



## Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas

Cibele Rodrigues Costa <sup>1\*</sup>, Monica Ferreira da Costa <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: cibele.crc@gmail.com)

<sup>2</sup>PhD em Environmental Sciences, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 19/02/2020 – Revisado em: 15/05/2020 – Aceito em: 05/06/2020

### RESUMO

Um dos parâmetros mais importantes para se comprovar a qualidade da praia, é a avaliação da qualidade da água. A relevância desta avaliação depende de estratégias de amostragem e de métodos analíticos que resultam em dados e informações para os tomadores de decisão e todas as partes interessadas. Neste trabalho nós examinamos os métodos laboratoriais, os indicadores utilizados e mais alguns parâmetros relacionados a avaliação de qualidade de águas balneares, a fim de desenvolver uma visão crítica do processo que possa ajudar a entender seu potencial, melhor planejamento de novos programas e a autocrítica dos existentes, para que os gestores planejem formas de melhorar sua contribuição para a segurança pública e ambiental na zona costeira. Nós encontramos que a variável mais estudada para avaliar a qualidade das águas é a quantificação de bactérias. Internacionalmente, dois métodos de bancada predominam (membrana filtrante e substratos) nas análises de qualidade de água. As análises de dados levam em consideração as coletas e muitas delas foram voltadas para o desenvolvimento de técnicas de predição de padrões. Os requisitos necessários para garantir em segurança a utilização das águas balneares passam não só pelos acessos, infraestruturas e segurança, mas principalmente pela qualidade da água.

**Palavras-Chaves:** *Escherichia coli*, Poluição marinha, Gerenciamento costeiro, Contaminação fecal, Frequência amostral.

### Review of microbiological water quality monitoring methods in recreative beaches

#### ABSTRACT

One of the most important parameters verifying the quality of the beach is the assessment of water quality. The relevance of this assessment depends on sampling strategies and analytical methods that result in data and information for decision makers and all interested parties. In this work we examine the laboratory methods, the indicators used and a few more parameters related to bathing water quality assessment, in order to develop a critical view of the process that can help to understand its potential, better planning of new programs and the self-criticism of for managers to plan ways to improve their contribution to public and environmental security in the coastal zone. We found that the most studied variable to assess water quality is the quantification of bacteria. Internationally, two bench methods predominate (filter membrane and substrates) in water quality analyses. The data analyses take into account the collections and many of them were focused on the development of pattern prediction techniques. The requirements necessary to ensure the safe use of bathing water include not only access, infrastructure and safety, but mainly water quality.

**Keywords:** *Escherichia coli*, Marine pollution, Coastal management, Fecal contamination, Sampling frequency.

## 1. Introdução

A balneabilidade é um indicador da qualidade das águas destinadas a atividades recreacionais de contato primário e de longa exposição, ou seja, aquelas com grande possibilidade de ingestão de água, como por exemplo, banho, natação e outras atividades esportivas. A avaliação da balneabilidade das praias garante que estas atividades possam ser praticadas sem danos à saúde humana (Pond, 2005; WHO, 2003). A avaliação da quantidade e frequência de indicadores microbiológicos, como bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes (sendo a *Escherichia coli* sua principal representante) e Enterococos, presentes na água é um dos principais métodos de avaliação da balneabilidade (WHO, 2003), sendo importante considerar as variações temporais e espaciais destes coliformes.

O lançamento de efluentes não tratados, provenientes principalmente das atividades domésticas, é o principal responsável pela poluição orgânica das águas e pela presença de coliformes termotolerantes nas águas (Efstratiou, 2001; Pond, 2005; WHO, 2003).

Um corpo d'água receptor de efluentes pode incorporar uma ampla gama de agentes transmissores de doenças (Efstratiou, 2001; Shibata et al., 2004; WHO, 2003). A detecção de agentes patogênicos, causadores de surtos epidêmicos de doenças intestinais, por exemplo, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações. O emprego de indicadores microbiológicos, como *E. coli*, que apresenta habitat exclusivo no trato digestório humano e de animais homeotérmicos, ocorrendo em elevadas densidades, é mais eficiente (Pond, 2005). É interessante notar que condições de insalubridade se estendem para a areia das praias, onde também prevalece uma assembleia própria de patógenos, sobretudo bactérias e fungos (Cheung et al., 2015; Pond, 2005; Praveena et al., 2016; Shibata et al., 2004; Zuza-Alves et al., 2016).

Fatores ambientais como a quantidade de chuvas (e o efeito da sazonalidade), radiação solar, variáveis físico-químicas da água (por exemplo, temperatura, salinidade, pH) e elementos influenciadores da circulação marinha (marés, correntes, ventos) são frequentemente associados aos dados dos indicadores da balneabilidade trazendo maior segurança na sua interpretação (Cheung et al., 2015; Fiorentino; Olascoaga & Reniers, 2014; Griffith et al., 2010; Shibata et al., 2004; Zhang et al., 2013). Na literatura internacional, é notável a preocupação com a qualidade das águas onde são desenvolvidas atividades recreacionais, onde a análise deste parâmetro é tratada como ferramenta de gestão costeira (Fiorentino; Olascoaga & Reniers, 2014; Klein & Dodds, 2017; Przybyla-Kelly et al., 2013; Thoe et al., 2014), assim como questão de saúde pública (Cheung et al., 2015; Pond, 2005).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento na literatura sobre os principais métodos empregados na análise de qualidade de águas balneares, levando em consideração a finalidade do estudo, o local em que foi desenvolvido, seu desenho amostral e suas técnicas de análise, buscando destacar as tendências atuais.

## 2. Material e Métodos

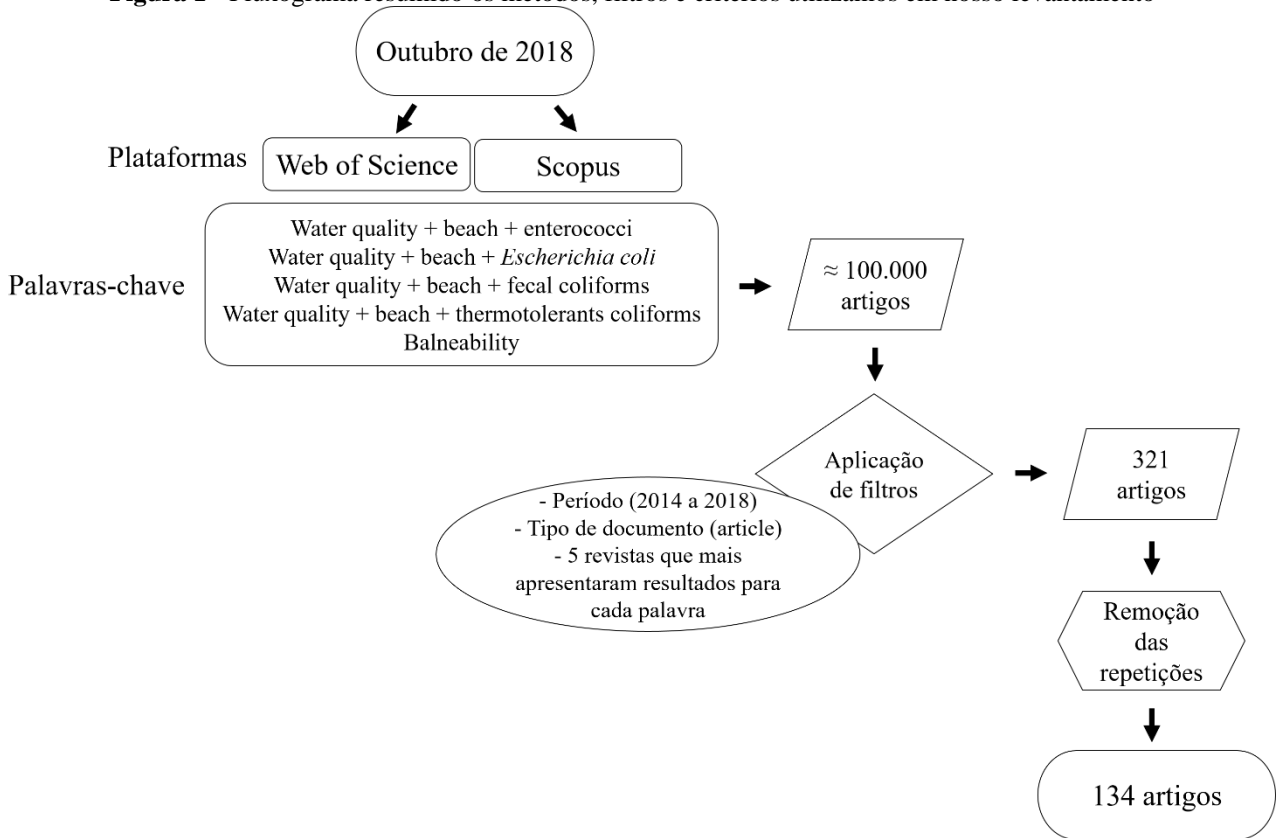
Realizou-se um levantamento inicial na literatura sobre qualidade de águas balneares nas plataformas de pesquisa internacionais Scopus (<https://www.scopus.com/>) e Web of Science (<https://www.webofscience.com/>). Esta primeira busca resgatou mais de 100 mil artigos, e desta forma, estabelecemos alguns filtros de busca nas plataformas. Como filtros de busca em um novo levantamento, nós consideramos apenas artigos científicos no período de janeiro de 2014 a outubro de 2018. Para a busca, em cada uma destas plataformas, nós utilizamos cinco conjuntos de palavras-chaves: “water quality” + “beach” + “enterococci” ou “*Escherichia coli*” ou “fecal coliforms” ou “thermotolerants coliforms” e “balneability” (Tabela 1).

**Tabela 1** - Palavras-chaves pesquisadas nas plataformas de interesse (Web of Science e Scopus) e o número de artigos (2014 a outubro de 2018)

Palavras-chaves	Plataformas	
	Web of Science	Scopus
Water quality + beach + enterococci	56	37
Water quality + beach + <i>Escherichia coli</i>	79	59
Water quality + beach + fecal coliforms	17	53
Water quality + beach + thermotolerants coliforms	1	14
Balneability	3	2
	156	165
<b>Total (sem repetições)</b>	<b>134</b>	

Cada pesquisa resultou numa quantidade de artigos resgatados (Tabela 1). Foram resgatados 321 artigos no total. Os artigos duplicados foram eliminados, totalizando 134 artigos restantes, os quais foram utilizados neste estudo (Figura 1).

**Figura 1** - Fluxograma resumido os métodos, filtros e critérios utilizados em nosso levantamento



Após o resultado da busca dos artigos nas plataformas, selecionou-se os artigos encontrados tendo como critério que os artigos apresentassem algum conjunto de dados coletados e processados para a obtenção de resultados. Consideramos apenas os artigos das cinco revistas que apresentaram mais resultados em cada palavra-chave.

Nos documentos resgatados, analisou-se um conjunto de variáveis, visando conhecer e caracterizar o nível de desenvolvimento das análises de qualidade de águas em praias, através do recorte temporal (tendências atuais). As variáveis consideradas foram: (1) ano de publicação; (2) fator de impacto da revista em que o trabalho foi publicado; (3) o objetivo do estudo; (4) clima e localização dos estudos; (5) urbanização; (6) origem dos dados; (7) frequência de amostragem; (8) parâmetros de qualidade medidos e espécies dos organismos pesquisados; (9) compartimento ambiental; (10) tipo de ecossistema; (11) metodologia de bancada; (12) outros parâmetros pesquisados e (13) análise estatística dos dados.

Os artigos trabalhados foram triados e geraram uma tabela, disponível em forma digital. O número amostral (n) foi variável ( $123 < n < 134$ ) devido à ausência de algumas informações de interesse para este artigo.

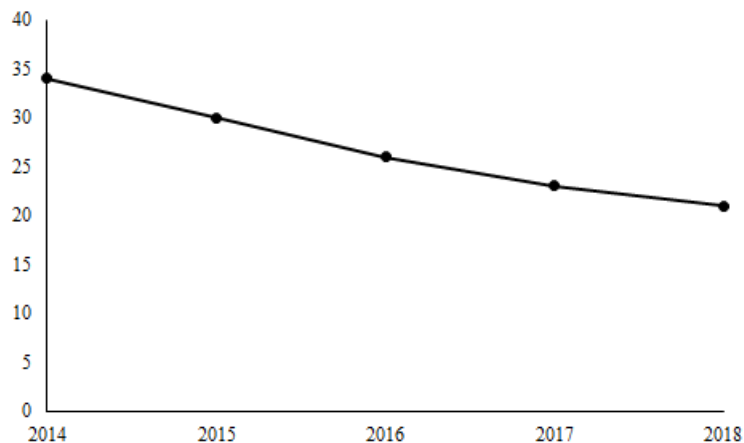
### 3. Desenvolvimento

Para melhor compreensão, neste tópico, serão descritos brevemente os parâmetros estudados seguidos dos resultados encontrados neste estudo.

#### 3.1 Ano de publicação

A primeira variável analisada foi o período de publicação (n=134). Foi eleito o período mais recente para este estudo, levando em consideração as publicações dos últimos 5 anos. O primeiro ano de estudo foi 2014, o qual apresentou 34 artigos relacionados ao tema. O ano de 2015 apresentou 30 artigos. Os anos de 2016, 2017 e 2018 (até outubro) apresentaram 26, 23 e 21 artigos, respectivamente (Figura 2).

**Figura 2** - Número de artigos publicados a respeito de qualidade de águas balneares no período de 2014 a outubro de 2018



Observar diferenças e tendências interanuais podem ajudar a conhecer o comportamento da quantidade de estudos desenvolvidos na área. A tendência observada graficamente é de um decréscimo na quantidade de artigos publicados ao longo do período estudado. Este fato contradiz a tendência de trabalhos realizados voltados para a qualidade ambiental, que retratam mudanças globais (Thoe et al., 2018; Weiskerger et al., 2019; Weiskerger & Whitman, 2018) e tendo como base outros poluentes como o plástico (Ivar do Sul & Costa, 2013; Monteiro; Ivar do Sul & Costa, 2018; Quilliam; Jamieson; Oliver, 2014).

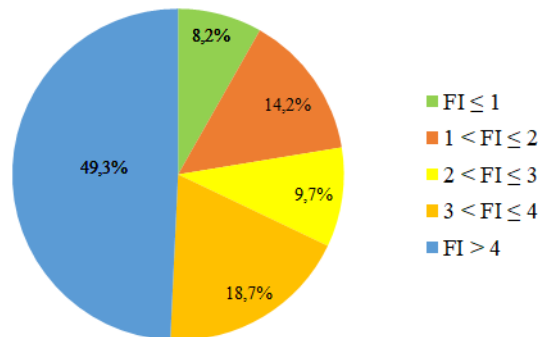
O decréscimo apresentado pode se dever ao fato de que quando uma temática apresenta uma metodologia consagrada e frequentemente abordada na literatura (~100.000 resultados no período de 5 anos apenas com 5 conjuntos de palavras-chaves), se torna difícil a produção de conteúdos inéditos e que chamem a atenção para publicação. Também está ligado ao aumento geral da qualidade das publicações, ou seja, as publicações mais frequentes estavam em revistas internacionais de alto fator de impacto.

### 3.2 Fator de impacto (FI)

A cientometria surgiu em 1955 com a proposta de estudo da mensuração e quantificação do progresso científico, estando a pesquisa baseada em indicadores bibliométricos, onde se encaixa o fator de impacto (Garfield, 1972; Silva, 2001). O fator de impacto é a principal métrica utilizada para avaliar as revistas científicas por todo o mundo ao contabilizar as citações recebidas. Trata-se de uma nota relativa à quantidade de publicações e as citações ocorridas num período de tempo, além de considerar as informações relevantes a serem divulgadas e o público específico de interesse no assunto. É um olhar sobre o conjunto de dados e é bastante utilizado pelas agências de fomento para tomadas de decisão.

O fator de impacto (n=134) das revistas em que houve publicações foi observado. Dos artigos coletados, 8,2% foram em revistas com fator de impacto  $\leq 1$ . Já na faixa entre 1 e 2, foram encontrados 14,2% dos artigos. Entre 2 e 3, foram encontrados 9,7% dos artigos. Na faixa entre 3 e 4 e os maiores que 4 (com FI entre 4,000 e 7,051) foram encontrados 18,7% e 49,3% dos artigos pesquisados, respectivamente (Figura 3). Foi observado que 68% dos artigos coletados apresentaram o fator de impacto maior do que 3, o que caracteriza que a qualidade de água balnear vem sendo abordada em veículos de divulgação científica mais exigentes, que garantem a audiência e segurança da informação (Garfield, 1970, 1972; Silva, 2001).

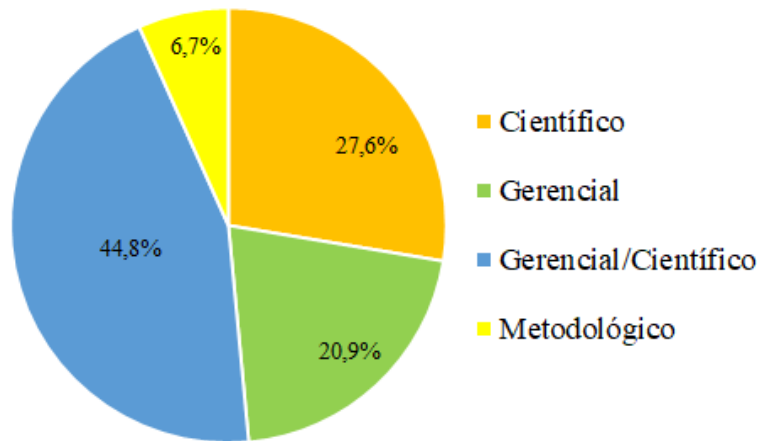
**Figura 3** - Porcentagem de artigos encontrados em cada faixa de fator de impacto dos periódicos analisados



### 3.3 Objetivos

Os objetivos dos trabalhos (n=134) foram analisados e categorizados em 4 tipos, levando em consideração a aplicabilidade do estudo. Foram 4 categorias: científico, quando o objetivo foi mais restrito a fins acadêmicos; gerencial, quando apresentaram aplicabilidade direta e serviram de ferramentas para gestores; gerencial/científico, quando apresentaram as duas nuances e metodológicos, quando voltados para desenvolvimento/aperfeiçoamento de métodos utilizados na detecção ou no processamento dos dados obtidos. Os trabalhos que tiveram os objetivos classificados como científicos representaram 27,6% dos artigos recolhidos. Os classificados como gerenciais, representaram 20,9% do total. Os gerenciais/científicos representaram 44,8% e os metodológicos, 6,7% do total (Figura 4).

**Figura 4** - Porcentagem de artigos encontrados que apresentaram cada tipo de objetivo



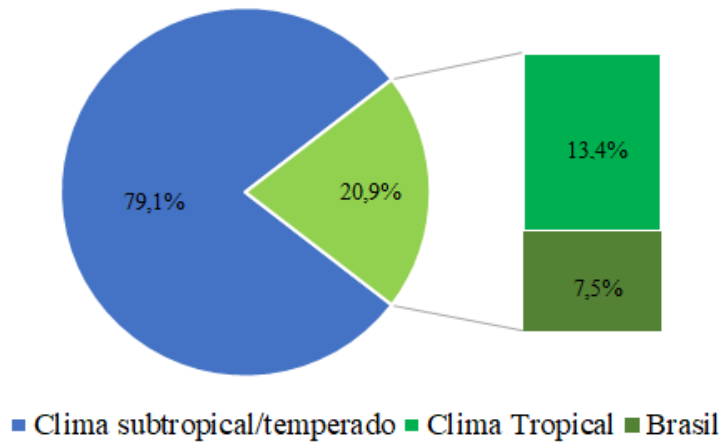
A maior parte dos artigos recolhidos apresentou caráter gerencial ou gerencial/científico (65,7%), mostrando que as pesquisas desenvolvidas na área são de relevante e direta aplicabilidade. Os estudos científicos e metodológicos são as principais ferramentas de embasamento para os gerenciais, sendo pesquisas realizadas para comprovar ou refutar uma hipótese, desenhada a partir de alguma questão, geralmente um problema. Servem de ponto de partida e tem como propósito resolver estas novas problemáticas (Mello & Martins, 2016). Os objetivos metodológicos neste trabalho foram restritos a comparação entre métodos de análise utilizados em bancada, sendo excluídas outras etapas pertencentes ao método científico, como o desenho amostral.

### 3.4 Clima e localização dos estudos

O clima temperado é o único tipo de clima que possui as quatro estações bem definidas (primavera, verão, outono e inverno). Possui temperaturas amenas, com médias anuais que variam em torno de 8°C e 15°C, e umidade que varia de acordo com a sua localização. O clima Subtropical está presente em áreas de transição entre o clima tropical e o clima temperado. Apresenta temperaturas amenas e grande amplitude térmica anual.

Já o clima tropical ocorre na maior parte das regiões localizadas entre os trópicos de Capricórnio e de Câncer. Apresenta elevadas temperaturas, com médias anuais em torno de 20°C e duas estações bem definidas: uma quente e úmida (verão) e outra mais fria e seca (inverno). Foram observados estes climas nos locais de amostragem dos estudos (n=134). Devido a maior semelhança de condições ambientais, os climas subtropical e temperado foram agrupados neste estudo. Os trabalhos desenvolvidos em áreas subtropicais/temperadas foram a maioria, com 79,1% dos estudos. Já os trabalhos desenvolvidos em áreas tropicais representaram 29,9% (Figura 5), sendo que em 7,5% desses, foram trabalhos desenvolvidos em território brasileiro.

**Figura 5** - Porcentagem de trabalhos desenvolvidos em cada clima onde apresentaram estudos



O banho recreativo é uma prática comum em diversos países tropicais e temperados, onde, durante os meses de verão, as condições ambientais são percebidas como propícias para banho. Sendo assim, o clima é tido como um fator determinante nesta prática (USEPA, 2012; WHO, 2003, 2011). O aparecimento da *beach culture*, datada do século XX, é hoje plenamente incorporada à economia e ao modo de vida de milhões de pessoas ao redor do mundo e dos brasileiros em especial. Sendo assim, esta prática é resultante destas condições ambientais favoráveis, principalmente as temperaturas (Araújo & Costa, 2008; Griffith et al., 2010; Thoe et al., 2018).

Nos locais de clima subtropical/temperado, há uma concentração dos banhos, ocorridos nos meses de verão, podendo ter início na estação da primavera (Aragonés et al., 2016; Buer et al., 2018; USEPA, 2012; WHO, 2003). Os trabalhos desenvolvidos geralmente se concentram nesses períodos. Já em climas tropicais, onde existe a possibilidade de banho durante todo o ano, há uma disparidade na frequência de coletas comparada as épocas balneares.

A maioria dos trabalhos se concentrou no Hemisfério Norte, onde estão localizadas a maioria das instituições que investem em pesquisa, com 89,6% dos artigos estudados. O Hemisfério Sul apresentou apenas 10,4% dos trabalhos (Figura 6).

**Figura 6** - Distribuição dos locais estudados pelos trabalhos recolhidos



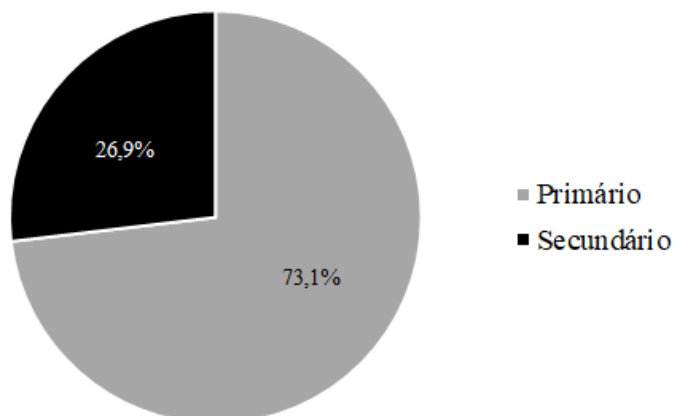
### 3.5 Urbanização

A urbanização, fator de grande relevância na avaliação da qualidade das águas não foi um fator que foi levado em consideração na maioria dos trabalhos. A presença de grandes cidades na região costeira é fator de grande impacto nessa qualidade, por serem as principais fontes de despejos de esgoto, além da contaminação fornecida as águas das chuvas, através da lixiviação (Bae, 2018; Shibata et al., 2004; Zhang et al., 2013). Em alguns trabalhos esse parâmetro foi observado e analisado, porém não houve a exploração clara e desenvolvimento de hipóteses baseadas nas suas variações. A qualidade da água pode ser associada ao número de habitantes locais ou que influenciam o corpo d'água (Efstratiou, 2001; Pond, 2005), gerando maior robustez nos dados, possibilidade de identificação de fontes de poluição que possam estar causando declínio ou apresentar potencial de melhora (Karydis & Kitsiou, 2013; Kitsiou & Karydis, 2011).

### 3.6 Origem dos dados

Os dados trabalhados nos artigos tinham duas origens: primários, sendo estes coletados pela equipe do trabalho; e secundários, coletados por agências públicas por exemplo, que mantêm um banco de dados para qualidade balnear das águas (n=134). Dos trabalhos coletados, 73,1% apresentaram dados primários, enquanto 26,9% foram desenvolvidos utilizando dados secundários (Figura 7).



**Figura 7** - . Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com dados primários e secundários

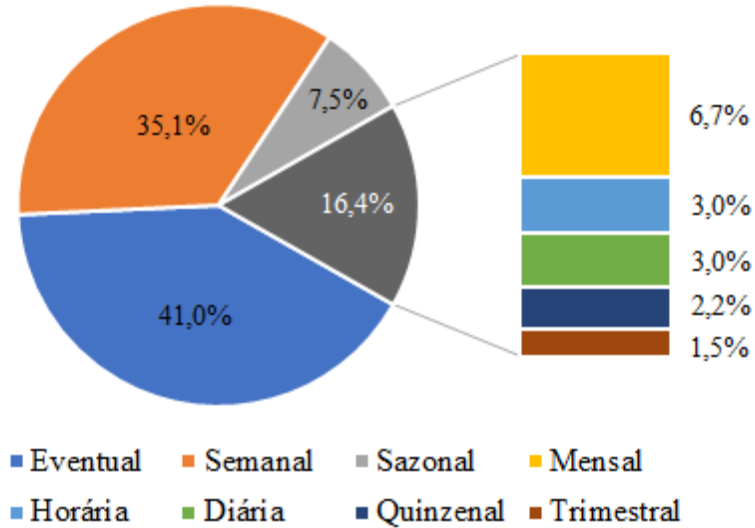
A maioria dos estudos analisados apresentou origem primária dos dados. Isso se deveu a maior liberdade de construir o desenho amostral oferecida aos autores, não sendo dependentes de dados de locais pré-estabelecidos e com frequências pré-determinadas. Além da liberdade, a geração de dados primários permite que os autores realizem análises complementares àquelas executadas pelas agências públicas (USEPA, 2002, 2012, 2014; WHO, 2003, 2014). Porém, a maioria dos trabalhos levantados não levam em consideração os fatores tempo e espaço em grande escala, tornando a interpretação dos resultados restrita aos momentos das coletas. Os estudos que apresentaram frequência de amostragem eventual, foram em sua maioria com a origem de dados primários (76,4%). Isso pode se dever ao fator econômico, com o envolvimento limitação de recursos para a realização da pesquisa e ao planejamento amostral utilizado, aliado a logística envolvida. Uma maior rigidez ao elaborar o desenho amostral do trabalho pode permitir que as análises sejam realizadas e permitam grande projeção dos seus resultados, sem precisar de altos investimentos para análises.

Todos os anos, há um grande volume de informação produzida com relação a qualidade balnear de águas, proveniente de programas de monitoramento robustos espalhados pelo mundo. Estes dados secundários, obtidos nestes programas de monitoramento, são resultantes de investimentos feitos pelo governo e são disponibilizados para a sociedade. Os trabalhos que empregam este tipo de dado conseguem ampliar e aumentar a importância e a aplicabilidade com novas descobertas, já que o monitoramento realizado é direcionado ao uso das águas de curto prazo, voltado aos banhistas. Além disso, o fator econômico aqui não aparece mais como limitante e há uma maior chance seguimento dos mecanismos internacionais.

### 3.7 Frequência de amostragem

Os artigos estudaram das mais diversas formas a qualidade de águas destinadas a atividades balneares. Cada um (n=123) apresentou diferentes frequência de amostragem, com este mesmo fim. As amostragens eventuais (uma única coleta, coletas com grandes intervalos) ocorreram em 41,0% dos estudos. A amostragem semanal aconteceu em 35,1% dos trabalhos. Já amostragens sazonais ocorreram em 7,5% dos trabalhos. Os 16,4% restantes das amostragens foram divididos em: mensais (6,7%), diárias (3,0%), horárias (3,0%), quinzenais (2,2%) e trimestrais (1,5%) (Figura 8).

**Figura 8** - Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com as diferentes frequências de amostragem



Foi observado que 57,1% das amostragens realizadas em climas tropicais tiveram frequências eventual, sazonal, trimestral ou mensal, deixando a maior parte do tempo descoberta. As áreas tropicais são propícias para banho durante todo o ano, devido a intensidade e ao tempo de insolação disponível. A maior frequência de coleta e disponibilização dos dados torna-se importante para a gestão costeira e saúde dos banhistas. O Brasil apresentou 40% das suas amostragens com as frequências acima citadas, dados esses que só conseguem retratar a qualidade momentaneamente. Os dados coletados semanalmente são de grande importância para o uso imediato das águas, descrevendo o risco sobre a saúde dos banhistas e um detalhamento próximo do real do ambiente.

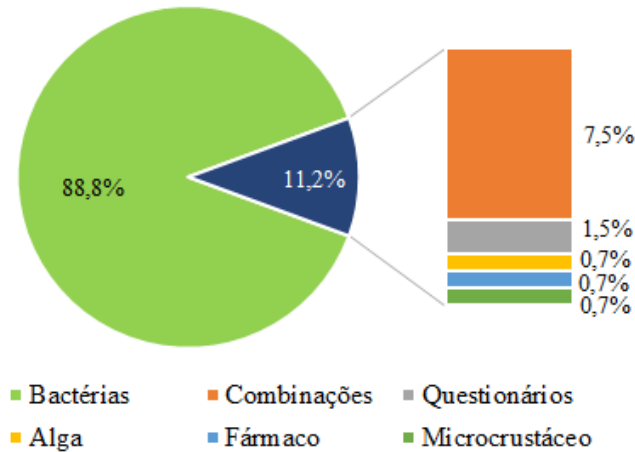
A frequência de amostragem também é importante para a detecção de padrões, onde parâmetros influenciados por variáveis como as climáticas coletados em frequências esparsas podem dificultar ou ocultá-las (Farnham & Lall, 2015; Pereira et al., 2015; Rothenheber & Jones, 2018). Também é importante que onde há um uso mais intenso dos ambientes, essa frequência deve ser aumentada, principalmente em ambientes urbanizados, onde há presença de aporte urbano e produção de efluentes (domésticos/comerciais).

### 3.8 Parâmetros de qualidade medidos e espécies dos organismos pesquisados

Houve uma variedade de parâmetros representativos de qualidade de água medidos (n=133). Normalmente são utilizados microrganismos, em sua maioria bactérias, seguindo as diretrizes ambientais locais. Porém, também são estudados outros parâmetros que podem indicar a qualidade das águas, como a presença e concentração de fármacos.

O parâmetro mais utilizado para se obter a qualidade da água foi a quantificação de bactérias, com 88,8% dos trabalhos. Os 11,2% restantes dos trabalhos apresentaram combinações de parâmetros estudados (7,5%), como bactérias e vírus, bactérias e fungos e bactérias e protozoários, questionários (1,5%), algas (0,7%), microcrustáceos (0,7%) e fármacos (0,7%) (Figura 9).

**Figura 9** – Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com os diferentes parâmetros de qualidade de águas



As diretrizes para ambientes seguros de água recreativa (WHO, 2003) preveem alguns parâmetros a serem avaliados para garantir a segurança do banho recreativo. Um dos parâmetros mais importantes e que foi o mais estudado pelos autores foi a análise de bactérias, principalmente por serem indicadores de contaminação (Goodwin et al., 2017; Heaney et al., 2014; Lam et al., 2014; Lušić et al., 2016; Rothenheber & Jones, 2018). As diretrizes também propõem, para uma avaliação mais segura e completa que sejam pesquisados outros organismos, como os microrganismos de vida livre, algas e cianobactérias. Também propõem que seja estudada, além da água, a areia (sedimento) do ambiente de interesse. Agentes químicos e físicos também são sugeridos para controle da qualidade da água. Os parâmetros estudados pelos autores seguem as diretrizes internacionais, sendo pesquisados padrões e alterações gerados por eles nos ambientes pesquisados.

Os fármacos aparecem como indicadores de tratamento ineficiente de esgoto. Os tratamentos disponíveis e utilizados, são focados na retirada de partículas sólidas e eliminação de agentes biológicos que possam causar efeitos deletérios. A contaminação química ainda é muito presente, pouco estudada e de difícil remoção das águas. Dados adicionais são necessários para apoiar a identificação e priorização de riscos colocados por produtos farmacêuticos em ambiente marinho (Lolic et al, 2015).

Foi observada uma grande variedade de microrganismos e indicadores de contaminação pesquisados. Abaixo foram listados alguns exemplos observados, associados com as possíveis enfermidades que o contato com estes pode causar (Tabela 2).

**Tabela 2** - Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com as diferentes matrizes adotadas nos estudos

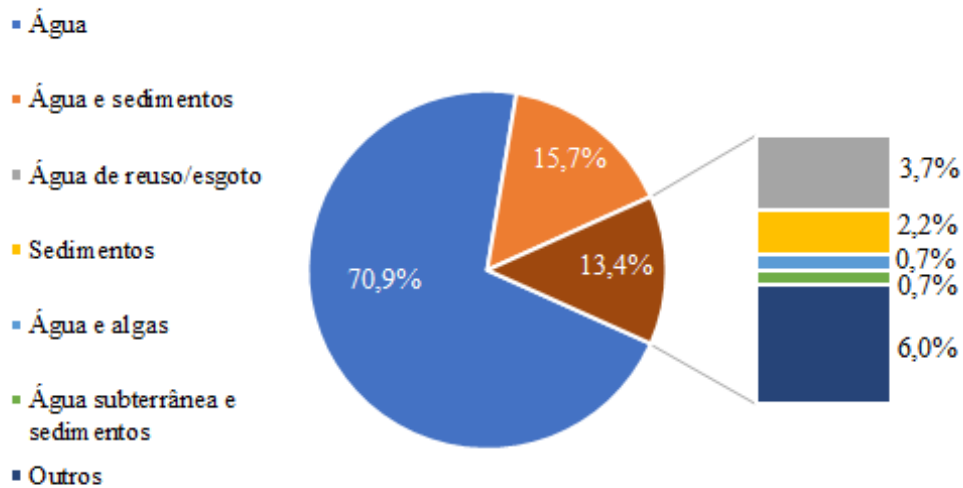
<b>Microrganismo pesquisado</b>	<b>Doenças associadas</b>
Grupo coliformes totais	Gastroenterite
Grupo coliformes fecais/termotolerantes	Gastroenterite
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite
Enterococos	Gastroenterite/Infecções pélvicas
<i>Salmonella enterica</i>	Gastroenterite/Febre alta

<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenterite
<i>Staphylococcus</i> spp.	Gastroenterite/infecções cutâneas/Doenças das vias urinárias
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Doenças respiratórias/das vias urinárias/infecções sanguíneas
<i>Clostridium perfringens</i>	Gastroenterite/Febre alta
<i>Shigella</i> spp	Gastroenterite/cefaleia
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Pneumonia/doenças das vias urinárias/gastroenterite
<i>Vibrio cholera</i>	Cólera
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Gastroenterite

### 3.9 Compartimento ambiental

Os compartimentos (n=132) também foram variados, sendo observados sete tipos. O grupo predominante nos estudos, com 70,9% dos trabalhos foi a água. Água e sedimentos foram estudados em 15,7% dos trabalhos. Água de reuso/esgoto (3,7%), sedimentos (2,2%), água e algas (0,7%) e água subterrânea e sedimentos (0,7%) também foram estudados. Outros tipos de matrizes (lixo, excrementos de aves, matéria orgânica) representaram os 6,0% restantes (Figura 10).

**Figura 10** – Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com as diferentes matrizes adotadas nos estudos



A matriz mais estudada é a água, constituinte da maior parte do esgoto doméstico e a mais utilizada para sua dispensa, principalmente pelo seu alto poder de diluição. A água é um veículo de contaminação direta, se

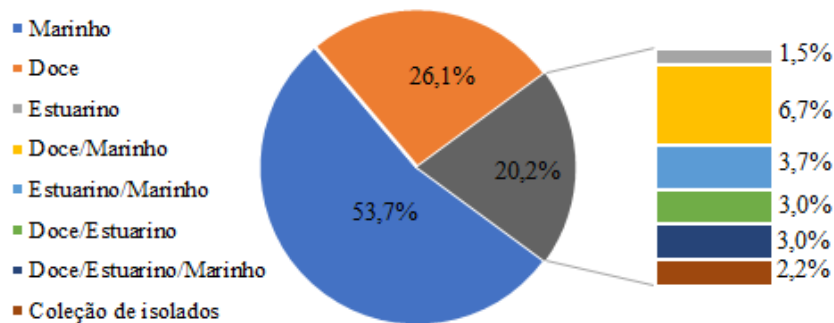
contaminada com algum agente patogênico, através da sua possível ingestão durante as atividades balneares (Pond, 2005). Todos os microrganismos listados na tabela 2 foram pesquisados e encontrados em águas recreativas e são oriundos de esgoto doméstico. Apesar da maioria dos representantes de coliformes (fecais/termotolerantes e totais) não serem patogênicos, alguns deles apresentam este potencial, podendo causar doenças, sendo as mais comuns as gastroenterites, doença que tem como principal via de contaminação a rota fecal-oral (Hughes et al., 2017; Jang & Liang, 2018; Pond, 2005; Staley et al., 2018). Estes fatos corroboram a presença de dejetos que deveriam ser tratados e dispostos adequadamente sendo lançados em áreas utilizadas para o banho recreativo.

O saneamento básico é a principal medida para evitar a chegada dessa contaminação nos ambientes destinados ao banho, pois consiste na atividade de coleta e tratamento de esgoto, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e controle de pragas, assim como qualquer tipo de agente patogênico, visando à saúde das comunidades (Alm et al., 2018; Bedri et al., 2015; Betancourt et al., 2014; Kirs et al., 2017). Assim como a água, os sedimentos – em sua maioria areia - também são ambientes propícios para desenvolvimento e manutenção de patógenos. Aparecem um pouco mais timidamente trabalhos relatando sobre a qualidade dos sedimentos, que também são muito utilizados durante a permanência dos banhistas no ambiente balnear, podendo ser fonte de contaminação tanto para os usuários quanto para a própria água (Cloutier; Alm & Mclellan, 2015; Cloutier & Mclellan, 2017; Jang & Liang, 2018).

### 3.10 Ecossistemas pesquisados

Já com relação aos ecossistemas pesquisados (n=131), foram determinadas oito categorias. 53,7% dos trabalhos foram desenvolvidos em ambientes marinhos, 26,1%, exclusivamente, em ambientes de água doce e 1,5% em ambientes estuarinos. Os estudos remanescentes combinaram ecossistemas, com exceção de 2,2% dos trabalhos resgatados que utilizaram microrganismos da coleção de isolados. Ambientes doces e marinhos foram estudados em 6,7%, 3,7% foram desenvolvidos em ambientes estuarinos e marinhos, 3,0% foram desenvolvidos em ambientes doces e estuarinos e 3,0% foram desenvolvidos em ambientes doces, estuarinos e marinhos simultaneamente (Figura 11).

**Figura 11** – Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com os diferentes ecossistemas adotados nos estudos



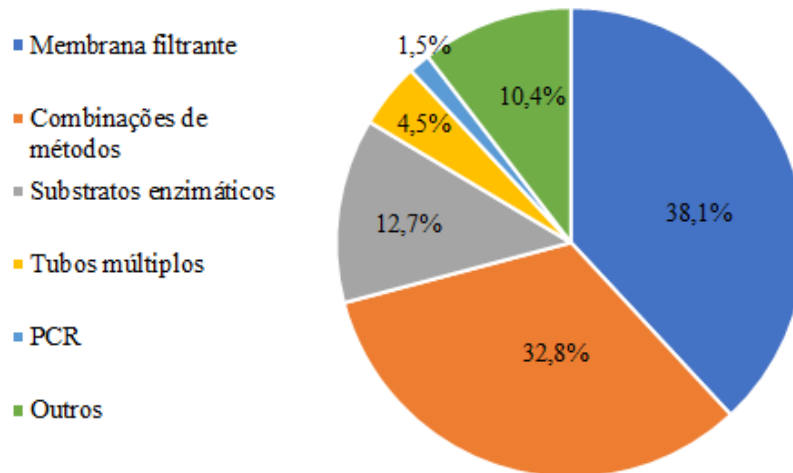
A maior parte dos estudos foi concentrada em áreas marinhas, principalmente pela disponibilidade em tamanho do ambiente costeiro do que os outros ambientes. A concentração da população mundial nas áreas costeiras (<http://www.oceansatlas.org/home/en/>), torna o ambiente marinho uma forma de lazer próxima e acessível a todos os públicos. O volume de trabalhos realizados nas áreas de água doce foi concentrado nos Grandes Lagos, EUA, região densamente habitada, o que proporciona mais este uso para a região. O monitoramento feito nessa área é constante e antigo, onde há trabalhos com dados secundários que apresentam 10 anos de dados coletados pelo programa de monitoramento da região seguindo as diretrizes americanas e internacionais (Weiskerger; Whitman, 2018).

### 3.11 Metodologia de bancada

As metodologias de bancada (n=130) utilizadas foram basicamente quatro (membrana filtrante, substratos enzimáticos, Reação de polimerase em cadeia (PCR) e tubos múltiplos) e suas combinações.

A técnica da membrana filtrante foi utilizada em 38,1% dos trabalhos, os substratos enzimáticos (Colilert e/ou Enterolert) foram utilizados em 12,7%, a técnica de PCR foi utilizada em 1,5% e a técnica de tubos múltiplos em 4,5%. As combinações de técnicas ocorreram em 32,8% dos estudos. 10,4% dos trabalhos utilizaram outras metodologias, como decomposição de algas, teste de toxicidade e questionários (Figura 12).

**Figura 12** – Porcentagem de trabalhos desenvolvidos com as diferentes metodologias de bancada adotadas nos estudos



A técnica de membrana filtrante é uma técnica recomendada pelo Standart of Methods for the Examination of Water and Wasterwater, referência internacional em análises em águas. Consiste em filtrar a vácuo 100 mL da amostra através de uma membrana filtrante (com porosidade controlada de 0,45 µm), onde ficarão retidas células de possíveis microrganismos. Depois, coloca-se assepticamente, a membrana sobre um meio de cultura seletivo para detecção do grupo específico de microrganismos de interesse, contido em placa de Petri. Terminado este passo, incuba-se as placas de Petri a temperaturas adequadas ao desenvolvimento dos

microrganismos. Trata-se de um teste quantitativo (Aragonés et al., 2016; Ceballos & Diniz, 2017; Hughes et al., 2017; Lušić et al., 2016, 2017; Praveena et al., 2015).

A técnica dos substratos enzimáticos se baseia na utilização, pelos coliformes, de um substrato incorporado no meio de cultura, que é alvo de ação enzimática. Essa enzima, ao agir sobre as moléculas do substrato-nutriente, cliva a molécula e libera o cromógeno (gera mudança de coloração) ou a molécula fluorescente (gera fluorescência) em 24 horas de ação (etapa qualitativa). Para realizar o teste quantitativo, usam-se cartelas específicas com depressões ou cavidades denominadas células, que são cheias com 100 mL da amostra (ou de suas soluções) onde foi adicionado previamente o meio de cultura (Byappanahalli et al., 2015; Ceballos; Diniz, 2017; Ekklesia et al., 2015; Nevers et al., 2016; Oun et al., 2017; Zhang et al., 2018).

A técnica dos tubos múltiplos é quantitativa e consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos. Por meio de diluições sucessivas da amostra, são obtidos inóculos, cuja semeadura fornece resultados, e a combinação de resultados positivos e negativos permite a obtenção de uma estimativa de densidade das bactérias pesquisadas pela aplicação de cálculos de probabilidade (Ceballos & Diniz, 2017; Pereira et al., 2015; Sousa et al., 2016; Souza et al., 2018; Suciú et al., 2017).

A PCR é uma técnica de detecção de ácidos nucléicos que se baseia na síntese de moléculas de DNA ou RNA presentes em pequenas quantidades no material pesquisado. A partir de poucas cópias do genoma, a PCR produz milhões de cópias que então podem ser facilmente detectadas (Deng et al., 2014; Lam et al., 2014; Li et al., 2016).

As metodologias de bancada utilizadas nas análises em sua maioria seguiram as legislações internacionais, com exceção de todos os trabalhos realizados no Brasil, que utilizaram a metodologia dos tubos múltiplos ou a combinação dos tubos múltiplos com a PCR. A metodologia mais utilizada nos trabalhos pesquisados foi da membrana filtrante (56,8%). No Brasil, a principal metodologia adotada para a avaliação da balneabilidade é a dos tubos múltiplos. É uma metodologia confiável e prevista na sua legislação (CONAMA, 2000), porém torna os dados obtidos incomparáveis com dados obtidos internacionalmente, devido a diferença entre as unidades de cada metodologia (tubos múltiplos e substratos enzimáticos: NMP 100 mL; membrana filtrante: UFC 100 mL). A falta da possibilidade de comparação torna as informações brasileiras isoladas do cenário internacional, devido à falta de interesse em equiparação de legislações e métodos aplicáveis de uma análise determinante realizada a algum tempo e com frequência interessante dentro do território nacional.

### *3.12 Outras variáveis pesquisadas*

A maioria dos trabalhos (85 dos 134) apresentaram dados complementares aos dados de microrganismos. O parâmetro mais frequente associado aos trabalhos foi a precipitação, seguido de salinidade, temperatura da água, turbidez/condutividade e pH.

Alguns trabalhos que apresentaram parâmetros ambientais e nutrientes associados as medidas de organismos levaram em consideração fatores que influenciam na sobrevivência dos microrganismos (Tortora; Funke & Case, 2016). Alterações nos volumes de chuva podem ser fonte de microrganismos para as áreas destinadas a banho, devido a lixiviação das cidades, dos sedimentos e aumento do fluxo de esgoto. O pH, a temperatura e a turbidez são fatores importantes na sobrevivência sendo que estes microrganismos apresentam uma região ótima para estes parâmetros (Aragonés et al., 2016; Tortora; Funke & Case, 2016; Wanjugi et al., 2018). Águas tropicais, geralmente mais quentes, apresentam melhores condições de sobrevivência comparadas as águas temperadas, onde a manutenção da sobrevivência se torna um pouco mais dificultada (Tortora; Funke & Case, 2016).

### 3.13 Análise estatística dos dados

A tabela 3 lista todos os tratamentos de dados empregados, quais os seus principais objetivos e a quantidade de trabalhos em que os mesmos são utilizados. Algumas análises foram utilizadas em conjunto em alguns estudos. Os dados foram analisados utilizando diferentes métodos, dependendo do objetivo da análise e de como foram coletados.

**Tabela 3** - Análises empregadas e seus objetivos principais

<b>Tratamento de dados</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Quantidade de trabalhos</b>
<b>ANOVA</b> (Análise de variância)	Comparação de médias de diferentes populações	42
<b>Modelagem</b>	Descrever a relação entre variáveis aleatórias com outras variáveis (não aleatórias)	33
<b>Regressão linear/logística</b>	Estimar a condicional (valor esperado) de uma variável y, dados os valores de algumas outras variáveis x	27
<b>Correlação de Spearman/Pearson</b>	Medir grau de relacionamento entre as variáveis	25
<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>	Comparação de duas ou mais amostras independentes de tamanhos iguais ou diferentes	7
<b>Comparação</b>	Comparação simples entre variáveis	6
<b>PCA</b> (Análise de componentes principais)	Condensar a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (componentes) com uma perda mínima de informação	5
<b>Análise de cluster</b>	Classificação de elementos em grupos (similaridade ou diferenças)	3
<b>ANOSIM</b> (Análise de similaridades)	Testar estatisticamente se existe diferença significativa entre dois ou mais grupos	2
<b>Simulação de Monte Carlo</b>	Estimar dados e projeções futuras	2
<b>Teste de Mann-Whitney</b>	Comparação de dois grupos independentes, para verificar se pertencem ou não a mesma população.	2
<b>ANCOVA</b> (Análise de covariância)	Testar os efeitos e interações de variáveis categóricas (variável dependente contínua), para controlar os efeitos de outras variáveis contínuas selecionadas	1
<b>Árvore de regressão</b>	Prever cenários a partir de características pré-definidas. Formadas por nós de decisão	1
<b>Diversidade de Shanon</b>	Índice de diversidade	1
<b>Estatística descritiva</b>	Sumarizar e descrever o conjunto de dados	1
<b>Média geométrica</b>	Medida de tendência central usada em dados que apresentam valores que aumentam de forma sucessiva	1
<b>PERMANOVA</b> (Análise de variância permutacional)	Comparar grupos de dados	1
<b>Teste de Kolmogorov-Smirnov</b>	Comparação de duas amostras	1



Foi possível observar que a procura por resultados que relacionassem as variáveis de qualidade da água com outras complementares foi frequente (com exceção do teste de Kruskal-Wallis, das comparações, da diversidade de Shanon, da estatística descritiva, da média geométrica e do teste de Kolmogorov-Smirnov). Avaliar a sobrevivência dos patógenos de acordo com as demais variáveis envolvidas oferece a constatação de padrões de comportamento em condições ambientais diferentes (Farnham & Lall, 2015; Rothenheber & Jones, 2018). A presença de modelos preditivos construídos a partir de dados pretéritos e atuais também apareceu com frequência. Esses tipos de tratamentos de dados são interessantes na categoria científica, assim como para o gerenciamento de áreas balneares, podendo tornar o monitoramento como é feito hoje, processo contínuo e oneroso, menos frequente e ainda garantir a qualidade das águas (Aranda et al., 2016; Shibata et al., 2004; Thoe et al., 2018).

#### 4. Conclusão

A qualidade das águas balneares é um fator de suma importância, pois além de considerar o lazer como tempo de entretenimento pessoal essencial para a sociedade, considera o uso das águas para banho como uma questão de saúde pública, levando em consideração a possibilidade de contaminação com elementos que podem causar efeitos deletérios a saúde humana. Trata-se também de um importante indicador de qualidade ambiental, gerencial e de desenvolvimento social.

A partir do conhecimento dos métodos de análises empregados e sua aplicabilidade, é possível fazer um monitoramento da qualidade da água mais eficiente, melhorando a qualidade da informação obtida e divulgada. Também permite o aprimoramento e desenvolvimento de novas técnicas, proporcionando um aumento na rapidez de obtenção de resultados, da divulgação pública, no impacto científico e possivelmente do emprego no gerenciamento costeiro da informação gerada.

#### 5. Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudos e a G. M. S. Lima, L. P. S. Santos e T. C. M. Araújo pelas avaliações e sugestões de aperfeiçoamento para o trabalho durante o exame de qualificação.

#### 6. Referências

Alm, E.W.; Daniels-Witt, Q.R.; Learman, D.R.; Ryu, H.; Jordan, D.W.; Gehring, T.M. & Santo Domingo, J. (2018). Potential for gulls to transport bacteria from human waste sites to beaches. **Science of The Total Environment**, 615, 123–130.

Aragonés, L.; López, I.; Palazón, A.; López-Úbeda, R. & García, C. (2016). Evaluation of the quality of coastal bathing waters in Spain through fecal bacteria *Escherichia coli* and Enterococcus. **Science of The Total Environment**, 566–567, 288–297.

Aranda, D.; Lopez, J.V.; Solo-Gabriele, H.M. & Fleisher, J.M. (2016). Using probabilities of enterococci exceedance and logistic regression to evaluate long term weekly beach monitoring data. **Journal of Water and Health**, 14(1), 81–89.

Araújo, M. C. B. & Costa, M. F. (2008). Environmental quality indicators for recreational beaches classification. **Journal of Coastal Research**, 24(6), 1439–1449.

Bae, H.-K. (2018). The Modelling Approach for Predicting Coastal Pollutions using Rainfall Distributions over Different Land Use/Land Cover. **Journal of Coastal Research**, 85, 11–15.

Bedri, Z.; O’Sullivan, J.J.; Deering, L.A.; Demeter, K.; Masterson, B.; Meijer, W.G. & O’Hare, G. (2015). Assessing the water quality response to an alternative sewage disposal strategy at bathing sites on the east coast of Ireland. **Marine Pollution Bulletin**, 91(1), 330–346.

Betancourt, W.Q.; Duarte, D.C.; Vásquez, R.C. & Gurian, P.L. (2014). Cryptosporidium and Giardia in tropical recreational marine waters contaminated with domestic sewage: Estimation of bathing-associated disease risks. **Marine Pollution Bulletin**, 85(1), 268–273.

Buer, A.-L.; Gyraite, G.; Wegener, P.; Lange, X.; Katarzyte, M.; Hauk, G. & Schernewski, G. (2018). Long term development of Bathing Water Quality at the German Baltic coast: spatial patterns, problems and model simulations. **Marine Pollution Bulletin**, 135, 1055–1066.

Byappanahalli, M.N.; Nevers, M.B.; Whitman, R.L.; Ge, Z.; Shively, D.; Spoljaric, A. & Przybyla-Kelly, K. (2015). Wildlife, urban inputs, and landscape configuration are responsible for degraded swimming water quality at an embayed beach. **Journal of Great Lakes Research**, 41(1), 156–163.

Ceballos, B. S. O. & Diniz, C. R. (2017). **Técnicas de Microbiologia Sanitária e Ambiental**. Campina Grande: EDUEPB.

Cheung, P.K.; Yuen, K.L.; Li, P.F.; Lau, W.H.; Chiu, C.M.; Yuen, S.W. & Baker, D.M. (2015). To swim or not to swim? A disagreement between microbial indicators on beach water quality assessment in Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, 101(1), 53–60.

Cloutier, D. D.; Alm, E. W. & Mclellan, S. L. (2015). Influence of Land Use, Nutrients, and Geography on Microbial Communities and Fecal Indicator Abundance at Lake Michigan Beaches. **Applied and Environmental Microbiology**, 81(15), 4904–4913.

Cloutier, D. D. & Mclellan, S. L. (2017). Distribution and Differential Survival of Traditional and Alternative Indicators of Fecal Pollution at Freshwater Beaches. **Applied and Environmental Microbiology**, 83, (4).

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA no 274, de 29 de novembro de 2000**. In: Diário Oficial da União no 18, de 25/01/2001. [s.l: s.n.]. p. 59–62.

Deng, D.; Zhang, N.; Mustapha, A.; Xu, D.; Wuliji, T.; Farley, M.; Yang, J.; Hua, B.; Liu, F. & Zheng, G. (2014). Differentiating enteric *Escherichia coli* from environmental bacteria through the putative glucosyltransferase gene (ycjM). **Water Research**, 61, 224–231.

Efstratiou, M. A. (2001). Managing Coastal Bathing Water Quality: The Contribution of Microbiology and Epidemiology. **Marine Pollution Bulletin**, 42(6), 424–431.

Ekklesia, E.; Shanahan, P. & Chua, L.H.C. & Eikaas, H.S. (2015). Temporal variation of faecal indicator bacteria in tropical urban storm drains. **Water Research**, 68, 171–181.

Farnham, D. J. & Lall, U. (2015). Predictive statistical models linking antecedent meteorological conditions and waterway bacterial contamination in urban waterways. **Water Research**, 76, 143–159.

Fiorentino, L. A.; Olascoaga, M. J. & Reniers, A. (2014). Analysis of water quality and circulation of four recreational Miami beaches through the use of Lagrangian Coherent Structures. **Marine Pollution Bulletin**, 83(1), 181–189.

Garfield, E. (1970). Citation Indexing for Studying Science. **Nature**, 227, 669–71.

Garfield, E. (1972). Citation Analysis as a Tool in Journal Evaluation. **Science**, 178, 471–479.

Goodwin, K.D.; Schriewer, A.; Jirik, A.; Curtis, K. & Crumpacker, A. (2017). Consideration of Natural Sources in a Bacteria TMDL—Lines of Evidence, Including Beach Microbial Source Tracking. **Environmental Science & Technology**, 51(14), 7775–7784.

Griffith, J.F.; Schiff, K.C.; Lyon, G.S. & Fuhrman, J.A. (2010). Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. **Marine Pollution Bulletin**, 60(4), 500–508.

Heaney, C.D.; Exum, N.G.; Dufour, A.P.; Brenner, K.P.; Haugland, R.A.; Chern, E.; Schwab, K.J.; Love, D.C.; Serre, M.L.; Noble, R. & Wade, T.J. (2014). Water quality, weather and environmental factors associated with fecal indicator organism density in beach sand at two recreational marine beaches. **Science of The Total Environment**, 497–498, 440–447.

Hughes, B.; Beale, D.J.; Dennis, P.G.; Cook, S. & Ahmed, W. (2017). Cross-Comparison of Human Wastewater-Associated Molecular Markers in Relation to Fecal Indicator Bacteria and Enteric Viruses in Recreational Beach Waters. **Applied and Environmental Microbiology**, 83(8).

Ivar do Sul, J. A. & Costa, M. F. (2013). Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit. **Journal of Coastal Research**, 65, (Special Issue) 65, 48–53.

Jang, C.-S. & Liang, C.-P. (2018). Characterizing health risks associated with recreational swimming at Taiwanese beaches by using quantitative microbial risk assessment. **Water Science and Technology**, 77(2), 534–547.

Karydis, M.; Kitsiou, D. (2013). Marine water quality monitoring: A review. **Marine Pollution Bulletin**, 77(1–2), 23–36.

Kirs, M.; Kisand, V.; Wong, M.; Caffaro-Filho, R.A.; Moravcik, P.; Harwood, V.J.; Yoneyama, B. & Fujioka, R.S. (2017). Multiple lines of evidence to identify sewage as the cause of water quality impairment in an urbanized tropical watershed. **Water Research**, 116, 23–33.

- Kitsiou, D. & Karydis, M. (2011). Coastal marine eutrophication assessment: A review on data analysis. **Environment International**, 37(4), 778–801.
- Klein, L. & Dodds, R. (2017). Perceived effectiveness of Blue Flag certification as an environmental management tool along Ontario's Great Lakes beaches. **Ocean & Coastal Management**, 141, 107–117.
- Lam, J.T.; Lui, E.; Chau, S.; Kueh, C.S.W.; Yung, Y.-K. & Yam, W.C. (2014). Evaluation of real-time PCR for quantitative detection of *Escherichia coli* in beach water. **Journal of Water and Health**, 12(1), 51–56.
- Li, X.; Harwood, V.J.; Nayak, B. & Weidhaas, J.L. (2016). Ultrafiltration and Microarray for Detection of Microbial Source Tracking Marker and Pathogen Genes in Riverine and Marine Systems. **Applied and Environmental Microbiology**, 82(5), 1625–1635.
- Lušić, D.V.; Jozić, S.; Cenov, A.; Glad, M.; Bulić, M. & Lušić, D. (2016). *Escherichia coli* in marine water: Comparison of methods for the assessment of recreational bathing water samples. **Marine Pollution Bulletin**, 113(1–2), 438–443.
- Lušić, D.V.; Kranjčević, L.; Maćešić, S.; Lušić, D.; Jozić, S.; Linšak, Ž.; Bilajac, L.; Grbčić, L. & Bilajac, N. (2017). Temporal variations analyses and predictive modeling of microbiological seawater quality. **Water Research**, 119, 160–170.
- Mello, C. M. & Martins, V. (2016). **Metodologia Científica** (1a ed). Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora.
- Monteiro, R. C. P.; Ivar do Sul, J. A. & Costa, M. F. (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**, 238, 103–110.
- Nevers, M.B.; Przybyla-Kelly, K.; Spoljaric, A.; Shively, D.; Whitman, R.L. & Byappanahalli, M.N. (2016). Freshwater wrack along Great Lakes coasts harbors *Escherichia coli*: Potential for bacterial transfer between watershed environments. **Journal of Great Lakes Research**, 42(4), 760–767.
- Oun, A.; Yin, Z.; Munir, M. & Xagorarakis, I. (2017). Microbial pollution characterization of water and sediment at two beaches in Saginaw Bay, Michigan. **Journal of Great Lakes Research**, 43(3), 64–72.
- Pereira, S.P.; Rosman, P.C.C.; Alvarez, C.; Schetini, C.A.F.; Souza, R.O. & Vieira, R.H.S.F. (2015). Modeling of coastal water contamination in Fortaleza (Northeastern Brazil). **Water Science and Technology**, 72(6), 928–936.
- Pond, K. (2005). **Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality (Who Emerging Issues in Water & Infectious Disease)**. Intl Water Assn.
- Praveena, S.M.; Pauzi, N.M.; Hamdan, M. & Sham, S.M. (2015). Assessment of swimming associated health effects in marine bathing beach: An example from Morib beach (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, 92(1–2), 222–226.

Praveena, S.M.; Shamira, S.S.; Ismail, S.N.S. & Aris, A.Z. (2016). Fecal indicator bacteria in tropical beach sand: Baseline findings from Port Dickson coastline, Strait of Malacca (Malaysia). **Marine Pollution Bulletin**, 110(1), 609–612.

Przybyla-Kelly, K.; Nevers, M.B.; Breitenbach, C. & Whitman, R.L. (2013). Recreational water quality response to a filtering barrier at a Great Lakes beach. **Journal of Environmental Management**, 129, 635–641.

Quilliam, R. S.; Jamieson, J. & Oliver, D. M. (2014). Seaweeds and plastic debris can influence the survival of faecal indicator organisms in beach environments. **Marine Pollution Bulletin**, 84(1–2), 201–207.

Rothenheber, D. & Jones, S. (2018). Enterococcal Concentrations in a Coastal Ecosystem Are a Function of Fecal Source Input, Environmental Conditions, and Environmental Sources. **Applied and Environmental Microbiology**, 84(17).

Shibata, T.; Solo-Gabriele, H.M.; Fleming, L.E. & Elmir, S. (2004). Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. **Water Research**, 38(13), 3119–3131.

Silva, J. A. (2001). Cientometria: A Métrica da Ciência. **Paideia**, 11(20), 5–10.

Sousa, S.H.M.; Ferreira, P.A.L.; Martins, M.V.A.; Siegle, E.; Amaral, P.G.C.; Figueira, R.C.L.; Yamashita, C.; Rodrigues, A.R. & Mahiques, M.M. (2016). Spatial sediment variability in a tropical tide dominated estuary: Sources and drivers. **Journal of South American Earth Sciences**, 72, 115–125.

Souza, R.V.; Campos, C.J.A.; Garbossa, L.H.P. & Seiffert, W.Q. (2018). Developing, cross-validating and applying regression models to predict the concentrations of faecal indicator organisms in coastal waters under different environmental scenarios. **Science of The Total Environment**, 630, 20–31.

Staley, Z.R.; Boyd, R.J.; Shum, P. & Edge, T.A. (2018). Microbial Source Tracking Using Quantitative and Digital PCR To Identify Sources of Fecal Contamination in Stormwater, River Water, and Beach Water in a Great Lakes Area of Concern. **Applied and Environmental Microbiology**, 84(20).

Suciu, M.C.; Tavares, D.C.; Costa, L.L.; Silva, M.C.L. & Zalmon, I.R. (2017). Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 119(2), 133–142.

Thoe, W.; Gold, M.; Griesbach, A.; Grimmer, M.; Taggart, M.L. & Boehm, A.B. (2014). Predicting water quality at Santa Monica Beach: Evaluation of five different models for public notification of unsafe swimming conditions. **Water Research**, 67, 105–117.

Thoe, W.; Lee, O.H.K.; Leung, K.F.; Lee, T.; Ashbolt, N.J.; Yang, R.R. & Chui, S.H.K. (2018). Twenty five years of beach monitoring in Hong Kong: A re-examination of the beach water quality classification scheme from a comparative and global perspective. **Marine Pollution Bulletin**, 131, 793–803.

Tortora, G. J.; Funke, B. R. & Case, C. L. (2016). **Microbiologia** (12a ed.). Artmed, 2016.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2002). **Method 1600: Enterococci in Water by Membrane Filtration Using membrane - Enterococcus Indoxyl- $\beta$ -D-Glucoside Agar (mEI)**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2012). **Recreational Water Quality Criteria**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2014). **Water Quality Standards Handbook**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

Wanjugi, P.; Sivaganesan, M.; Korajkic, A.; McMinn, B.; Kelty, C.A.; Rhodes, E.; Cyterski, M.; Zepp, R.; Oshima, K.; Stachler, E.; Kinzelman, J.; Kurdas, S.R.; Citriglia, M.; Hsu, F.-C.; Acrey, B. & Shanks, O.C. (2018). Incidence of somatic and F+ coliphage in Great Lake Basin recreational waters. **Water Research**, 140, 200–210.

Weiskerger, C.J.; Brandão, J.; Ahmed, W.; Aslan, A.; Avolio, L.; Badgley, B.D.; Boehm, A.B.; Edge, T.A.; Fleisher, J.M.; Heaney, C.D.; Jordao, L.; Kinzelman, J.L.; Klaus, J.S.; Kleinheinz, G.T.; Meriläinen, P. et al (2019). Impacts of a changing earth on microbial dynamics and human health risks in the continuum between beach water and sand. **Water Research**, 162, 456–470.

Weiskerger, C. J. & Whitman, R. L. (2018). Monitoring *E. coli* in a changing beachscape. **Science of The Total Environment**, 619–620, 1236–1246.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2003). **Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters**. Geneva: WHO Library Cataloguing in Publication Data.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2011). **Guidelines for Drinking-water Quality**. Geneva: WHO Library Cataloguing in Publication Data.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2014). **Progress on sanitation and drinking water - 2014 update**. WHO Library Cataloguing in Publication Data.

Zhang, J.; Qiu, H.; Li, X.; Niu, J.; Nevers, M.B.; Hu, X. & Phanikumar, M.S. (2018). Real-Time Nowcasting of Microbiological Water Quality at Recreational Beaches: A Wavelet and Artificial Neural Network-Based Hybrid Modeling Approach. **Environmental Science & Technology**, 52(15), 8446–8455.

Zhang, W.; Wang, J.; Fan, J.; Gao, D. & Ju, H. (2013). Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. **Marine Pollution Bulletin**, 66(1–2), 185–190.

Zuza-Alves, D.L.; Medeiros, S.S.T.Q.; Souza, L.B.F.C.; Silva-Rocha, W.P.; Francisco, E.C.; Araújo, M.C.B.; Lima-Neto, R.G.; Neves, R.P.; Melo, A.S.A. & Chaves, G.M. (2016). Evaluation of Virulence Factors In vitro, Resistance to Osmotic Stress and Antifungal Susceptibility of *Candida tropicalis* Isolated from the Coastal Environment of Northeast Brazil. **Frontiers in Microbiology**, 7.