física das piscinas, especialmente nos processos de retrolavagem, aspiração e descarga de fundo, os resíduos sedimentados juntamente com o sulfato de alumínio precipitado são descartados e, por meio das redes pluviais, são destinados a um corpo hídrico. Esses resíduos dispostos em flocos, resultantes do processo de coagulação química, são essencialmente de natureza inorgânica e, portanto, não entram em decomposição biológica (VAZ et al. 2010). Ademais, o sulfato de alumínio pode acumular-se tanto nos lençóis subterrâneos, quanto nas águas superficiais (SANTOS et al., 2020).

Estudos apontam a relação entre sais de alumínio e a doença de Alzheimer, além de problemas relacionados à biodegradabilidade e toxicidade (SANTOS et al., 2020; OLIVEIRA & WILLAND, 2011). Quanto à toxicidade para organismos aquáticos, tem-se que os mais sensíveis ao alumínio são os cladóceros, uma ordem de pequenos crustáceos (WREN & STEPHENSON, 1991).

2.4.2 Consumo de água e energia

Recomenda-se que a cada dia um novo volume de água limpa seja introduzido na piscina, numa razão igual a $0,05 \text{ m}^3$ para cada pessoa que frequenta a piscina por dia, de

forma que a quantidade de água limpa a ser renovada mensalmente seja, no mínimo, igual ao volume total da piscina (DEGRÉMONT, 1979 *apud* VIANNA, 2013) consumindo recursos hídricos e energia – proveniente do tratamento da água de abastecimento – para esta destinação.

Um estudo sobre o ciclo de vida de piscinas residenciais e suas implicações ao meio ambiente foi realizado por Forrest e Williams (2010), onde foram analisados o gasto energético e o consumo de água de piscinas em nove cidades dos Estados Unidos. Observou-se que as regiões de clima mais árido e/ou onde a alta temporada (meses de temperaturas elevadas) são mais duradouras, consomem mais água e energia para o funcionamento de piscinas, devido às perdas por evaporação.

Conforme citado anteriormente, o consumo anual de água foi mais evidente em clima quente e árido, como em Phoenix, no Arizona, seguido por Los Angeles, na Califórnia, com um volume estimado em 113,56 e 83,28 m³, respectivamente. O consumo de energia anual estimado para as nove cidades analisadas foi de 3.500 a 3.900 kWh durante o verão, enquanto no inverno foi de 750 a 1.800 kWh. Em Phoenix, por exemplo, as piscinas são responsáveis por até 22% do gasto energético e 13% do consumo de água de uma residência (FORREST & WILLIAMS, 2010).

Outro estudo de caso, realizado por Gallion et al. (2014), analisou as pegadas hídricas e energéticas de piscinas residenciais no condado de Maricopa, região metropolitana de Phoenix, Arizona. As pegadas hídricas estimadas das piscinas residenciais variaram de 45 m³/ano a 185 m³/ano/piscina, enquanto as pegadas energéticas estimadas variaram de 2.400 a 2.800 kWh/ano/piscina.

2.4.3 Disposição dos efluentes de piscinas e poluição difusa

Florianópolis possui a Lei Municipal nº 239/2006 que “Institui o Código de Vigilância em Saúde, dispõe sobre normas relativas à saúde no Município de Florianópolis, estabelece penalidades e dá outras providências”, onde consta em seu Art. 41 § 3º a proibição do lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto, abrangendo o descarte de águas de piscinas descobertas na rede de drenagem. Ademais, a Prefeitura de Florianópolis segue a NBR 10844/1989, cuja recomendação é que a água coletada de calhas, ralos externos, extravasores de piscinas, etc, não sejam ligados à rede de esgoto, devendo ser conduzida para as galerias de drenagem pluvial, infiltrada no solo ou reaproveitada para uso não potável. Isso

porque, quando lançados na rede de esgoto, há o aumento da vazão na rede coletora, podendo gerar danos ao funcionamento do sistema de esgoto da CASAN, como o extravasamento, vazamentos, transbordamentos e entupimentos em estações elevatórias de esgoto, poços de visitas e caixas de inspeção (PMF, 2021b; PMF, 2021c).

Nesse sentido, a Prefeitura de Florianópolis, em parceria com a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), possui um programa denominado “Floripa Se Liga na Rede”, o qual visa promover a interligação adequada de todos os imóveis (residenciais e comerciais) atendidos por rede pública de esgoto, eliminando as irregularidades nas instalações prediais, que podem comprometer o funcionamento do sistema (PMF, 2021a).

Na Figura 4 tem-se a representação esquemática de uma ligação adequada à rede de drenagem pluvial, onde 1 e 2 representam, respectivamente, o ralo e a ligação pluvial, sendo estes de responsabilidade do usuário. Em ‘A’, tem-se a galeria pluvial, de responsabilidade do município (PMF, 2021b).

Figura 4 – Esquema de ligação à rede de drenagem pluvial



Fonte: Imagem editada de PMF (2021b).

Conforme citado anteriormente, a Lei Municipal 239/2006 proíbe o lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto, abrangendo o descarte de águas de piscinas descobertas na rede de drenagem. Nesse sentido tem-se que a poluição veiculada pela drenagem pluvial é um problema, dada a poluição difusa, conforme ilustrado pela Figura 5, onde os poluentes são descarregados no corpo d'água de forma distribuída, ao longo de sua

extensão, e não concentrada em um único ponto, como é o caso dos emissários que transportam os esgotos (VON SPERLING, 2005). De acordo com Porto (1995), a origem da poluição difusa é diversificada. Uma fonte de poluição difusa que pode ser citada são as águas provenientes do descarte realizado em piscinas durante a manutenção física das mesmas, descarregando compostos clorados e íons metálicos, potencialmente tóxicos ao meio ambiente.

Figura 5 – Poluição difusa



Fonte: Von Sperling (2005)

2.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

O processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) visa identificar e prever os potenciais impactos sobre o meio ambiente, decorrentes das atividades antrópicas e, posteriormente, propor medidas de mitigação (GLASSON et al., 2012; MORGAN, 2012). Atualmente, a AIA tem sido aplicada em todo o mundo como uma ferramenta de gestão ambiental, sendo eficaz na prevenção de degradações ambientais e no aumento da qualidade de vida humana (JAY et al., 2007).

Há diversas metodologias de AIA descritas na literatura que auxiliam na identificação dos impactos e suas respectivas causas. Cada atividade e ambiente possui peculiaridades, sendo que não existe nenhum método aplicável a todos os casos. Portanto, faz-se necessário adaptar ou fundir metodologias. A escolha do método depende de diversos fatores, por exemplo: disponibilidade de dados, recursos técnicos e financeiros, características da atividade, etc (MORAES & D'AQUINO, 2016).

A ABNT NBR ISO 14001:2015, em seu Item 6 – que aborda questões sobre planejamento, não determina metodologias que devem ser utilizadas para avaliar e determinar aspectos e impactos ambientais. Porém, um dos métodos mais utilizados no mundo para AIA é o método de redes interativas (*networks*), o qual estabelece relações do tipo causas-condições-efeitos, podendo ser associados a parâmetros de magnitude, importância e probabilidade, permitindo retratar um conjunto de ações desencadeadas direta ou

indiretamente, visando obter um valor/índice global de impacto (ABBASI e ARYA, 2000). Uma das abordagens mais conhecidas é a de SORENSEN (1971).

2.6 NORMAS E RESOLUÇÕES

Quanto ao descarte de água de piscina, Florianópolis possui a Lei Municipal nº 239/2006, “Institui o Código de Vigilância em Saúde, dispõe sobre normas relativas à saúde no Município de Florianópolis, estabelece penalidades e dá outras providências”, onde consta em seu Art. 41 § 3º a proibição do lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto. Além disso, o município baseia-se na NBR 10844:1989 – Instalações Prediais de Águas Pluviais, a qual recomenda que as instalações prediais de águas pluviais (calhas, ralos externos, extravasores de piscinas, etc) sejam direcionadas adequadamente para as galerias pluviais, sem quaisquer interligações com outras instalações, conforme consta no arquivo de “Autodeclaração de Regularidade”, disposto no site da Prefeitura de Florianópolis (PMF, 2021c).

A 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” (BRASIL, 2005). A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, alterando as concentrações limites dispostas na Resolução CONAMA nº 357/2005, complementando-a. No âmbito estadual, a Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências, como os padrões de lançamento em corpos d’água interiores, lagunas, estuários e beira-mar.

Em relação à operação, manutenção e uso de piscinas, a Vigilância Sanitária do Estado de Santa Catarina conta com a Resolução Normativa nº 003/DIVS/SES de 2006, que trata de piscinas coletivas e de uso especial, “visando o controle e a prevenção de doenças de veiculação hídrica” (SANTA CATARINA, 2016).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui algumas normas referentes a piscinas. São elas:

- NBR 10339:2018 – Piscina – Projeto, Execução e Manutenção;
- NBR 10818:1989 – Qualidade de Água de Piscina.

Sendo que a NBR 10339:2018 reúne sete outras normas publicadas no passado, sendo:

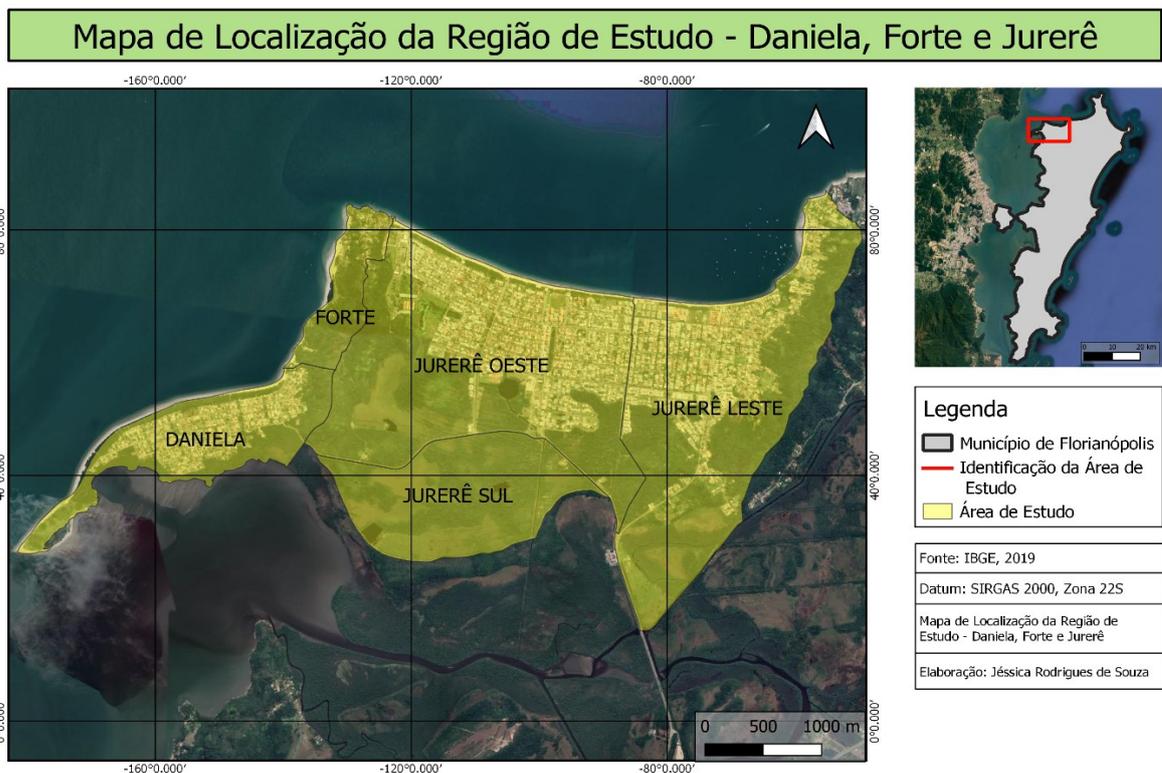
- NBR 9816:1987 – Piscina – Terminologia;
- NBR 9818:1987 – Projeto de Execução de Piscina – Tanque e Área Circundante;
- NBR 9819:1987 – Piscina – Classificação;
- NBR 10339:1988 – Projeto e Execução de Piscina – Sistema de Recirculação e Tratamento;
- NBR 10819:1988 – Projeto e Execução de Piscina – Casa de Máquinas, Vestiários e Banheiros;
- NBR 11238:1990 – Segurança e Higiene em Piscinas;
- NBR 11239:1990 – Projeto e Execução de Piscina – Equipamentos para a Borda do Tanque.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo está situado na região norte da ilha, em Florianópolis/SC, abrangendo os bairros Daniela, Forte, Jurerê Internacional (Oeste) e Jurerê Tradicional (Leste), conforme ilustrado pela Figura 6 abaixo. Estes são alguns dos bairros mais nobres da cidade e um dos destinos mais procurados na temporada de verão, sendo muito comum a instalação de piscinas nos imóveis.

Figura 6 – Mapa de Localização da Região de Estudo

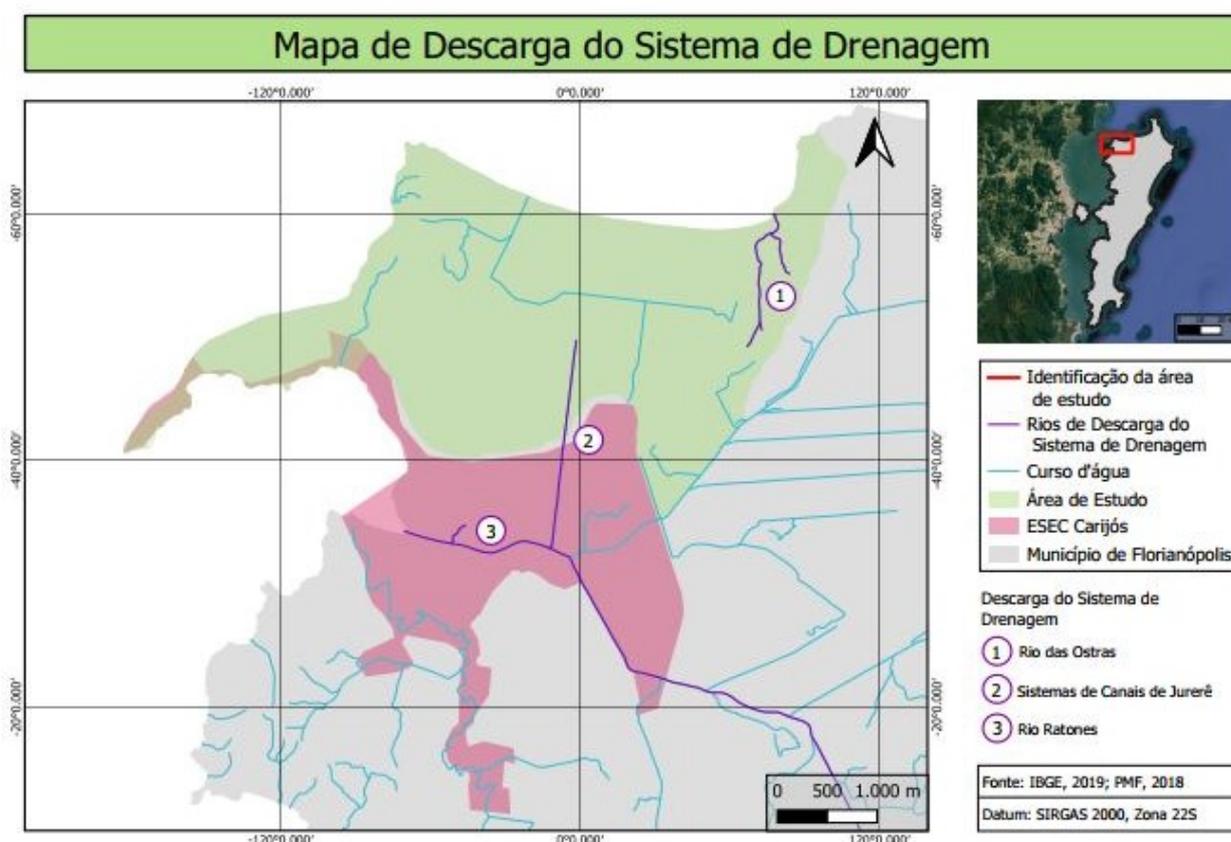


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Segundo o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Produto 6: Diagnóstico da Drenagem Urbana, a região do presente estudo possui como áreas de descarga do sistema de drenagem o Rio das Ostras, cujo leito do rio corre em direção à praia de Jurerê; Sistemas de Canais de Jurerê e Rio Ratores (considerados APP) que se ligam ao manguezal de Ratores, na Estação Ecológica de Carijós, uma Unidade de Conservação (PMF, 2009; PMF, 2011).

De acordo com o Plano de Manejo da ESEC Carijós, a sua hidrografia está inserida nas Bacias Hidrográficas de Ratoles e Saco Grande, cuja maior Bacia Hidrográfica corresponde a de Ratoles, com área total de 9.287 ha e com seu curso principal denominado Rio Ratoles. A Gleba Ratoles da ESEC Carijós abrange, ao norte, os bairros Jurerê e Daniela e apresenta como bioma de domínio a Mata Atlântica, constituídas por espécies arbóreas de manguezal e formações de restinga arbórea, arbustiva e herbácea, muitas das quais em bom estado de conservação, destacando-se áreas de banhado e baixadas, bem como áreas de encosta cobertas por Floresta Ombrófila Densa em diferentes estágios de sucessão, pastagens e áreas cultivadas, contempladas pelas Áreas de Proteção Permanente (APP's) e Áreas de Preservação com Uso Limitado (APL's) definidas pelo Plano Diretor de Florianópolis (IBAMA, 2002). As regiões de descarga do sistema de drenagem, bem como a área pertencente à ESEC Carijós, estão ilustradas pela Figura 7.

Figura 7 – Regiões de descarga do sistema de drenagem da região de estudo

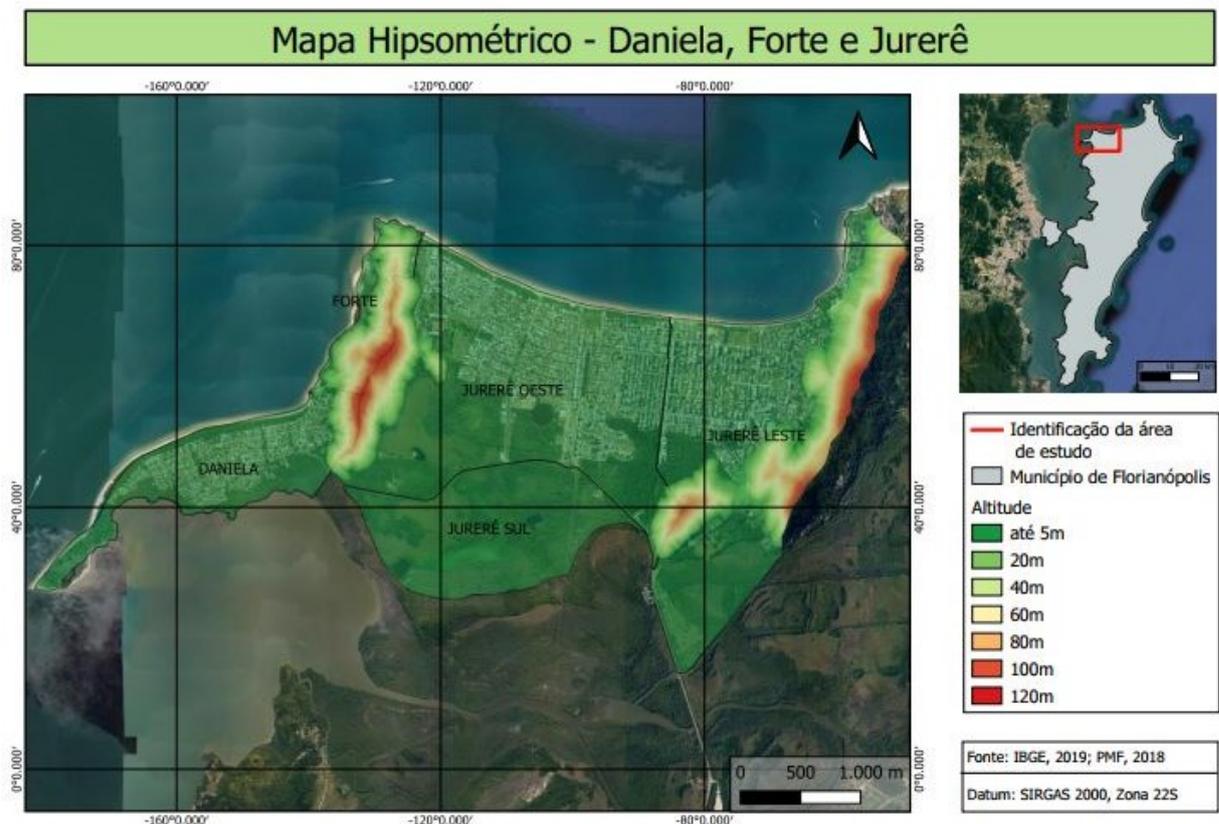


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Devido à falta de cadastramento do sistema de drenagem de Florianópolis, buscou-se construir um mapa hipsométrico da região de estudo, a fim de estimar o sentido de

escoamento preferencial das águas de piscinas provenientes dos bairros Daniela, Forte e Jurerê até as áreas de descarga do sistema de drenagem citadas e ilustradas anteriormente. Portanto, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) disponibilizado pelo geoprocessamento da Prefeitura de Florianópolis, que registra as altitudes a cada 5 metros. Contudo, não foi possível identificar o sentido de escoamento preferencial da microdrenagem, devido ao fato da área urbanizada da região de estudo ser caracterizada como planície, não havendo diferenciação num intervalo menor que 5 metros, conforme ilustrado pela Figura 8 abaixo.

Figura 8 – Hipsometria da região de estudo



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

3.2 QUANTIFICAÇÃO DE PISCINAS

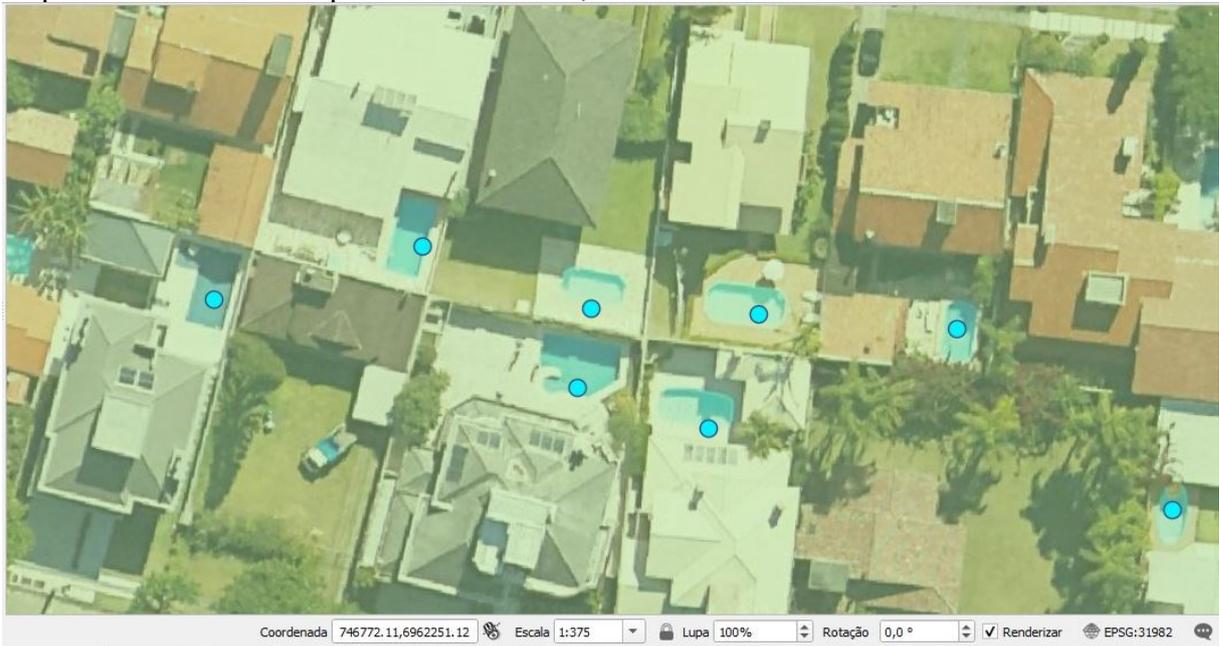
Inicialmente, a fim de estimar a quantidade de piscinas instaladas na região de estudo, buscou-se utilizar o método de Classificação Supervisionada por meio do *software* Quantum GIS 3, cujo procedimento visa a análise quantitativa de dados de imagens de sensoriamento remoto. Neste processo algoritmos são utilizados a fim de nomear pixels numa

imagem de forma a representar tipos específicos de cobertura terrestre (LILLESAND & KIEFER, 1994). Contudo, não foram encontradas imagens gratuitas em alta resolução da área de estudo, não sendo possível fazer uso deste método para quantificação de piscinas. Uma vez que, pela baixa resolução dos pixels das imagens gratuitas encontradas e, pela proximidade da área de estudo ao mar, houveram problemas para classificação supervisionada, dada a semelhança das cores dos pixels do mar e das piscinas.

Portanto, por meio do *software* Quantum GIS 3 (QGIS3 – versão 3.16 *Hannover*), utilizou-se como *plugin* o mapa de fundo (*basemap*) *Google Satellite*, e com os bairros de estudo delimitados – por meio de um arquivo *shapefile* obtido pelo geoprocessamento da Prefeitura de Florianópolis, criou-se uma nova camada *shapefile* com geometria de “ponto” e, nomeou-se cada feição “ponto” de acordo com o bairro correspondente, a fim de contabilizar manualmente as piscinas instaladas em cada região. Acessando a “Tabela de Atributos” foi possível obter o número total de piscinas em cada bairro, uma vez que a tabela apresenta o “número total de feições”, ou seja, o total de pontos, que representam cada unidade de piscina.

Para quantificar o número de piscinas, analisou-se cada quadra edificada de cada um dos três bairros de estudo – Daniela, Forte e Jurerê (subdividindo Jurerê Tradicional e Jurerê Internacional), sendo que o quantitativo foi categorizado por bairro. Com o zoom, a resolução espacial da imagem de satélite ficou comprometida e, por esse motivo, utilizou-se como critério de identificação das piscinas: as cores (variações de tons de azul) e formato (retangular ou curvilíneo). Os pixels disformes que apresentavam alto grau de incerteza não foram considerados zelando pela credibilidade dos dados. A fim de ilustrar tal procedimento, tem-se abaixo a Figura 9.

Figura 9 – Captura de tela do zoom plugin basemap Google Satellite com feições “ponto” posicionadas em cada piscina identificada, de uma área do bairro de Jurerê Internacional



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

3.3 VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO

A estimativa de água consumida nos processos de retrolavagem e aspiração de fundo (drenando) deu-se pelos valores de vazão das motobombas multiplicados pelo tempo médio de duração e frequência de manutenção de cada operação (categorizando esses valores em máximos e mínimos). O volume total de água consumido nas manutenções físicas das piscinas ocorreu extrapolando o resultado para cada área de estudo, a partir do total de piscinas contabilizadas, conforme descrito no tópico anterior.

O cálculo efetuado para obter o volume total de água consumido nas manutenções físicas das piscinas é expresso conforme as Equações 4 e 5:

$$V_t = V_{rt} + V_{af} \quad (4)$$

$$\therefore V_t = Q * N * (t_{rt} * n_{rt} + t_{af} * n_{af}) \quad (5)$$

Onde:

V_t : volume total consumido em termos mensais (m^3);

V_{rt} : volume consumido pela retrolavagem em termos mensais (m^3);

V_{af} : volume consumido pela aspiração de fundo em termos mensais (m^3);

Q : vazão da motobomba (m^3/h);

N: quantidade de piscinas na região (adimensional);

t_{rt} : tempo de duração da retrolavagem (h);

t_{af} : tempo de duração da aspiração de fundo (h);

n_{rt} : frequência de operação da retrolavagem em termos mensais (adimensional);

n_{af} : frequência de operação da aspiração de fundo em termos mensais (adimensional);

3.3.1 Procedimentos de Coleta de Dados

Para o presente estudo, foi necessário estimar o consumo de água associado aos processos de retrolavagem e aspiração de fundo drenando dessas piscinas, na alta temporada (meses de verão) e baixa temporada. Isso porque a frequência das manutenções de retrolavagem e aspiração de fundo drenando variam conforme a necessidade. Para isso, foi necessário efetuar coleta de dados.

Os dados foram obtidos por meio de pesquisa quantitativa – pesquisa na qual os resultados podem ser quantificados – através de entrevistas padronizadas (VISBAL, IGLESIAS & OSUNA, 2008). As entrevistas foram aplicadas à técnicos de empresas responsáveis pela comercialização de produtos químicos, instalação e manutenção de piscinas, do município de Florianópolis/SC. O primeiro contato com os entrevistados foi estabelecido por telefone (THOMAS, NELSON & SILVERMAN, 2012) e, posteriormente, as perguntas foram enviadas por aplicativo de mensagens instantâneas. No total, foram 5 entrevistados, e as perguntas aplicadas – elaboradas pela autora, bem como suas respectivas respostas, estão descritas no Anexo A.

3.3.2 Tratamento e análise dos dados

As entrevistas visaram obter informações sobre alguns aspectos do tratamento físico (vazão média de um conjunto motobomba; frequência e tempo de duração das operações de retrolavagem e aspiração de fundo drenando). Todas as informações relacionadas à frequência foram categorizadas conforme a temporada: alta (meses de verão) ou baixa. Além disso, essas informações foram descritas em termos mensais, uma vez que nem todas as operações são efetuadas semanalmente. No presente estudo, todas as informações obtidas foram analisadas em termos máximos e mínimos.

3.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ALUMÍNIO, COBRE E CLORO

A fim de obter a concentração hipotética do cobre, alumínio e cloro total na água de uma piscina, foram efetuadas simulações de cálculos de concentração desses compostos. Por meio de dados como dosagem, concentração do princípio ativo dos produtos utilizados no tratamento químico das piscinas (descritas no item 2.3) e massa molar (obtida por meio das FISPQs), foi possível obter a concentração hipotética de cada composto nas águas de piscinas após a dosagem efetuada.

Para efetuar os cálculos de concentração, as perdas intermediárias foram desconsideradas, assumindo que todos os produtos adicionados foram eliminados no despejo dos efluentes de piscinas. Os cálculos de concentração, empregados na química analítica, consistem em procedimentos de proporcionalidade, e são descritos por Skoog et al. (2006, p. 64-78). A título de exemplo, tem-se abaixo a Equação 6, utilizada para estimar a concentração de alumínio presente no efluente de uma unidade de piscina. O mesmo procedimento foi efetuado para estimar as concentrações de cobre e cloro total.

$$C_{\text{Alumínio}} = \frac{(50\%_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}} * D_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}}) * MM_{\text{Al}}}{MM_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}}} \quad (6)$$

Onde,

$C_{\text{Alumínio}}$: Concentração de alumínio presente no efluente de uma unidade de piscina (mg.L^{-1});

$50\%_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}}$: Concentração do sulfato de alumínio presente no coagulante;

$D_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}}$: Dose de coagulante (g.L^{-1});

MM_{Al} : Massa molar alumínio (g.mol^{-1});

$MM_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}}$: Massa molar do sulfato de alumínio (g.mol^{-1});

Uma vez efetuado os cálculos de concentração do cobre e alumínio, foi possível estabelecer um comparativo com o valor máximo permitido (VMP) de cada componente, considerando os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA, Lei Estadual nº 14675/2009 e Resolução do COEMA nº 02/2017, do Ceará. A Resolução do COEMA foi utilizada nesta metodologia uma vez que a Resolução do CONAMA e a Lei nº 14675/09 não estabelecem padrões de lançamento para o alumínio. Os VMPs para cada substância estão descritos conforme a Tabela 7. Por não haver parâmetro de lançamento para o cloro, não foi possível efetuar um comparativo para essa substância.

Tabela 7 – Valor máximo permitido para lançamento de cobre e alumínio conforme as normas estabelecidas

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO (mg.L ⁻¹)	NORMA
Cobre Dissolvido	1,0	CONAMA nº 430/2011
Cobre Total	0,5	Lei nº 14675/2009
Alumínio Total	10,0	COEMA nº 02/2017

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

3.5 CARGAS EFLUENTES

Desconsiderando as perdas para o meio externo, de forma a estimar a carga efluente do alumínio, cobre e cloro, presentes nos insumos utilizados no tratamento químico de piscinas, assumiu-se o conceito de balanço de massa, que é baseado na Lei de Conservação de Massa, ou Lei de Lavoisier (1775), que expressa que a massa não pode ser criada, nem destruída. Conforme expresso simplificadamente pela Equação 7:

$$\text{Massa total na entrada} = \text{massa total na saída} \quad (7)$$

Segundo Von Sperling (2005), a quantificação de poluentes deve ser apresentada em termos de carga, sendo expressa por massa sobre unidade de tempo. Portanto, para avaliar o impacto da poluição das águas de piscinas, as cargas poluidoras afluentes aos corpos d'água foram quantificadas por meio da Equação 8 (VON SPERLING, 2005):

$$\text{Carga} = \text{Concentração} * \text{Vazão} \quad (8)$$

A carga de cada substância presente nos insumos aplicados no tratamento químico das piscinas foi obtida da seguinte forma: a partir do volume de água consumido para manutenção física das piscinas (obtido pelas Equações 4 e 5), considerando um período de um ano como unidade de tempo, obteve-se assim uma vazão em termos anuais; a concentração do alumínio, cobre e cloro presentes em uma dosagem dos insumos aplicados na manutenção química das piscinas foi previamente obtida por cálculos estequiométricos de proporcionalidade, conforme ilustrado pela Equação 6; e a partir da média da frequência de aplicação anual dos insumos químicos, multiplicou-se cada um destes termos. A equação utilizada para obtenção das cargas efluentes pode ser expressa segundo a Equação 9:

$$q_t = C * n * Q \quad (9)$$

Onde:

q_t : carga total da substância (kg/ano);

C: concentração da substância presente em uma dose do insumo aplicado (mg/L);

n: frequência de dosagem do insumo químico em termos anuais (adimensional);

Q: vazão (m^3 /ano).

3.5.1 Procedimentos de Coleta de Dados

A fim de estimar as cargas efluentes, foi necessário estabelecer uma média das frequências de aplicação da cloração de choque, algicida de choque e coagulante dessas piscinas, na alta temporada (meses de verão) e baixa temporada. Isso porque há recomendação na frequência de aplicação dos produtos utilizados no tratamento químico apenas para as doses de manutenção, sendo necessário estipular frequências dos tratamentos de choque (algicida e cloração de choque) e coagulantes. Para isso, foi necessário efetuar coleta de dados.

Os dados foram obtidos por meio de pesquisa quantitativa – pesquisa na qual os resultados podem ser quantificados – através de entrevistas padronizadas (VISBAL, IGLESIAS & OSUNA, 2008). As entrevistas foram aplicadas à técnicos de empresas responsáveis pela comercialização de produtos químicos, instalação e manutenção de piscinas, do município de Florianópolis/SC. O primeiro contato com os entrevistados foi estabelecido por telefone (THOMAS, NELSON & SILVERMAN, 2012) e, posteriormente, as perguntas foram enviadas por aplicativo de mensagens instantâneas. No total, foram 5 entrevistados, e as perguntas aplicadas – elaboradas pela autora, bem como suas respectivas respostas, estão descritas no Anexo B.

3.5.2 Tratamento e análise dos dados

As entrevistas visaram obter informações sobre alguns aspectos do tratamento químico (frequência de aplicação de coagulantes, algicida de choque e supercloração). Todas as informações relacionadas à frequência foram categorizadas conforme a temporada: alta (considerando os meses de novembro à março) ou baixa. Além disso, essas informações foram descritas em termos mensais, uma vez que nem todas as operações são efetuadas

semanalmente. No presente estudo, todas as informações obtidas foram analisadas em termos máximos e mínimos.

3.6 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS

3.6.1 Rede de Interação

No presente trabalho, o método utilizado a fim de avaliar os aspectos e impactos ambientais gerados pela destinação dos efluentes de piscina nas bacias hidrográficas, foi o método de Redes de Interações ou *networks*, de abordagem proposta por SORENSEN (1971).

Por não se tratar de um empreendimento, a matriz foi adaptada à realidade do estudo, descartando a categorização por fases (planejamento, implantação e operação). Os impactos ambientais foram identificados conforme o meio (físico, biótico e antrópico), e os atributos avaliados foram:

- *Natureza*: referente aos benefícios ou adversidades do impacto, classificado em positivo (+) ou negativo (-);
- *Forma*: classificado em direto (impacto resultante de uma relação causa/efeito) ou indireto (impacto resultante de uma cadeia de manifestações);
- *Duração*: período de tempo de existência do impacto, classificado em permanente ou temporário;
- *Temporalidade*: referente ao tempo de resposta para a manifestação do impacto, classificado em curto, médio e longo prazo;
- *Reversibilidade*: capacidade do fator ou parâmetro ambiental afetado retornar às suas condições originais, classificado em reversível ou irreversível;

Além disso, a relevância dos impactos foi categorizada conforme a:

- *Magnitude*: grandeza de um impacto em termos absolutos, classificado em irrelevante, baixa, média e alta;
- *Probabilidade*: referente à ocorrência do impacto pela atividade, sendo classificada em baixa, média e alta.

3.6.2 Valoração dos Atributos

O critério de pontuação de cada atributo está relacionado ao grau de impacto, conforme expresso pela Tabela 8. A valoração de cada atributo, probabilidade e magnitude (relevância) apresentam-se por meio das Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 8 – Critério de ponderação dos atributos

GRAU DE IMPACTO	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO
Baixo	A degradação ao meio ambiente ou à comunidade é desprezível e/ou reversível.	1
Médio	A degradação ao meio ambiente ou à comunidade é reversível, porém com ações imediatas.	2 – 3
Alto e Muito Alto	A degradação ao meio ambiente ou à comunidade impacta com possibilidade de irreversibilidade e/ou escassez dos recursos naturais.	4 – 5

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 9 – Valoração dos atributos e relevância

ATRIBUTOS	VALOR	VALOR	VALOR
	TRIBUÍDO A	TRIBUÍDO A	TRIBUÍDO A
	1	2	3
Forma	Indireta	-	Direta
Duração	Temporário	-	Permanente
Temporalidade	Curto	Médio	Longo
Reversibilidade	Reversível	-	Irreversível

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 10 – Valoração da probabilidade e magnitude (relevância)

RELEVÂNCIA	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
	TRIBUÍDO A	TRIBUÍDO A	TRIBUÍDO A	TRIBUÍDO A
	1	2	3	4
Magnitude	Irrelevante	Baixa	Média	Alta
Probabilidade	Baixa	Média	Alta	-

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

3.6.3 Classificação dos Intervalos de Valoração

A valoração da totalidade dos impactos, ou seja, o Valor Global do Impacto Ambiental (VGI), é dada pela Equação 10, abaixo (BRESSANE et al., 2017).

$$VGI = \frac{Rv}{X} \quad (10)$$

Onde,

VGI: Valor global do impacto ambiental;

Rv: Dado pelo somatório de atributos, multiplicado pela natureza, magnitude e probabilidade;

X: Número contido no intervalo da matriz, correspondente a cada aspecto e impacto ambiental.

A totalidade dos impactos pôde ser definida conforme a classificação dos intervalos de valoração, apresentados pela Tabela 11:

Tabela 11 – Intervalo de Valoração

INTERVALO DE VALORAÇÃO	IMPACTO POSITIVO (+)	IMPACTO NEGATIVO (-)
1 a 20	Baixo	Baixo
20 a 40	Médio	Médio
40 a 60	Alto	Alto
>60	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.6.4 Mitigação dos Impactos

Após a caracterização e avaliação dos impactos ambientais, com base em bibliografias de livros e artigos científicos, foram propostas medidas preventivas, mitigadoras e/ou compensatórias a fim de minimizar e/ou compensar os efeitos negativos decorrentes dos impactos gerados pelo tratamento físico e químico das piscinas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUANTIFICAÇÃO DE PISCINAS

A Tabela 12 apresenta as unidades de piscinas contabilizadas por meio do *software* QGIS para cada bairro de estudo, Daniela, Forte, Jurerê Internacional e Jurerê Tradicional, bem como a totalidade das piscinas quantificadas, e está ilustrado no Anexo C.

Tabela 12 – Unidades de piscinas contabilizadas por bairro

BAIRRO	TOTAL DE PISCINAS (unidades)
Daniela	167
Forte	18
Jurerê Internacional	1.038
Jurerê Tradicional	417
Total	1.640

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

O total de piscinas contabilizadas corresponde a 1.640 unidades. Além disso, observa-se que o bairro que apresenta mais unidades de piscinas é Jurerê Internacional (Jurerê Oeste), com 1.038 unidades de piscinas, representando 63% do total quantificado. Tal resultado pode ser relacionado ao fato deste bairro tratar-se de um empreendimento o qual a entrada de capital se evidencia mais claramente, destinado à ocupação seletiva de elites urbanas (SOUZA LAGO, 1996). Já o bairro Forte é o menor em extensão territorial e em densidade de imóveis, resultando na menor quantificação de piscinas entre os bairros analisados.

4.2 VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO PELA RETROLAVAGEM E ASPIRAÇÃO DE FUNDO

Multiplicando o total de piscinas pela vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação, obtidos a partir de entrevistas com técnicos de empresas responsáveis pela comercialização de produtos químicos, instalação e manutenção de piscinas (Anexo A) – foi possível estimar o volume total de água consumido em termos mensais para cada bairro, somando os volumes consumidos durante a retrolavagem

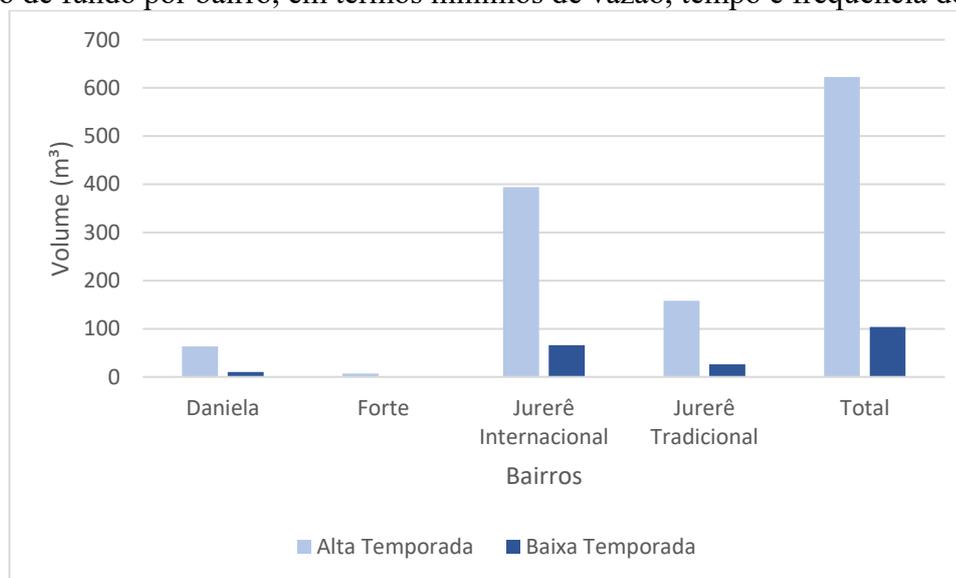
e aspiração de fundo (drenando), conforme expresso pelas Equações 4 e 5. Os resultados obtidos estão apresentados pela Tabela 13.

Tabela 13 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação

BAIRRO	ALTA TEMPORADA		BAIXA TEMPORADA	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Daniela	63,43 m ³	2.170,93 m ³	10,57 m ³	768,17 m ³
Forte	6,84 m ³	233,99 m ³	1,14 m ³	82,80 m ³
Jurerê Internacional	394,28 m ³	13.493,58 m ³	65,71 m ³	4.774,63 m ³
Jurerê Tradicional	158,40 m ³	5.420,83 m ³	26,40 m ³	1.918,13 m ³
Total	622,95 m ³	21.319,33 m ³	103,82 m ³	7.543,73 m ³

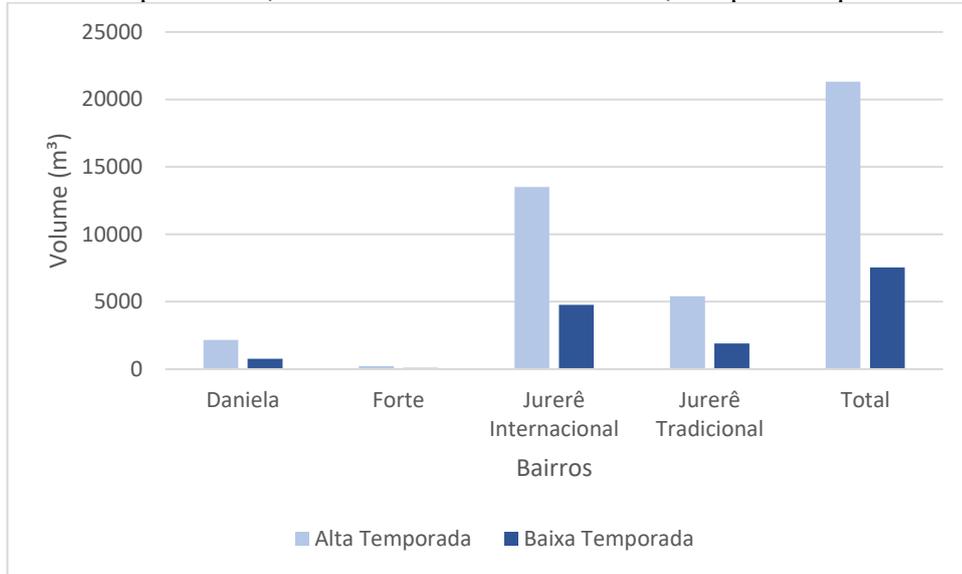
Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Figura 10 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos mínimos de vazão, tempo e frequência de operação



Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Figura 11 – Volume total de água consumido mensalmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por bairro, em termos máximos de vazão, tempo e frequência de operação



Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Em termos de vazão, frequência de operação e tempo para manutenção mínimos, tem-se que o volume de água consumido é cerca de 6 (seis) vezes maior na alta temporada. Enquanto para termos máximos de vazão, tempo e frequência de operação, o volume é 2,83 vezes maior na alta temporada. Tal tendência era esperada, devido à maior frequência de uso das piscinas na alta temporada, resultando em maior descarte de água para as manutenções físicas e, finalmente, ao maior consumo de água.

O volume de água consumido relaciona-se com a quantidade de piscinas contabilizadas em cada bairro. Quanto mais piscinas numa região, maior volume de água consumido, como é o caso de Jurerê Internacional; e quanto menos piscinas em uma região, menor o volume de água consumido, como é o caso do bairro Forte.

Efetuada o procedimento de cálculo das Equações 4 e 5 para termos anuais (considerando novembro à março como meses de alta temporada), e para uma unidade de piscina, tem-se os resultados expostos pela Tabela 14 abaixo.

Tabela 14 – Volume total de água consumido anualmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo por unidade de piscina, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação

MÍNIMO	MÁXIMO
2,34 m ³	97,20 m ³

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Em relação aos estudos apresentados por Forrest e Williams (2010) e Gallion et al. (2014) – item 2.4.2, o consumo de água anual por unidade de piscina que mais se assemelha aos resultados desses estudos foram os obtidos em termos máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação.

4.3 CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO, CLORO E COBRE NO EFLUENTE DE PISCINA

4.3.1 Alumínio e cobre dissolvidos

A partir de cálculos estequiométricos, obtidos a título de exemplo pela Equação 6, foi possível estimar as concentrações hipotéticas de cobre e alumínio dissolvidos presentes em uma dosagem de algicida e coagulante – respectivamente, aplicados em uma piscina, cujos resultados estão dispostos na Tabela 15, abaixo.

Tabela 15 – Concentração calculada para o alumínio dissolvido e cobre dissolvido

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO (mg.L ⁻¹)
Alumínio dissolvido	0,86
Cobre dissolvido	0,57

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Conforme apresentado previamente pela Tabela 7, tem-se que o VMP para o alumínio total (dissolvido + suspensão), estabelecido pela resolução do COEMA nº 02/2017, é de 10 mg.L⁻¹. Pela simulação dos cálculos de concentração, tem-se que o resultado obtido está muito abaixo do limite estabelecido por essa norma. Porém, sem a concentração de alumínio suspenso não há como estabelecer um comparativo em termos totais.

Ademais, conforme apresentado pelo tópico 2.3.4, das doze piscinas de uso coletivo analisadas pela Promotoria de Justiça e Meio Ambiente do município de Natal/RN, três excederam o VMP estabelecido pela resolução do COEMA nº 02/2017. Nesse sentido, a coleta de algumas amostras de efluentes de piscinas permitiriam a análise deste parâmetro, visto que alguns aspectos influenciam na precipitação do sulfato de alumínio, como a acidez do meio. Em amostras reais de efluentes de piscinas pode ocorrer resultados em inconformidade com as normas uma vez que o alumínio é essencialmente de natureza

inorgânica e, portanto, não entram em decomposição biológica (VAZ et al. 2010), além de sua característica bioacumulativa (SANTOS et al., 2020)

O resultado do cálculo de simulação para a concentração do cobre dissolvido está abaixo do VMP estabelecido pela resolução CONAMA 430/2011, de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Porém, em relação à Lei Estadual 14675/2009, que determina $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ para cobre total (dissolvido + suspensão), tem-se que a concentração hipotética de cobre dissolvido excederia o parâmetro desta norma.

O não-enquadramento da concentração do cobre desde o cenário hipotético é preocupante, visto que em amostras reais de efluentes de piscinas é esperado mais resultados em inconformidade com as normas, pelas propriedades bioacumulativas dos íons cobre.

4.3.2 Cloro total

As simulações dos cálculos de concentração do cloro somente podem ser estimadas para o parâmetro total, uma vez que para diferenciar a concentração de cloro livre e do cloro combinado seria necessário efetuar experimentos. Isso porque o íon cloro apresenta uma reatividade elevada, podendo interagir com outros compostos dissolvidos ou ainda com partículas em suspensão, além de ser muito volátil.

Conforme mencionado anteriormente, o cloro total é a combinação de cloro livre e cloro combinado, sendo que a qualidade da água da piscina deve ser mantida numa concentração de cloro livre entre $0,8 \text{ mg.L}^{-1}$ e $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$, de acordo com a NBR 10818/1989 e a Resolução Normativa nº 003/DIVS/SES de 2006, da Vigilância Sanitária do Estado de Santa Catarina. O cloro combinado refere-se ao cloro associado com amônia (NH_3) ou outros compostos orgânicos, formando os subprodutos orgânicos da cloração. Os resultados obtidos para o cloro total, calculados para o hipoclorito de cálcio e de sódio, estão apresentados na Tabela 16, abaixo.

Tabela 16 – Concentração calculada de cloro total, categorizados conforme o composto clorado (hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio)

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO (mg.L ⁻¹)
Cloro total (Hipoclorito de Cálcio)	2,74
Cloro total (Hipoclorito de Sódio)	3,57

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

A maior concentração de cloro total foi alcançada pelo hipoclorito de sódio, mas apesar disso, não é possível afirmar que este produto resulte na maior concentração de cloro combinado. Ou seja, não é possível afirmar que haja maior formação de subprodutos orgânicos provenientes da cloração que, conforme mencionado na revisão bibliográfica, são potencialmente cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e podem ser bioacumulados nas cadeias tróficas (LOPES, 2014).

4.4 CARGAS EFLUENTES

4.4.1 Alumínio

A obtenção desta carga efluente deu-se a partir do cálculo da concentração de alumínio presente em coagulantes à base de sulfato de alumínio – resultado exposto pela Tabela 15, multiplicado pela média de dosagens anuais de coagulantes – conforme consta no Anexo B, e pela vazão – representada pelo volume total de água consumido anualmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação. Os resultados das cargas efluentes estão expressas para uma unidade de piscina e para a totalidade de piscinas quantificadas na região de estudo, conforme apresentado pela Tabela 17 abaixo.

Tabela 17 – Carga efluente do alumínio, em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo

CARGA		
(kg/ano)		
Unidades de Piscina	Mínimo	Máximo
1	0,064	2,67
1640	105,72	4.386,76

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Assim como para as cargas efluentes das outras substâncias analisadas, a carga efluente do alumínio apresenta-se maior em termos máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação pois tais termos resultam em um volume maior de água de piscina consumido e descarregado nos sistemas de drenagem em um período de tempo anual. E portanto, um volume maior de efluentes de piscinas apresenta, proporcionalmente, maior quantidade de massa da substância incorporada.

A elevada carga efluente de alumínio que contribui em ecossistemas aquáticos por meio dos sistemas de drenagem é ambientalmente preocupante, uma vez que o alumínio é essencialmente de natureza inorgânica e, portanto, não entra em decomposição biológica (VAZ et al. 2010). Ademais, tal substância acumula-se tanto nos lençóis subterrâneos, quanto nas águas superficiais, desencadeando problemas relacionados à biodegradabilidade e toxicidade, podendo impactar os ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, causar um desequilíbrio ecológico (SANTOS et al., 2020; OLIVEIRA & WILLAND, 2011).

4.4.2 Cobre

A obtenção desta carga efluente deu-se a partir do cálculo da concentração de íons cobre presentes em algicidas à base de sulfato de cobre (II) – resultado exposto pela Tabela 15, multiplicado pela média de dosagens anuais de algicida de manutenção e algicida de choque – conforme descrito na revisão bibliográfica e conforme consta no Anexo B, respectivamente, e pela vazão – representada pelo volume total de água consumido anualmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação. Os resultados das cargas efluentes de cobre estão expressas para uma unidade

de piscina e para a totalidade de piscinas quantificadas na região de estudo, conforme apresentado pela Tabela 18 abaixo.

Tabela 18 – Carga efluente do cobre, em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo

CARGA		
(kg/ano)		
Unidades de Piscina	Mínimo	Máximo
1	0,041	1,72
1640	67,88	2.816,65

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Tanto em termos máximos quanto em termos mínimos, tem-se que a carga efluente de cobre é aproximadamente uma vez e meia (1,5) menor que a carga de alumínio, conforme a proporcionalidade das concentrações destas substâncias nos efluentes de piscinas, uma vez demonstrado pela Tabela 15. No entanto, a carga de íons cobre é suficientemente alta para apresentar riscos aos ecossistemas aquáticos, dada a ocorrência de bioacumulação destes íons metálicos em tecidos de diferentes organismos, especialmente de peixes e girinos (MAZON, 1997).

4.4.3 Cloro total

Esta carga efluente apresenta-se de duas formas, uma vez que foram analisados dois tipos de compostos clorados inorgânicos: o hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio. Portanto, as cargas efluentes de cloro foram obtidas a partir do cálculo da concentração de cloro total presente no hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio – resultado exposto pela Tabela 16, multiplicado pela média de dosagens anuais de cloração de manutenção e supercloração – conforme descrito na revisão bibliográfica e conforme consta no Anexo B, respectivamente, e pela vazão – representada pelo volume total de água consumido anualmente pelos processos de retrolavagem e aspiração de fundo, em termos mínimos e máximos de vazão da motobomba, tempo de duração de cada manutenção e frequência de cada operação.

Os resultados das cargas efluentes de cloro total estão expressas para uma unidade de piscina e para a totalidade de piscinas quantificadas na região de estudo, considerando os

insumos à base de hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio, conforme apresentados abaixo pelas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19 – Carga efluente do cloro (considerando o insumo hipoclorito de cálcio), em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo

Unidades de Piscina	CARGA	
	(kg/ano)	
	Mínimo	Máximo
1	0,186	7,72
1640	305,24	12.666,14

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Tabela 20 – Carga efluente do cloro (considerando o insumo hipoclorito de sódio), em termos máximos e mínimos para uma unidade de piscina e para a totalidade das piscinas quantificadas na região de estudo

Unidades de Piscina	CARGA	
	(kg/ano)	
	Mínimo	Máximo
1	0,243	10,06
1640	397,71	16.502,97

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Tanto em termos máximos quanto em termos mínimos, tem-se que a carga efluente de cloro foi a que apresentou maior expressividade em termos numéricos, dada sua elevada concentração nos compostos clorados inorgânicos dosados no tratamento químico de piscinas. Sendo que a carga de cloro total estimada pelo cálculo de carga efluente proveniente do hipoclorito de sódio (NaOCl) apresentou resultados ainda maiores em relação ao hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), devido ao fato do NaOCl apresentar maior concentração nos efluentes de piscinas, conforme exposto pela Tabela 16.

A elevada carga efluente de cloro é ambientalmente preocupante dada a ocorrência de formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) resultantes do próprio processo de cloração em contato com substâncias precursoras. Esses subprodutos são potencialmente cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e podem ser bioacumulados nas cadeias tróficas, impactando os ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, podendo causar um desequilíbrio ecológico (LOPES, 2014; PASCHOALATO, 2005; BUTIÃO, 2011; MEYER, 1994).

4.5 IMPACTO AMBIENTAL DE PISCINAS E PRÁTICAS DE GESTÃO PARA MITIGAÇÃO

A rede de interação apresenta, além dos aspectos e impactos ambientais para cada meio, a valoração dos impactos para cada atributo, magnitude e probabilidade, e está apresentada no Anexo D. Por meio da Equação 10, foi possível obter o Valor Global de Impacto Ambiental (VGI), resultando em 58,55 – impacto negativo, classificado como alto, conforme o intervalo de valoração da Tabela 11 (entre 40 a 60).

O escopo dos aspectos ambientais para os meios físico, biótico, antrópico e/ou socioeconômico refere-se à operação e manutenção física e química das piscinas, estando representados, respectivamente, pelos Quadros 1, 2 e 3 abaixo.

4.5.1 Meio físico

Quanto ao meio físico, primeiramente tem-se como aspecto o abastecimento das piscinas com água potável e seu posterior descarte pela manutenção física nas operações de retrolavagem e aspiração de fundo (drenando), gerando como impacto a redução da disponibilidade hídrica. Além disso, a operação e funcionamento das bombas ocasiona o consumo energético. Sendo assim, somando esses aspectos, tem-se como impacto a redução na disponibilidade de recursos naturais.

O tratamento das águas de piscinas com insumos químicos pode impactar os corpos receptores, dada a possibilidade de alteração da qualidade da água subterrânea e/ou superficial dos corpos receptores (SANTOS et al., 2020). Sendo que o tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e coagulantes à base de sulfato de alumínio podem resultar em um acúmulo de resíduos metálicos no meio aquático (COSTA, 2011). Além dos compostos clorados, que formam subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) (PASCHOALATO, 2005).

Quadro 1 – Aspectos e impactos ambientais do meio físico

Abastecimento de piscinas com água potável e posterior descarte pela manutenção física de piscinas (retrolavagem e aspiração de fundo)	Redução na disponibilidade de recursos naturais
Operação de bombas de piscinas	
Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou coagulante à base de sulfato de alumínio	Acúmulo de resíduos metálicos no meio aquático
Tratamento químico de piscinas com compostos clorados	Formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados (SOHs)
Tratamento das águas de piscinas com produtos químicos	Alteração da qualidade da água do corpo receptor (subterrânea e/ou superficial)

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Relacionando os aspectos e respectivos impactos apresentados acima com as áreas de estudo, tem-se que a bacia hidrográfica com maior potencial de ser impactada é a que apresenta maior proximidade à área de maior densidade de piscinas, como é o caso de Jurerê Internacional e sua bacia hidrográfica mais próxima: Rio de Ratonés. Além disso, a Estação Ecológica de Carijós também sofre impactos, uma vez que a hidrografia desta unidade de conservação está inserida nesta bacia hidrográfica, interligada por meio dos Sistemas de Canais de Jurerê.

4.5.2 Meio biótico

Quanto ao meio biótico tem-se que o tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e coagulantes à base de sulfato de alumínio podem resultar na bioacumulação de íons metálicos (alumínio e cobre) em tecidos de diferentes organismos, especialmente de peixes e girinos (MAZON, 1997), sendo que a toxicidade geralmente é maior para organismos de água doce (BOWEN, 1966 *apud* COSTA, 2011; WREN & STEPHENSON, 1991).

Para os compostos clorados, tem-se que no processo de desinfecção da água de piscina, a presença de algas e contaminantes orgânicos introduzidos pelos usuários (e.g. suor,

urina, compostos resultantes de decomposição, etc), atuam como precursores que, ao passarem pelo tratamento químico oxidativo do cloro, formam subprodutos orgânicos halogenados (SOHs). Esses subprodutos são potencialmente cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e podem ser bioacumulados nas cadeias tróficas (LOPES, 2014; PASCHOALATO, 2005, BUTIÃO, 2011; MEYER, 1994).

Quadro 2 – Aspectos e impactos ambientais do meio biótico

Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou coagulante à base de sulfato de alumínio	Bioacumulação de íons metálicos em tecidos de diferentes organismos
Tratamento químico de piscinas com compostos clorados	Bioacumulação de SOHs em tecidos de diferentes organismos
Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou compostos clorados e/ou coagulante à base de sulfato de alumínio	Toxicidade (organismos aquáticos e outros organismos)
	Desequilíbrio ecológico

Fonte: Elaborada pela Autora (2020).

A toxicidade e bioacumulação de íons metálicos e de subprodutos orgânicos halogenados resultantes do processo de cloração, podem impactar os ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, causar um desequilíbrio ecológico. Sendo que, assim como para o meio físico, relacionando os aspectos e impactos ambientais correspondentes ao meio biótico, considerando que a área de maior densidade de piscinas é Jurerê Internacional, tem-se que a bacia hidrográfica com maior potencial de ser impactada é a do Rio de Ratoes, bem como a Estação Ecológica de Carijós, uma vez que a hidrografia desta unidade de conservação está inserida nesta bacia hidrográfica.

4.5.3 Meio antrópico e socioeconômico

O primeiro impacto referente ao meio antrópico a ser citado está atrelado a bioacumulação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) no corpo humano. Tais subprodutos são formados a partir da desinfecção da água de piscina com compostos clorados. Os SOHs podem ser absorvidos por ingestão, inalação e contato dérmico, sendo que sua

absorção será maior quanto maiores forem as concentrações na água da piscina (PEDROSO, 2009). Estes são potencialmente cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos, além de bioacumularem-se nas cadeias tróficas (LOPES, 2014; PASCHOALATO, 2005, BUTIÃO, 2011; MEYER, 1994).

Além da bioacumulação dos SOHs nas cadeias tróficas, tem-se que algicidas à base de sulfato de cobre e coagulantes à base de sulfato de alumínio podem resultar em um acúmulo de resíduos metálicos no meio aquático (COSTA, 2011). Além disso, tem-se a toxicidade desses insumos para organismos aquáticos (SANTOS et al., 2020; OLIVEIRA & WILLAND, 2011; COSTA, 2011), podendo interferir no equilíbrio do ecossistema aquático.

A partir disso, tem-se que o bioacúmulo e toxicidade dessas substâncias geram, como possível impacto, o comprometimento das atividades pesqueiras, dada a possibilidade de desequilíbrio ecológico, conforme exposto pelo tópico do meio biótico.

Quadro 3 – Aspectos e impactos ambientais do meio antrópico e socioeconômico

Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou compostos clorados e/ou coagulante à base de sulfato de alumínio	Bioacumulação de SOHs no corpo humano
	Comprometimento das atividades pesqueiras

Fonte: Elaborada pela Autora (2022).

Portanto, assim como para os meios físico e biótico, a bacia hidrográfica com maior potencial de ser impactada para o meio antrópico e socioeconômico é a do Rio Ratonés, dada a possibilidade de comprometimento de suas atividades pesqueiras.

4.5.4 Medidas Mitigadoras

A fim de reduzir o consumo de água demandado pelo abastecimento e manutenções físicas das piscinas, tem-se como alternativa o aproveitamento das águas pluviais para abastecimento de piscinas, conforme aprovado pela Prefeitura de Florianópolis e descrito pela Orientação Técnica Número 05, Revisão 02 da Vigilância Sanitária do município, que aborda o “Aproveitamento de Águas Pluviais” (PMF, 2018).

Outra medida para reduzir o consumo de água é a cobertura de piscinas, conforme proposto por Forrest e Williams (2010), uma vez que a barreira física formada pela cobertura

reduz as perdas de água por evaporação, além de reduzir a contaminação da piscina por impurezas, demandando menos manutenções físicas que associam a drenagem parcial das águas de piscinas. Tal medida também se aplica para redução de gasto energético, devido à diminuição da necessidade do acionamento da bomba para manutenções físicas, uma vez que a qualidade das águas de piscinas é preservada por mais tempo com essa prática.

A fim de reduzir os níveis de resíduos metálicos nos efluentes de piscinas, provenientes do tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre (II) e coagulantes à base de sulfato de alumínio, tem-se como alternativa a utilização de zeólita como elemento filtrante. Sua indicação de uso como material filtrante alternativo aos tradicionais para a área de tratamento de águas de piscinas surgiu em 2014 (MACÊDO, 2019). A zeólita – como material filtrante – possibilita a remoção de metais pesados em tratamento de efluentes contaminados, remoção de dureza da água, remoção de amônia ou íons amônio de resíduos líquidos, purificação e separação de compostos gasosos, inativação de metais tóxicos, entre outros (CORIOLANO et al., 2015 *apud* MACÊDO, 2019).

Outras possibilidades de desinfecção das águas de piscinas como forma de redução da dosagem de compostos clorados – a fim de diminuir a formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) – são a utilização de ozonizador e radiação UV.

O ozonizador trata-se de um equipamento eletroeletrônico, instalado na tubulação de retorno da piscina, e utiliza o oxigênio para gerar gás ozônio. Misturado à água, esse gás elimina os microrganismos devido às suas características oxidantes e desinfetantes. No entanto, o ozônio não pode ser utilizado como desinfetante residual, uma vez que o ozônio dissolvido em água é rapidamente vaporizado, além de ser tóxico e mais denso que o ar, podendo causar desconforto e prejudicar a saúde dos banhistas. Dessa forma, as piscinas ozonizadas também são tratadas com compostos clorados, porém em concentrações menores do que o usual (VIANNA, 2013; MATOS, 2013).

Outra alternativa para desinfecção das águas de piscinas, a fim de reduzir a formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs), é a utilização de radiação UV. O sistema é instalado na tubulação de retorno da piscina, assim como o ozonizador. A radiação UV inativa microrganismos e auxilia na destruição de cloraminas e outros poluentes orgânicos por meio da foto-oxidação, sem deixar residual de desinfetante, fazendo-se necessário a cloração – porém em concentrações menores que o usual. A desinfecção com radiação UV é um processo ambientalmente seguro e não possui efeitos secundários tóxicos (MATOS, 2013).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou identificar os aspectos e possíveis impactos ambientais causados pelo processo de manutenção química e física das piscinas sobre os corpos d'água receptores por meio de uma rede de interação. A partir disso, foram indicadas práticas de gestão para mitigação dos prováveis impactos ambientais gerados.

Os volumes de água consumidos pelas manutenções físicas de piscinas relacionam-se com a quantidade de piscinas contabilizadas em cada bairro. Quanto mais piscinas numa região, maior volume de água consumido, como ocorreu para Jurerê Internacional; e quanto menos piscinas em uma região, menor o volume de água consumido, como ocorreu para o bairro Forte.

Quanto às cargas efluentes, obteve-se um resultado elevado para todas as substâncias analisadas: alumínio, cobre e cloro. Porém, tanto em termos máximos quanto em termos mínimos, a carga efluente de cloro foi a que apresentou maior expressividade em termos numéricos, dada sua elevada concentração nos compostos clorados inorgânicos dosados no tratamento químico de piscinas.

A contribuição destas cargas efluentes em ecossistemas aquáticos por meio dos sistemas de drenagem é ambientalmente preocupante, uma vez que os íons metálicos são essencialmente de natureza inorgânica e, portanto, não entram em decomposição biológica, acumulando-se tanto nos lençóis subterrâneos, quanto nas águas superficiais, desencadeando problemas relacionados à biodegradabilidade e toxicidade. Além disso, a elevada carga efluente de cloro favorece a ocorrência de formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs) resultantes do próprio processo de cloração em contato com substâncias precursoras. Esses subprodutos são potencialmente cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e podem ser bioacumulados nas cadeias tróficas, impactando os ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, podendo causar um desequilíbrio ecológico.

Por meio da elaboração da rede de interação (*networks*) foi possível estabelecer os aspectos e impactos ambientais para cada meio, além da valoração dos impactos para cada atributo, magnitude e probabilidade, resultando em um Valor Global de Impacto Ambiental (VGI) correspondente a 58,55 – impacto negativo, classificado como alto, conforme o intervalo de valoração considerado. Tendo em vista que a área de maior densidade de piscinas é Jurerê Internacional, e estando interligada por meio dos Sistemas de Canais de Jurerê, conclui-se que a bacia hidrográfica com maior potencial de ser impactada é a do Rio de

Ratones, bem como a Estação Ecológica de Carijós, uma vez que a hidrografia desta unidade de conservação está inserida nesta bacia hidrográfica.

Quanto às práticas de gestão para a mitigação dos impactos ambientais de piscinas, sugeriu-se a fim de reduzir o consumo de água demandado pelo abastecimento e manutenções físicas das piscinas, o aproveitamento das águas pluviais para abastecimento de piscinas, além da cobertura das mesmas, uma vez que a barreira física formada pela cobertura reduz as perdas de água por evaporação, além de reduzir a contaminação da piscina por impurezas, demandando menos manutenções físicas que associam a drenagem parcial das águas de piscinas. Tal medida também foi proposta para redução de gasto energético, devido à diminuição da necessidade do acionamento da bomba para manutenções físicas, uma vez que a qualidade das águas de piscinas é mantida por mais tempo com essa prática.

A fim de reduzir os níveis de resíduos metálicos nos efluentes de piscinas, provenientes do tratamento químico com algicidas à base de sulfato de cobre (II) e coagulantes à base de sulfato de alumínio, a utilização de zeólita como elemento filtrante foi proposta como alternativa. Além disso, a utilização de ozonizador e/ou radiação UV foram apresentadas como alternativa no auxílio da desinfecção das águas de piscinas como forma de redução da dosagem de compostos clorados, a fim de diminuir a formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOHs).

6 RECOMENDAÇÕES

De acordo com as conclusões apresentadas por este trabalho, é possível traçar recomendações para pesquisas futuras. Como há distinção entre piscinas coletivas e particulares, e portanto, há variações relevantes quanto ao tempo e frequência das manutenções de retrolavagem e aspiração de fundo, vazão das bombas e frequência de aplicação dos produtos químicos, um levantamento de campo traria resultados mais fiéis à realidade em relação à parâmetros como volume de água consumido nas manutenções físicas de piscinas, e concentrações de alumínio, cobre e cloro.

Além disso, análises de cloro podem agregar, a fim de determinar a concentração de cloro combinado, que se refere ao cloro associado com amônia (NH_3) ou outros compostos orgânicos, formando os subprodutos orgânicos da cloração. A realização de testes de volatilização e decaimento das substâncias químicas analisadas (hipoclorito de sódio e cálcio; sulfato de alumínio e cobre) auxiliariam na precisão dos resultados, uma vez que permitem analisar as perdas das substâncias químicas para o meio externo.

Por fim, como o município de Florianópolis não possui cadastramento do sistema de drenagem, este seria um ponto interessante para este trabalho, a fim de verificar as áreas que afluem nos corpos hídricos com maior detalhamento, através do sentido de escoamento preferencial da microdrenagem da região de estudo.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, Shahid A.; ARYA, D. S. **Environmental impact assessment: available techniques, emerging trends**. Discovery Publishing House, 2000.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/seguranca-hidrica>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Classificação de Piscinas**. NBR 9819. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Piscina – Terminologia**. NBR 9816. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Qualidade de Água de Piscina**. NBR 10818. Rio de Janeiro, 1989.
- BLOCK, S. S. (Ed.) **Disinfection sterilization and preservation**, 4.ed. Philadelphia: Lea e Febiger, 1991. 1162 p.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U.
- BRESSANE, A. et al. **Construção de um índice global de impacto para análise comparativa aplicada à adequação de empreendimentos irregulares**. Eng Sanit Ambient, v. 22, n. 11, p. 111-122, jan/fev 2017.
- BUTIÃO, Deborah F. **Formação de subprodutos orgânicos halogenados da desinfecção em águas de piscinas**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2011.
- CANTOR, K. P., HOOVER, R., MASON, T. J. et al. **Associations of cancer mortality with halomethanes in drinking water**. Journal National Cancer Institute, v. 61, n. 4, p. 979-985. 1978.
- CEMACON. **Tratamento Físico de Piscinas**. [S.l.; s.n.], [20--]. Disponível em: <<https://www.cemacon.com.br/suporte>>. Acesso em 06 de janeiro de 2021.
- CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017.
- COSTA, P. M. **Avaliação do efeito tóxico de sulfato de alumínio e sulfato de cobre em bioensaio de contaminação subcrônica via trófica no bioindicador *Rhamdia quelen* (siluriforme)**. 2011. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- CORCORAN, E., et al. **Sick Water? The central role wastewater management in sustainable development**. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment

Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal, 2010. Disponível em: <<http://www.unep.org/pdf/SickWater screen.pdf>>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

Dispositivo para piscina: o que são e como funcionam? **SolarGil**. 2018. Disponível em: <<https://www.solargil.com.br/2018/11/08/dispositivo-piscina-o-que-sao-como-funcionam/>>. Acesso em: 07 de março de 2021.

Dominus Química Ltda. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Algicida de Choque. Jandaia do Sul, 2018. Disponível em: <<https://www.dominusquimica.com.br/produtos/domclor/1>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

Dominus Química Ltda. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Algicida de Manutenção. Jandaia do Sul, 2018. Disponível em: <<https://www.dominusquimica.com.br/produtos/domclor/1>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

Drenos de Fundo. Manual. **SODRAMAR**, [20--]. Disponível em: <<http://www.sodramar.com.br/Arquivos-Transferidos/Mod-Produtos/Arq-Produtos/ManualDrenoABS.pdf>>. Acesso em: 07 de março de 2021.

DURBOROW, R. M.; TUCKER, C. S.; GOMELSKY, B. I.; ONDERS, R. J.; MIMS, S. D. **Aquatic weed control in ponds**. Kentucky State University Land Grant Program, 2008.

Encyclopædia Britannica. **GREAT BATH**. 2018. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Great-Bath-Mohenjo-daro>>. Acesso em: 08 de novembro de 2021.

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar nº 239, de 10 de agosto de 2006. **Institui o código de vigilância em saúde, dispõe sobre normas relativas à saúde no município de Florianópolis, estabelece penalidades e dá outras providências**. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/05_01_2010_10.22.32.020234fe5bea2096655e5f52a90c3130.pdf>. Acesso em: 05 de janeiro de 2022.

FONSECA, G. Q. **Piscinas: Tipologias, Componentes e Metodologias de Dimensionamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

FORREST, Nigel; WILLIAMS, Eric. **Life Cycle Environmental Implications of Residential Swimming Pools**. Environmental Science & Technology, v. 44, n. 14, p.5601-5607, 2010.

FUNASA. **Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, p. 1-56, 2003.

GALLION, Tyler; HARRISON, Tyler; HULVERSON, Robert; HRISTOVSKI, Kiril. **Estimating Water, Energy, and Carbon Footprints of Residential Swimming Pools**. Water Reclamation and Sustainability, v. [--], n. 14, p. 343–359, 2014.

GARCIA, T. V. **Remoção de algas através da eletroflotação – Tratamento eletrolítico seguido de filtração direta no tratamento de água de abastecimento**. 2002. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Genco Química Industrial Ltda. **Guia Pático para Tratamento de Águas de Piscinas Residenciais**. São Paulo, 5ª Edição, 2010. Disponível em: <<http://www.genco.com.br/downloads/guia-completo.pdf>>. Acesso em 04 de janeiro de 2021.

GLASSON, John; SALVADOR, Nemesio Neves B. **EIA in Brazil: a procedures–practice gap. A comparative study with reference to the European Union, and especially the UK**. Environmental Impact Assessment Review, v. 20, n. 2, p. 191-225, 2000.

Hidroall do Brasil Ltda. **Boletim Técnico – BTP**. Sulfato de Alumínio. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://piscinas.hidroall.com.br/produtos/auxiliares/sulfato-de-aluminio>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2021.

Hidroall do Brasil Ltda. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Sulfato de Alumínio. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://piscinas.hidroall.com.br/produtos/auxiliares/sulfato-de-aluminio>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2021.

Hidroazul Indústria e Comércio Ltda. **Manual de Tratamento de Piscinas**. [S.l.; s.n.], [20--]. Disponível em: <<https://www.cemacon.com.br/suporte>>. Acesso em 06 de janeiro de 2021.

Hidroazul Indústria e Comércio Ltda. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Algicida de Choque. [S.l.], 2018. Disponível em: <<http://hidroazul.com.br/produtos/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

Hidroazul Indústria e Comércio Ltda. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Algicida de Manutenção. [S.l.], 2019. Disponível em: <<http://hidroazul.com.br/produtos/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

HTH. **Manual Avançado de Tratamento de Piscinas**. 2019. 81 slides. Disponível em: <<https://hth.com.br/downloads>>. Acesso em 06 de janeiro de 2021.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Matriz de interação. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós**. Meio Digital. 2002.

JAY, Stephen; JONES, Carys; SLINN, Paul; WOOD, Christopher. **Environmental impact assessment: Retrospect and prospect**. Environmental impact assessment review, v. 27, n. 4, p. 287-300, 2007

LAGO, Mara C. de Souza. **Modos de vida e identidade: Sujeitos no processo de urbanização da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis, Ed. UFSC, 1996.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley e Sons Inc., 1994, 708p.

LOPES, T. A. S. **Avaliação do ciclo de vida de uma ETE composta por reator UASB seguido de wetlands construídos**. 2014. 136 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

MACÊDO, J. A. B. **Piscina: Água & Tratamento & Química (A Piscinologia Contemporânea)**. 2ª Edição. Belo Horizonte: Jorge Macêdo, 2019.

MARCANTONIO, A. S. **Toxicidade do sulfato de cobre e do sulfato de zinco para rã-touro, *Rana catesbeiana* Shaw, 1802: Toxicidade aguda e crônica e parâmetros hematológicos**. 2005. 92 f. Tese (Doutorado em Aquicultura de Águas Continentais) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

MATOS, A. M. A. O. **Estudo comparativo de sistemas de desinfecção de água de piscinas públicas: cloro, bromo, ozônio e radiação UV**. 2013. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

MAURÍCIO, R. A. **Influência da sedimentação na qualidade do sobrenadante da água residuária gerada no tratamento de água de uma piscina**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

MAZON, A.F. **Efeitos do íon cobre sobre o curimatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881)**. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 1997.

MEYER, Sheila T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, Março de 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X1994000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 16 de setembro de 2020.

MERINO, D. **Who Invented Pools? A History of Swimming Pools**. September 23, 2016. Disponível em: <<https://blog.intheswim.com/who-invented-pools-a-history-of-swimming-pools/>>. Acesso em 06 de novembro de 2021.

MOLINARI, Laura. **Tratamento de água com algicidas prejudica o ecossistema dos reservatórios**. Agência Universitária de Notícias (AUN/USP). São Paulo, 07 de maio de 2018. Disponível em: <<https://paineira.usp.br/aun/index.php/2018/05/07/tratamento-de-agua-com-algicidas-prejudica-o-ecossistema-dos-reservatorios/>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2021.

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. **Avaliação de Impacto Ambiental: Uma revisão da literatura sobre as principais metodologias**. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense - SICT-Sul. Araranguá, 2016.

MORGAN, R. K. **Environmental impact assessment: the state of the art**. Environment Impact Review, v. 3, n.1, p 5-14, 2012.

NUPPRAR – Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduos, **Estudo de Remoção de Cu em Águas de Piscinas**, 2018.

OLIVEIRA, Hélen Marocco de; WILLAND, Elenir de Fátima. **Efeito da água tratada com sulfato de alumínio e com o polímero natural (tanato quaternário de amônio) em planárias a fim de identificar novos organismos testes**. Rev. In. Cient. ULBRA, [S.l.], 2011, p. 51-57.

PASCHOALATO, C. F. P. R. **Efeito da Pré-Oxidação, Coagulação, Filtração e Pós-Cloração na Formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados em Águas Contendo Substâncias Húmicas**. 2005. 291 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PAULA, Heber Martins de; FERNANDES, Carlos Eduardo. **Otimização do tratamento de água cinza a partir do uso combinado de coagulantes químicos**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 23, n. 5, p. 951-961, Outubro de 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522018000500951&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 de janeiro de 2021.

Pedroso, M. J. L. C. P. **Exposição Ocupacional em Piscinas Cobertas do tipo I e II**. 2009. 119 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Instituto de Ciências Médicas Abel Salazar. Faculdade de Medicina. Universidade do Porto. Porto, 2009.

PELGROM, S.M.G.J. **Interactions between copper and cadmium during single and combined exposure in juvenile tilapia *Oreochromis mossambicus*: influence of feeding condition on whole body metal accumulation and the effect of the metals on tissue water and ion content**. Aquat. Toxicol., v. 30, p. 117-135, 1994. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0166445X94900094>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

PEREIRA, Bruna. **Piscinas: 24 dicas de manutenção**. Casa e Jardim, [S.l.], 26 de março de 2019. Disponível em: <<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Arquitetura/Area-externa/Piscina/noticia/2017/08/piscinas-24-dicas-de-manutencao.html>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. in TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (Ed.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH - Editora da Universidade UFRGS, 1995, p. 387-428.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Floripa Se Liga na Rede. **O Programa**. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/seliganarede/index.php?cms=o+programa&menu=0>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2021a.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Floripa Se Liga na Rede. **Responsabilidade Compartilhada no SES**. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/seliganarede/index.php?cms=responsabilidade+compartilhada+no+ses&menu=0>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2021b.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Floripa Se Liga na Rede. **Autodeclaração de Regularidade**. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/seliganarede/index.php?cms=autodeclaracao+de+regularidade&menu=0>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2021c.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – PMISB. **Produto 2 – Diagnóstico da Caracterização Física**. 2010. 336 p.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – PMISB. **Produto 6 – Diagnóstico da Drenagem Urbana**. 2009. 117 p.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – PMISB. **Produto 11 – Versão Consolidada Final**. 2011. 300 p.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. **Orientação Técnica: Apresentação do Projeto Hidrossanitário Simplificado – PHS**. OT 01, rev. 02, 2018. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/vigsanitaria/index.php?cms=orientacoes+tecnicas&menu=4&submenuid=1662>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

Prefeitura Municipal de Florianópolis – SC. **Orientação Técnica: Aproveitamento de Águas Pluviais**. OT 05, rev. 02, 2018. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/vigsanitaria/index.php?cms=orientacoes+tecnicas&menu=4&submenuid=1662>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

QIAN, H.; YU, S.; SUN, Z.; XIE, X.; LIU, W.; FU, Z. **Effects of copper sulfate, hydrogen peroxide and N-phenyl-2-naphthylamine on oxidative stress and the expression of genes involved photosynthesis and microcystin disposition in Microcystis aeruginosa**. *Aquatic Toxicology*, v. 99, n. 3, p. 405-412, 2010. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10-1016/j.aquatox.2010.05.018](http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.05.018)>. Acesso em: 04 de março de 2021.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. 1a ed. São Paulo. Editora: Edgard Blücher Ltda, 1991.

RUSSOMANNO, R. **Water quality criteria for recreation and aesthetics**. In: Environmental Protection Agency. Water Programs Operations. Training Program., *Current practices in water Microbiology*. Cincinnati, 1973. p. 6.1-6.6.

Saiba o que é algicida e como ela ajuda na limpeza da piscina. **Pool rescue**, [20--]. Disponível em: <<https://poolrescue.com.br/blog/saiba-o-que-e-algicida-e-como-ela-ajuda-na-limpeza-da-piscina/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

Saiba qual é a frequência ideal da manutenção de piscina coletiva. **Pool rescue**, [20--]. Disponível em: <<https://poolrescue.com.br/blog/saiba-qual-e-a-frequencia-ideal-da-manutencao-de-piscina-coletiva/>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

SANSEBASTIANO G, ZONI R, ZANELLI R, BIGLIARDI R. **Microbiological aspects of pool water**. *Ig Sanita Pubbl*. 2008; 64(1):121-9.

SANTA CATARINA, Governo do Estado. Secretaria de Estado da Saúde. Diretoria de Vigilância Sanitária. **Resolução Normativa nº 003/DIVS/SES**, 24 de maio de 2016. Diário Oficial do Estado – SC – nº 20.342, de 19 de julho de 2016. Páginas 11, 12 e 13.

SANTOS, Wesley Natanael de Araujo et al. **Avaliação do uso dos coagulantes sulfato de alumínio e tanino vegetal em parâmetros de tratamento de água para abastecimento humano**. REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 1, n. 14, p. 23-34. 2020. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/560>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SORENSEN, Jens C. **A framework for identification and control of resource degradation and conflict in the multiple use of the coastal zone**. 1971.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L. **Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse**. 3.ed. New York: McGraw Hill, 1991. 1335 p.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. Ed. São Paulo: Artmed, 2012. 478 p.

Tratamento para Água da Piscina. **Quimidrol**, [20--]. Disponível em: <<https://www.quimidrol.com.br/dicas/cat/dicas-gerais/post/tratamento-para-agua-da-piscina/>>. Acesso em: 26 de janeiro de 2021.

United States Environmental Protection Agency. **Drinking Water Contaminants**. List of Contaminants and their Maximum Contaminant Levels. 2013. Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm#List>>. Acesso em: 05 de março de 2021.

VAZ, Luiz Gustavo de L. et al. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia**. Eclética Química, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010046702010000400006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 de janeiro de 2021.

VISBAL, L. A.; IGLESIAS, J. O.; OSUNA, I. B. **Metodología de la investigación: para las ciencias de la salud**. La Habana: Editorial Ciencias Médicas, 2008.

VIANNA, Marcos Rocha. **Instalações Hidráulicas Prediais**. 4ª Edição. Nova Lima: Imprimatur Artes Ltda., 2013.

VILLANUEVA, C. M.; GAGNIERE, B.; MONFORT, C.; NIEUWENHUIJSEN, M. J.; CORDIER, S. **Sources of variability in levels and exposure to trihalomethanes**. *Environmental Research*, v. 103, p. 211-220, 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17189628/>>. Acesso em: 08 de março de 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia

Sanitária e Ambiental. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1, 2005, 452 p.

WREN, C. D.; STEPHENSON, G. L. **The effect of acidification on the accumulation and toxicity of metals to freshwater invertebrates.** Environmental Pollution. Amsterdam. v. 71, p. 205-241, 1991. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/026974919190033S>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

ZHOU, S.; SHAO, Y; GAO, N.; DENG, Y.; QIAO, J.; OU, H.; DENG, J. **Effects of different algaecides on the photosynthetic capacity, cell integrity and microcystin-LR release of *Microcystis aeruginosa*.** Science of the Total Environment, v. 463-464, p. 111-119, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.064>>. Acesso em: 05 de março de 2021.

ANEXO A – Questionário sobre Tratamento Físico

Considerando piscinas não aquecidas e de dimensões padrão:

1) Qual a vazão média de um conjunto motobomba?

ENTREVISTADO	VAZÃO	
	(m ³ /h)	(m ³ /d)
A	3,8	91,2
B	6 a 10	144 a 240
C	4 a 12	96 a 288
D	3,8	91,2
E	3,8	91,2

2) Qual a frequência média das operações de retrolavagem e aspiração de fundo (drenando)?

ENTREVISTADO	RETROLAVAGEM	
	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO (mensal)	
	Alta Temporada	Baixa Temporada
A	4 a 8	2 a 4
B	a 10	3 a 4
C	2	2
D	4 a 5	2 a 3
E	3 a 5	2

ENTREVISTADO	ASPIRAÇÃO DE FUNDO DRENANDO	
	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO (mensal)	
	Alta Temporada	Baixa Temporada
A	3	0
B	2	1
C	1	0
D	2	1 a 2 vezes na baixa temporada inteira
E	1 a 2	1

3) Considerando uma piscina em condições não precárias de manutenção, qual o tempo médio de duração da retrolavagem e aspiração de fundo (drenando)?

ENTREVISTADO	RETROLAVAGEM	
	TEMPO (minutos)	TEMPO (horas)
A	0,5 a 1	0,00833 a 0,01667
B	0,5 a 2	0,00833 a 0,03333
C	0,5	0,00833
D	1	0,01667
E	2	0,03333

ASPIRAÇÃO DE FUNDO DRENANDO

ENTREVISTADO	TEMPO (minutos)	TEMPO (horas)
A	10 a 15	0,1667 a 0,25
B	5 a 15	0,0833 a 0,25
C	5 a 10	0,0833 a 0,1667
D	10 a 15	0,1667 a 0,25
E	5	0,0833

ANEXO B – Questionário sobre Tratamento Químico

Considerando piscinas não aquecidas e de dimensões padrão, qual a frequência média de aplicação para os seguintes tratamentos?

1) Algicida de choque

ENTREVISTADO	FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO (mensal)	
	Alta Temporada	Baixa Temporada
A	1 a 4	0
B	1 a 2	1
C	2	1
D	1 a 3	4 vezes na baixa temporada inteira
E	1	0 a 1

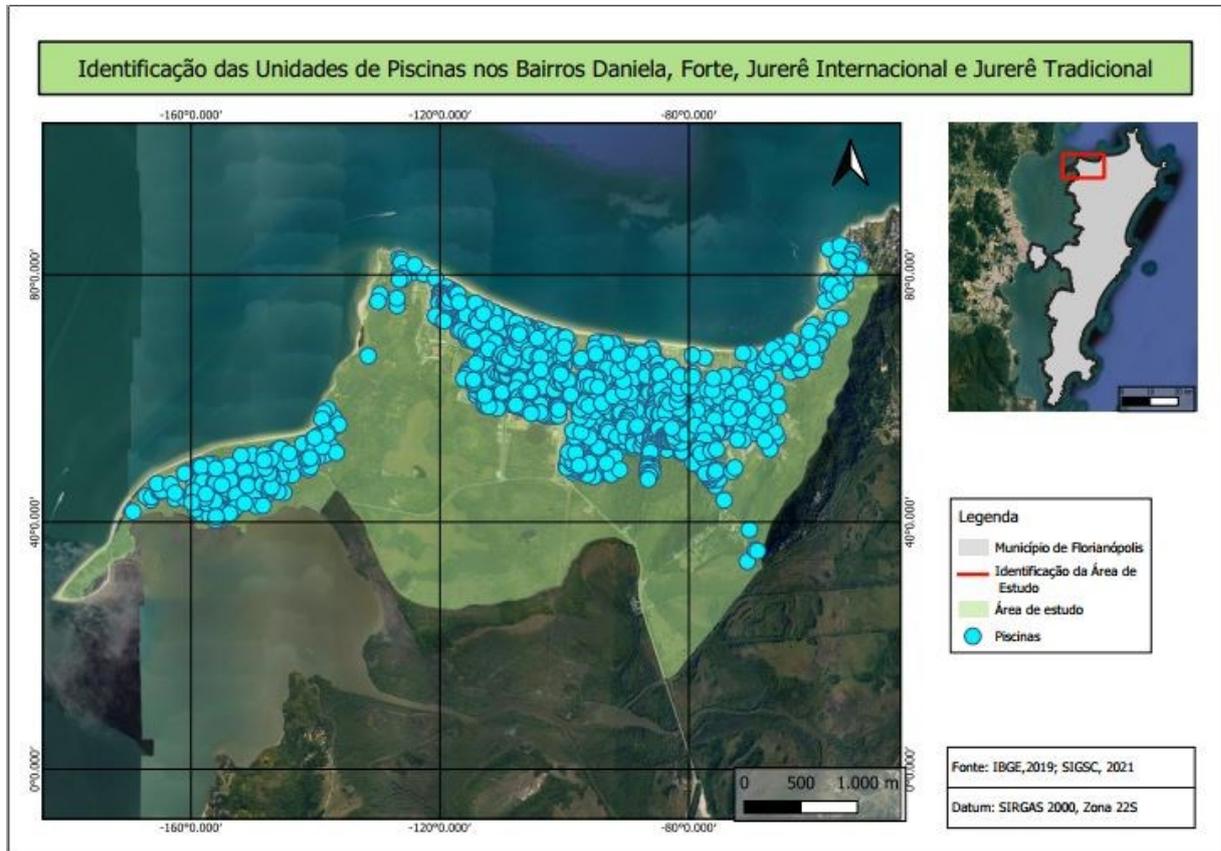
2) Supercloração/cloração de choque

ENTREVISTADO	FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO (mensal)	
	Alta Temporada	Baixa Temporada
A	1 a 2	0
B	1 a 3	1
C	2	1
D	1 a 2	1
E	1	0 a 1

3) Coagulante

ENTREVISTADO	FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO (mensal)	
	Alta Temporada	Baixa Temporada
A	1 a 2	0
B	3 a 5	2 a 4
C	4 a 5	1 a 2
D	4 a 5	1 a 3
E	4 a 5	2 a 4

ANEXO C – Mapa de identificação das unidades de piscinas nos bairros Daniela, Forte, Jurerê Internacional e Jurerê Tradicional e resultado da quantificação na tabela de atributos



Piscinas — Total de feições: 1640, Filtrada: 1640, Seleccionada: 0



Bairro ▲	
1620	Jurerê W
1621	Jurerê W
1622	Jurerê W
1623	Jurerê W
1624	Jurerê W
1625	Jurerê W
1626	Jurerê W
1627	Jurerê W
1628	Jurerê W
1629	Jurerê W
1630	Jurerê W
1631	Jurerê W
1632	Jurerê W
1633	Jurerê W
1634	Jurerê W
1635	Jurerê W
1636	Jurerê W
1637	Jurerê W
1638	Jurerê W
1639	Jurerê W
1640	Jurerê W

 Mostrar todos os feições ▾

ANEXO D – Matriz de VGI / Rede de Interação

Componente do Meio	Identificação do Impacto		ATRIBUTOS					Magnitude	Probabilidade	Fator Relevância	VGI por meio	VGI
	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Natureza	Forma	Duração	Temporalidade	Reversibilidade					
Físico	Abastecimento de piscinas com água potável e posterior descarte pela manutenção física de piscinas (retrolavagem e aspiração de fundo)	Redução na disponibilidade de recursos naturais	N	D	T	C	R	M	M	-36	-56,00	-58,55
	Operação de bombas de piscinas		N	I	T	C	I	B	B	-12		
	Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou coagulante sulfato de alumínio	Acúmulo de resíduos metálicos no meio aquático	N	I	P	L	R	A	A	-96		
	Tratamento químico de piscinas com compostos clorados	Formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados (SOHs)	N	D	T	C	R	A	A	-72		
	Tratamento das águas de piscinas com produtos químicos	Alteração da qualidade da água do corpo receptor (subterrânea e/ou superficial)	N	D	P	C	R	A	M	-64		

Componente do Meio	Identificação do Impacto		ATRIBUTOS					Magnitude	Probabilidade	Fator Relevância	VGI por meio	VGI
	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Natureza	Forma	Duração	Temporalidade	Reversibilidade					
Biótico	Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou coagulante sulfato de alumínio	Bioacumulação de ions metálicos em tecidos de diferentes organismos	N	I	P	C	I	A	A	-96	-64,00	-58,55
	Tratamento químico de piscinas com compostos clorados	Bioacumulação de SOHs em tecidos de diferentes organismos	N	I	P	C	I	A	A	-96		
	Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou compostos clorados e/ou coagulante sulfato de alumínio	Toxicidade (organismos aquáticos e outros organismos)	N	I	T	M	R	A	M	-40		
		Desequilíbrio ecológico	N	I	T	L	R	A	B	-24		
Antrópico/ Socioeconômico	Tratamento químico de piscinas com algicidas à base de sulfato de cobre e/ou compostos clorados e/ou coagulante sulfato de alumínio	Bioacumulação SOHs no corpo humano	N	I	P	C	I	A	A	-96	-54,00	-58,55
		Comprometimento das atividades pesqueiras	N	I	T	L	R	B	B	-12		