

AVALIAÇÃO DE COLIFORMES NA AREIA DE PRAIAS URBANAS DO RIO GRANDE DO NORTE (NORDESTE DO BRASIL)

Josielma Priscila P. de Souza¹*, Maria Christina B. de Araújo¹, Ivaneide Alves S. da Costa²,
Cibele Rodrigues Costa³

RESUMO: As praias configuram-se como espaços amplamente acessíveis à população em geral, sobretudo no que se refere às atividades de lazer. Também são bastante expostas às variações ambientais e impactos antrópicos, o que afeta diretamente a sua qualidade geral. O objetivo do presente estudo foi analisar a areia de três praias urbanas do Rio Grande do Norte (Redinha, Ponta Negra e Pirangi), para identificar a presença ou não de bactérias do grupo dos coliformes, avaliando sua relação com o período do ano e a frequência de usuários. As análises mostraram que a quantidade de microrganismos é influenciada pela entrada de água doce (pluvial e fluvial) no sistema e pela intensidade de uso das praias. A alta concentração de coliformes observada nas praias de Redinha e Pirangi durante o período chuvoso, provavelmente está relacionada com a proximidade em relação aos rios Potengi e Pirangi, muito poluídos, sugerindo a ocorrência de lançamento de esgoto no curso dos rios. Já no período seco, a quantidade de coliformes esteve relacionada ao uso da praia, quando há um aumento na produção de resíduos, como no caso de Ponta Negra. Monitorar parâmetros relacionados à qualidade microbiológica das praias é essencial para que os usuários possam garantir a segurança do seu lazer, bem como para que os gestores públicos possam tomar decisões, principalmente de natureza sanitária.

Palavras-chave: microrganismos indicadores; ambientes costeiros; poluição marinha; praias urbanas; qualidade da areia.

ABSTRACT: Beaches are very accessible environments for the entire population when it comes to leisure. They are also very exposed to environmental variations and anthropogenic impacts, which directly affects their general quality. The objective of the present study was to analyse the sand from three urban beaches in Rio Grande do Norte, to identify the presence or absence of bacteria from the coliform group, evaluating their relationship with the period of the year and the frequency of users. The analyses showed that the number of microorganisms is influenced by the entry of fresh water (river and rainwater) into the system and the intensity of use by users. The high concentration of coliforms observed on the beaches of Redinha and Pirangi during the rainy season is likely related to their proximity to the highly polluted Potengi and Pirangi rivers, suggesting the occurrence of sewage discharge into the river courses. In contrast, during the dry season, the amount of coliforms was linked to beach use, when there is an increase in waste production, as is the case in Ponta Negra. Monitoring parameters related to the microbiological quality of beaches is essential so that beach users can guarantee the safety of their leisure, as well as so that public managers can make decisions, mainly of a sanitary nature.

Keywords: indicator microorganisms; coastal environments; marine pollution; urban beaches; sand quality.

* Corresponding author: josielma.souza.066@ufrn.edu.br

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Oceanografia e Limnologia – DOL. Praia de Mãe Luiza, s/n, Via Costeira. Natal/RN. CEP: 59014-100. Brasil.

2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Microbiologia e Parasitologia – DMP. Campus Universitário Central, s/n, Lagoa Nova. Natal/RN. CEP: 59078-900. Brasil.

3 Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos. Recife/PE. CEP: 52171-900. Brasil

1. INTRODUÇÃO

Nenhum outro ambiente natural recebe mais visitantes do que as praias. A qualidade da praia tem sido destacada como um fator muito importante na atração de usuários (Semeoshenkova *et al.*, 2017; Costa & Costa, 2020), mas segundo Araújo e Costa (2008), o uso recreativo de uma praia pode ter efeitos diretos e indiretos. Nos ambientes costeiros de áreas urbanizadas e de uso intenso, as condições naturais tendem a ser perturbadas, e o grau de perturbação varia de quase imperceptível a grave.

As praias podem ser contaminadas por resíduos sólidos, incluindo restos de comida, dejetos de animais ou águas residuais descarregadas diretamente na areia. Esses problemas podem favorecer o aparecimento de microrganismos patogênicos e parasitas. Os organismos patogênicos encontrados na areia são de inúmeros grupos, incluindo bactérias, vírus, protozoários, helmintos e fungos (Pond, 2005; Solo-Gabriele *et al.*, 2016; Zuza-Alves *et al.*, 2016, 2019; Ramos *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021; Echevarría, 2022; Frenkel *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2024).

Em todo o mundo, a água da praia é frequentemente monitorada quanto à qualidade microbiológica para detectar a presença de indicadores de contaminação humana por esgoto, a fim de evitar surtos de saúde pública associados ao contato com a água. Porém, monitorar a qualidade da água de praias recreativas é apenas um passo para entender a contaminação microbiana (a principal causa da interdição de praias). O reservatório de sedimentos da zona de arebentação é tipicamente negligenciado e também pode ser importante (Lee *et al.*, 2006; Frenkel *et al.*, 2020, 2022). Há muitas evidências de que a areia das praias pode servir como reservatório de microrganismos, muitas vezes em concentrações superiores à água da praia, tornando-se veículos de transmissão de doenças (Beverdorf *et al.*, 2007; Sabino *et al.*, 2011, 2014; Frenkel *et al.*, 2020; Brandão *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2024). As políticas atuais em todo o mundo dão pouca atenção ao impacto das areias na saúde dos usuários das praias (Solo-Gabriele *et al.*, 2016).

Segundo Nascimento *et al.*, (2021), o litoral do Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil) possui um cenário de atividades econômicas e concentração populacionais consideráveis, local este que vem se alterando com a intensificação dos processos degradantes da paisagem, como a produção de lixo e processos erosivos. Além das inconveniências decorrentes da ocupação desordenada de espaços importantes para o equilíbrio ecológico da interface entre os ambientes aquáticos e terrestres, a orla incorporou diversos problemas advindos da

ausência de planejamento para sua ocupação, a utilização predatória dos manguezais e o lançamento de grande carga de esgotos domésticos no estuário de importantes rios, sem tratamento prévio. Muitas praias do estado apresentam alto nível de utilização tanto por usuários locais como por turistas, praticamente durante o ano todo, e elevada atividade comercial, fato que potencializa a geração de lixo. Em algumas praias é frequente a presença de “línguas negras” decorrentes de ligações clandestinas e descarte de águas servidas na praia (Rodrigues *et al.*, 2021). Estudos que avaliaram a presença de fungos na areia da praia de Ponta Negra (Zuza-Alves *et al.*, 2016; 2019) encontraram dados preocupantes. Os resultados apontaram alta incidência desses organismos.

A circulação oceânica na plataforma oriental do Rio Grande do Norte é marcada pelo deslocamento para norte da Corrente Norte do Brasil, que se origina da bifurcação da Corrente Sul Equatorial nas proximidades do litoral sul da Bahia, que compõe igualmente a Corrente do Brasil que flui para sul acompanhando o litoral do país (Stramma *et al.*, 2003). Nessa região, os ventos apresentam uma proveniência predominante do quadrante SE, com velocidade variando entre 3,8 e 5 m/s, gerando uma deriva litorânea que flui sempre no sentido de sul para norte (Chaves, 2000; Ribeiro, 2014).

O objetivo do estudo foi analisar a areia de praias urbanas para identificar a presença ou não de bactérias do grupo dos coliformes, avaliando sua relação com o período do ano e a frequência de usuários.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em três praias urbanas (Redinha – RE; Ponta Negra – PN e Pirangi – PI do Norte) do Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil) (Figura 1). Em todas elas a frequência de usuários ocorre praticamente durante o ano todo, no entanto, há locais dentro de cada praia, onde a concentração de banhistas e atividades comerciais são mais intensas, em relação a outros, menos utilizados. As praias de Redinha e Pirangi estão localizadas na margem norte dos rios Potengi e Pirangi, respectivamente. A praia de Ponta Negra está localizada praticamente no centro da área de estudo (considerando as três praias) e aproximadamente a 14 km de ambos os rios (Potengi e Pirangi). Ambos os rios exibem na foz um estado crítico de poluição ambiental, apresentando águas muito escuras o que pode ser reflexo das condições impróprias.

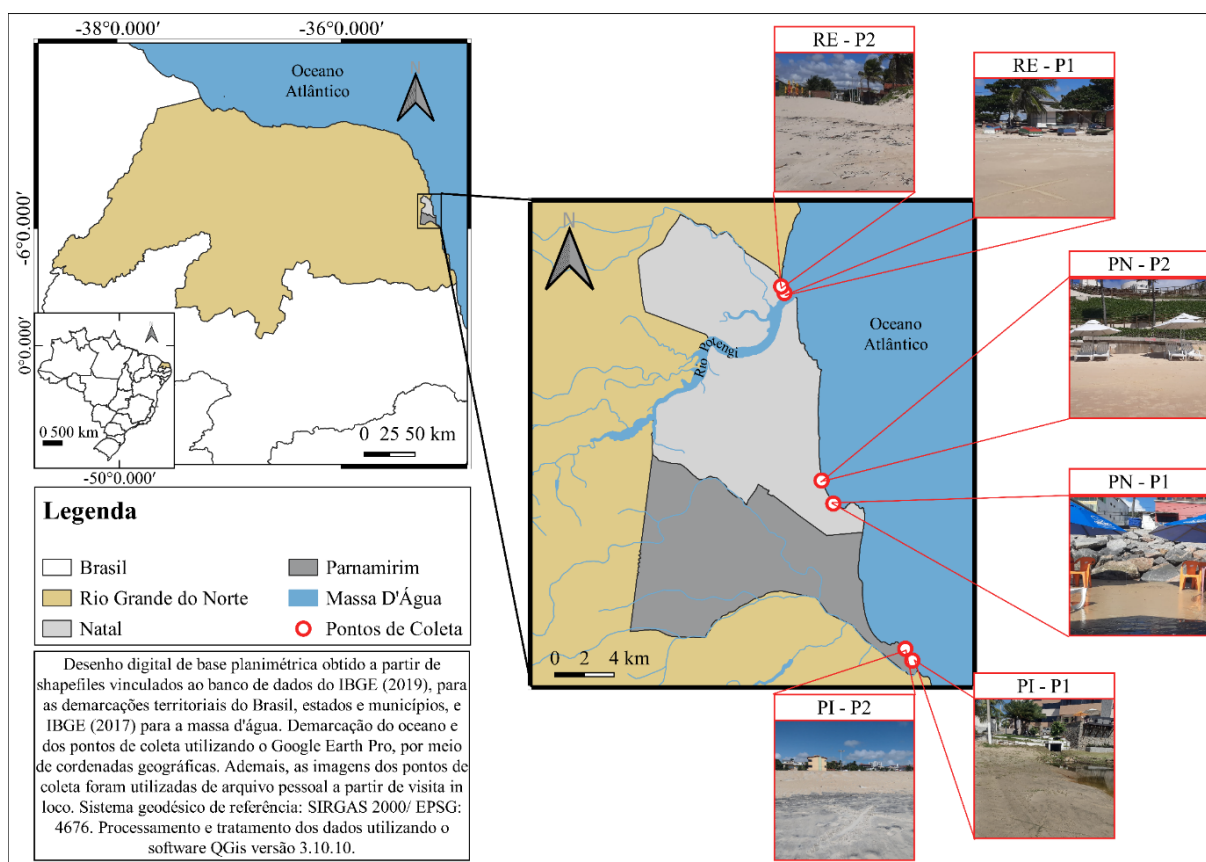


Figura 1. Localização da área e pontos de coleta.

2.2. Coleta de dados

A coleta de areia das praias foi realizada com periodicidade mensal, de novembro de 2019 a janeiro de 2020 (estação seca) e de abril a junho de 2020 (estação chuvosa), sempre pela manhã durante a baixa-mar, em dois ciclos (estação seca e chuvosa). Em cada praia foram utilizados dois pontos de amostragem (Figura 1), determinados em locais com diferentes características relacionadas com o uso da praia; o ponto 1 (P1) foi determinado no local com maior fluxo e concentração de banhistas e comércio (quiosques, barracas e ambulantes). O ponto 2 (P2), foi determinado no local com menor movimentação de banhistas e baixa atividade comercial. Foi coletado um total de 36 amostras de areia nas três praias estudadas, sendo 18 no período seco e 18 no período chuvoso.

Para cada ponto de coleta foi utilizado um kit composto por luvas de procedimento, uma colher inox e nove potes de Falcon de 20 mL, estes devidamente autoclavados. A delimitação amostral do P1 e P2 constou de um transecto confeccionado

por uma lona medindo 1,20 m x 1,20 m, com 9 (nove) furos de 15 cm de diâmetro cada (Figura 2). Após a coleta de um ponto a lona era higienizada com álcool 70%.

Para obtenção das amostras de areias em P1 e P2 foram coletadas nove subamostras retiradas da camada superficial (0-5 cm) de cada ponto (Figura 2). As subamostras contidas nos tubos de Falcon foram acondicionadas em caixas térmicas e conduzidas para o laboratório de Microbiologia Aquática - LAMAQ/UFRN para realização da análise bacteriológica.

Para obtenção de uma amostra única de cada ponto de coleta, foi realizado no laboratório a integração e homogeneização em um béquer estéril das nove subamostras coletadas em campo. Em seguida, foi pesada uma amostra de 100 g em uma balança de precisão, em condições de assepsia e despejada em um erlenmeyer contendo 1 L de água destilada estéril, onde foi agitada vigorosamente à mão por 5 minutos para suspender as células bacterianas da matriz de areia. A partir deste lavado de areia, transferiu-se, em condições de assepsia, a alíquota de



Figura 2. Lona utilizada na coleta de areia.

200 mL do líquido sobrenadante para um frasco âmbar com auxílio de uma proveta. A metodologia de coleta da areia seguiu as orientações do Monitorização da Qualidade das Areias da Zona Balnear (Brandão *et al.*, 2008).

As alíquotas da areia foram então submetidas à enumeração bacteriana de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT), determinada pelo Número Mais Provável (NMP). A técnica utilizada foi a dos tubos múltiplos de três séries (100 ; 10^{-1} ; 10^{-2}), com 05 (cinco) tubos cada e Colillert diluído em 100 mL de água estéril como meio de cultivo. Após diluição das alíquotas em análise, os tubos foram incubados a 35°C durante 24h.

2.3. Análise dos dados

Para análise dos resultados encontrados de coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a tabela de NMP para expressão final do resultado em NMP mL^{-1} (Lipps *et al.*, 2022).

A análise estatística utilizou os métodos não paramétricos Kruskal-Wallis e Wilcoxon. O primeiro teste verifica se duas ou mais amostras possuem a mesma distribuição. Se sim, há indícios de que essas amostras são estatisticamente iguais. De forma análoga, o segundo teste informa se as amostras são estatisticamente iguais com a diferença dos testes serem pareados. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software R* versão 2.13 (*R Core Team*, 2013) e adotaram o nível de significância de 5% (Zar, 1996). As únicas exceções foram a

comparação das distribuições das variáveis de coliformes totais e termotolerantes por praia.

3. RESULTADOS

Durante o período de estudo as praias de Pirangi (PI) e Redinha (RE) mostraram índices de coliformes totais superiores aos de coliformes termotolerantes, com exceção da praia de Ponta Negra (PN) (Tabela 1). No entanto, as três praias apresentaram um padrão semelhante na distribuição das concentrações de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT).

A variação de valores de CT e CTT foi mínima de $< 1,8 \text{ NMP mL}^{-1}$ e máxima de $> 1600 \text{ NMP mL}^{-1}$, para ambas. A praia de Pirangi foi a que apresentou maiores concentrações de CT com médias de $7,64 \times 10^2 (\pm 7,8 \times 10^2) \text{ NMP mL}^{-1}$ e $4,02 \times 10^2 (\pm 7,22 \times 10^2) \text{ NMP mL}^{-1}$ para CTT, seguido da praia da Redinha com densidades médias de $8,10 \times 10^2 (\pm 8,25 \times 10^2) \text{ NMP mL}^{-1}$ para CT e $1,54 \times 10^2 (\pm 4,56 \times 10^2) \text{ NMP mL}^{-1}$ para CTT. Comparativamente, a praia de Ponta Negra mostrou menores médias de CT ($2,05 \times 10^2 (\pm 4,65 \times 10^2) \text{ NMP/100mL}$) e CTT ($2,97 \times 10^2 (\pm 6,17 \times 10^2) \text{ NMP mL}^{-1}$) (Tabela 1).

Em relação ao percentual total de CT para CTT, as praias de Redinha e Pirangi registraram concentrações de coliformes totais

Tabela 1. Concentrações totais, mínimos, máximos, médias e desvio padrão de Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CTT) nas praias de Pirangi, Ponta Negra e Redinha durante o período de estudo.

Praias	Pirangi		Ponta Negra		Redinha	
Coliformes	CT	CTT	CT	CTT	CT	CTT
Total (NMP/100ml)	9,169x10 ³	4,825x10 ³	2,460x10 ³	3,569x10 ³	9,721x10 ³	1,848x10 ³
Mínima (NMP/100ml)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Máxima (NMP/100ml)	1,6x10 ³	1,6x10 ³	1,6x10 ³	1,6x10 ³	1,6x10 ³	1,6x10 ³
Média (NMP/100ml)	7,64x10 ²	4,02x10 ²	2,05x10 ²	2,97x10 ²	8,10x10 ²	1,54x10 ²
Desvio Padrão (NMP/100ml)	7,8x10 ²	7,22x10 ²	4,65x10 ²	6,17x10 ²	8,25 x10 ²	4,56 x10 ²

de 9,721x10³ NMP mL⁻¹ (84,03%) e de 9,169x10³ NMP mL⁻¹ (65,52%), respectivamente. Diferentemente, a praia de Ponta Negra atingiu maior percentual de Termotolerantes, obtendo densidade de 3,569x10³ NMP mL⁻¹ (59,20%) em relação a de coliformes totais cujo valor foi de 2,46x10³ NMP mL⁻¹ (40,80%). Estatisticamente não houve diferença significativa (> 0,05) ao comparar as distribuições das variáveis de coliformes totais e termotolerantes por praia (Tabela 1).

Quanto à influência do parâmetro uso e ocupação das praias, nos pontos 1 e 2, foi observado o mesmo padrão de variação da relação da densidade entre coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT), sendo maiores valores de CT em relação à CTT. Da mesma forma, ocorreram maiores densidades de CT e CTT no ponto de maior fluxo de pessoas (P1) em relação ao P2, em todas as praias (Figura 3).

A Redinha foi a praia que registrou o maior nível de coliformes totais (CT) no P1 e no P2, obtendo valores de 8,18x10² (± 8,57x10²) NMP mL⁻¹ e 8,02x10² (± 8,74x10²) NMP mL⁻¹, respectivamente; seguida pela praia de Pirangi com densidades de 9,54x10² (± 7,83x10²) NMP mL⁻¹ em P1 e de 5,74x10² (± 8x10²) NMP mL⁻¹ em P2. Na praia de Ponta Negra constatou-se índices de CT de 4,07x10² (± 6,16x10²) NMP mL⁻¹ em P1 e de 3,45 (± 2,99) NMP mL⁻¹ em P2 (Figura 3).

Em relação à densidade de coliformes termotolerantes (CTT) nos pontos 1 e 2, a praia de Pirangi se destacou apresentando índices de 5,35x10² (± 8,25x10²) NMP mL⁻¹ em P1 e 2,69x10² (± 6,52x10²) NMP mL⁻¹ em P2; seguida pela praia da Redinha com concentrações de 2,92x10² (6,42x10²) NMP mL⁻¹ e 1,6x10¹ (± 1,7x10¹) NMP mL⁻¹ em P1 e P2, respectivamente.

Na praia de Ponta Negra foram observados os menores índices de CTT nos pontos 1 (± 3,27x10²) e 2 (± 2,68x10²).

As praias de Pirangi e Redinha apresentaram proporcionalmente maior densidade relativa dos níveis de CT em relação à CTT nos dois pontos estudados (P1 e P2), embora o ponto 1 tenha apresentado maior densidade nas duas praias. Por outro lado, a praia de Ponta Negra apresentou proporcionalmente maior densidade relativa dos níveis de CTT em relação à CT, somente no ponto 2, mostrando comportamento inverso as praias de Redinha e Pirangi (Figura 3).

O padrão temporal dos níveis de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) em todas as praias mostrou tendência mais expressiva com maiores densidades durante o período chuvoso em relação ao período seco, tendo como destaque a praia da Redinha com concentrações médias de CT de 1,6x10³ (± 0) NMP mL⁻¹ e CTT de 3,06x10² (± 6,34x10²) NMP mL⁻¹, seguido da praia de Pirangi com densidade média de CT de 1,26x10³ (± 5,69x10²) e CTT de 5,36x10² (± 8,24x10²). Ponta Negra mostrou valores médios de CT de 2,93x10² (± 6,42x10²) e CTT de 5,93x10² (± 7,92x10²) (Figura 4).

O grau de associação entre as variáveis foi significativo (p-valor < 0,05) de acordo com o teste de correlação de Pearson para as praias de Redinha e Ponta Negra. Observou-se uma correlação positiva (r = 0,29) entre as variáveis de coliformes (CT e CTT) analisando os dois pontos na mesma praia. Uma correlação mais fraca foi observada em praias diferentes. As exceções a esse padrão foram detectadas nas praias de Pirangi e Ponta Negra. A maior correlação positiva foi observada entre as concentrações de coliformes totais e termotolerantes nos

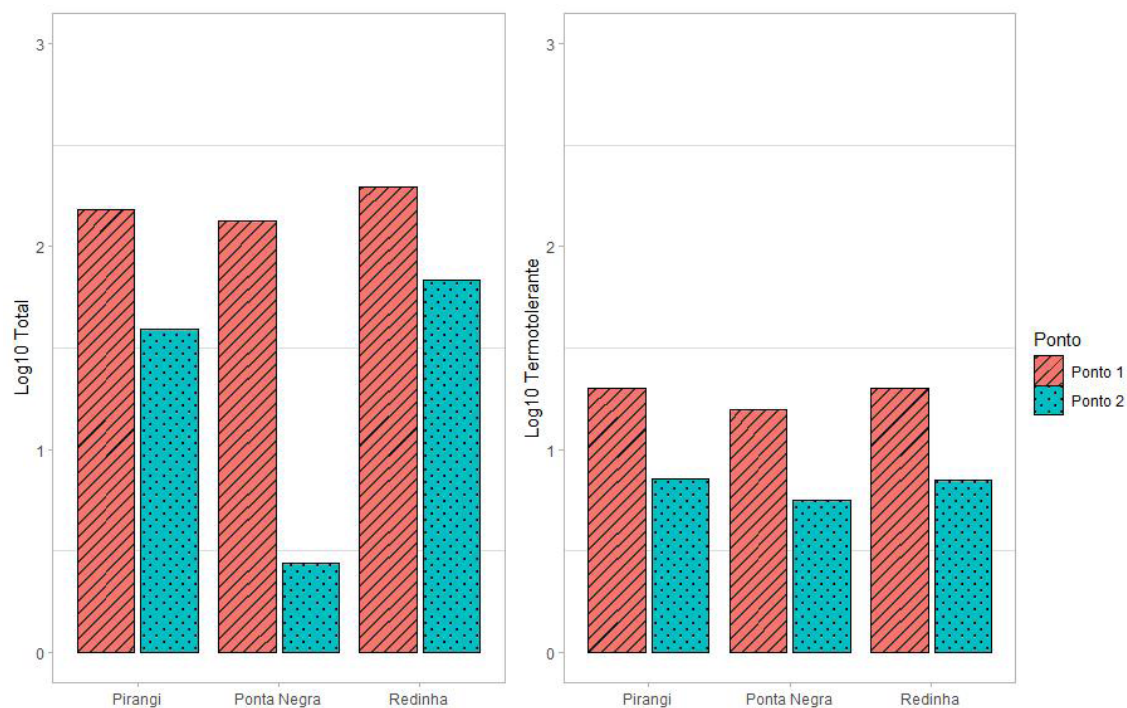


Figura 3. Níveis de Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CTT) nos pontos P1 e P2 nas praias de Pirangi, Ponta Negra e Redinha durante o período de estudo (Nov/2019 à Jun/2020).

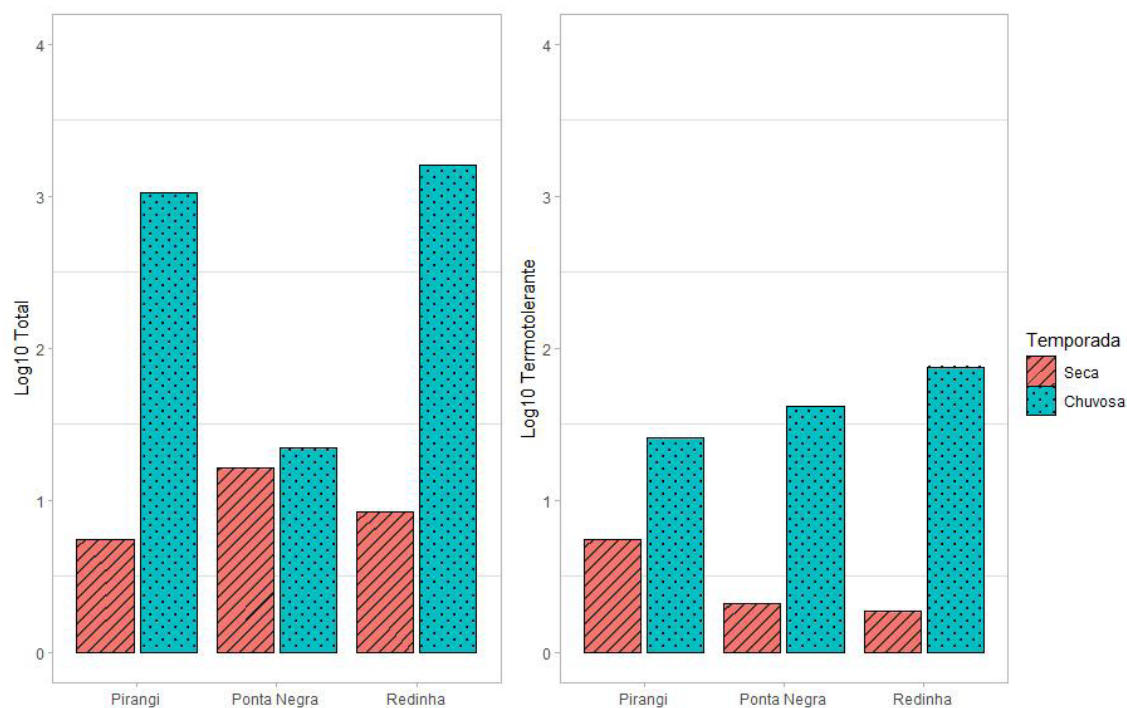


Figura 4. Concentração de Coliformes Totais (CT) e termotolerantes (CTT) nas praias de Pirangi, Ponta Negra e Redinha durante a estação de seca (Nov/2019 à Jan/2020) e chuvosa (Abr à Jun/2020).

pontos 1 e 2 na praia da Redinha ($r = 0,83$) e Pirangi ($r = 0,63$), o que não foi percebido na praia de Ponta Negra, que não mostrou correlação entre estas variáveis (Figura 5).

A análise multivariada mostrou que a dimensão principal da

PCA – Dimensão 1 explicou 42,8% da variabilidade dos dados em relação a temporalidade e ao padrão do número mais provável de coliformes totais e termotolerantes em todas as praias e pontos analisados (Figura 6).

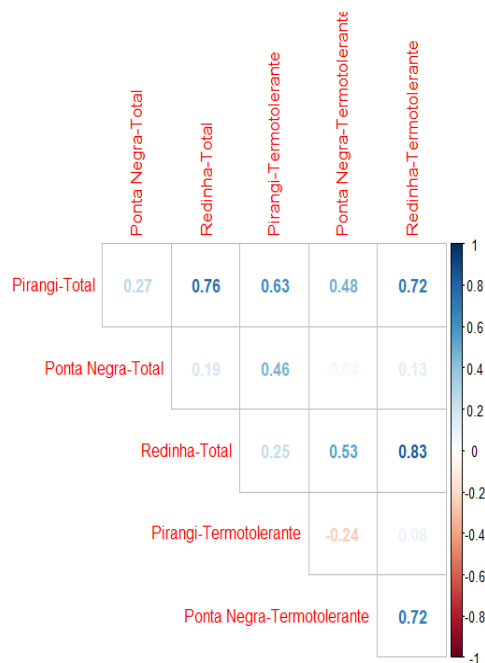


Figura 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Coliformes Totais e Termotolerantes nos pontos 1 e 2 nas mesmas praias durante o período de estudo.

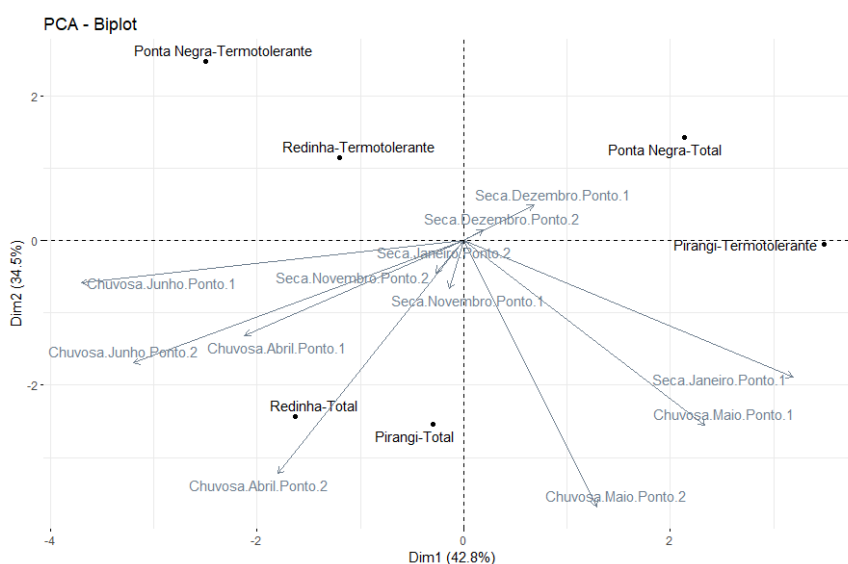


Figura 6. A análise de componentes principais (PCA) para contaminação microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes considerando os pontos 1 e 2 nas praias de Pirangi, Ponta Negra e Redinha.

Foi observado que a dimensão 1 agrupou os pontos que mostraram padrões diferentes. Já a dimensão 2 mostrou agrupamentos para diferenciar CT de CTT. A maior parte das variáveis de coliformes termotolerantes se agruparam acima da dimensão 1 e a maioria dos coliformes totais abaixo. Quanto à sazonalidade a análise mostrou o agrupamento de todos os pontos para as variáveis no período seco (dezembro e janeiro), conforme visto na Figura 6 e na Tabela 2.

Tabela 2. Valores das variâncias amostrais dos índices de Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CTT) em escala logarítmica por estação nas praias de Pirangi, Ponta Negra e Redinha.

Praia	Estação	Variância amostral CT	Variância amostral CTT
Pirangi	Seca	1,45	1,45
	Chuvosa	0,11	1,98
Ponta Negra	Seca	1,07	0,019
	Chuvosa	1,30	0,006
Redinha	Seca	0,407	0,000558
	Chuvosa	0	0,480

Observando a sazonalidade da densidade de coliformes totais e termotolerantes nas três praias, Ponta Negra e Redinha apresentaram o mesmo padrão para termotolerantes em termos de maiores densidades em relação à praia de Pirangi. Diferentemente, para CT as praias da Redinha e Pirangi apresentaram o mesmo padrão de maiores índices na época de chuvas, enquanto Ponta Negra apresentou maiores índices na seca, no mês de janeiro.

4. DISCUSSÃO

Água e sedimentos de rios e córregos que fluem para o mar são considerados fontes de contaminação para areia da praia (Chávez *et al.*, 2018). Além disso, de acordo com Destro *et al.*, (2020), a presença de animais, descarga de esgoto sanitário, mudança de estação do ano, e um grande número de banhistas contribuem para a sobrevivência e dispersão de microrganismos patogênicos em areia de praia.

Os rios são importantes fontes de inúmeros compostos que podem contaminar tanto a água marinha na foz e regiões adjacentes, como o sedimento das margens e das praias próximas. Como a corrente de deriva, na área de estudo, se dirige de sul para norte, a praia de Pirangi recebe resíduos e outros compostos diretamente do rio Pirangi, enquanto que na praia

de Redinha a fonte de resíduos é principalmente o rio Potengi. Já a praia de Ponta Negra, em virtude de sua localização (mais afastada dos rios), sofre uma menor influência do rio Pirangi.

A alta concentração de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) tanto no P1 e como no P2 nas praias de Redinha e Pirangi durante no período chuvoso, pode estar relacionada exatamente com a proximidade em relação aos rios, sugerindo a ocorrência de lançamento de esgoto em seus cursos, resultados que corroboram os resultados apresentados por Rocha *et al.*, 2020.

Os índices pluviométricos no município de Natal/RN (que abrange as praias da Redinha e Ponta Negra) foram de 158,9 mm, 196,0 mm e 56,1 mm, respectivamente, para os meses de abril, maio e junho (período chuvoso); totalizando um acumulado de 441,0 mm nesse trimestre. Já os índices para o município de Parnamirim/RN (praia de Pirangi) para os meses já mencionados foram de 143,0 mm, 154,0 mm e 79,0 mm, respectivamente, somando 376,0 mm de chuva para o período. A soma do acumulado pluviométrico na estação de seca no município de Natal foi de 205,2 mm e em Parnamirim 86,5 mm. A estação chuvosa apresentou um aumento de chuva de 114,9% em Natal e 334,6% em Parnamirim em relação à estação de seca (<http://www.emparn.rn.gov.br/>).

As águas pluviais podem ser uma fonte não pontual de contaminação da areia, isso porque o escoamento das águas pluviais lava as ruas, galerias, infraestruturas de esgotamento sanitário envelhecidas, dejetos de animais, resíduos orgânicos descartados de forma incorreta, entre outros. Conduzidas pelas galerias pluviais até o oceano, essa água da chuva pode apresentar diversos microrganismos, inclusive os de indicação fecal oriundos destes ambientes (Kongprajug *et al.*, 2021; Ben-Haddad *et al.*, 2023). O aumento da frequência e intensidade de eventos de precipitação pode levar ao colapso da infraestrutura de águas residuais já tributadas, resultando em aumento de pontos fontes de contaminação fecal das praias (Brandão *et al.*, 2021; Brandão *et al.*, 2008).

A relação entre o acumulado precipitado e os altos índices de coliformes é citada em vários estudos (Abdallah *et al.*, 2005; Beversdorf *et al.*, 2007; Halliday & Gast, 2011). Entretanto, vale ressaltar que a concentração de coliformes totais também pode apresentar positividade em baixos índices pluviométricos como observado durante a estação de seca neste trabalho. As altas concentrações de CT em P1, na praia de Ponta Negra, seguida da praia da Redinha indicam outros modos de contaminação, como possíveis falhas no sistema de esgotamento sanitário e presença de resíduos sólidos. O P1 é caracterizado pelo alto fluxo

de banhistas locais, turistas, presença de quiosques, ambulantes e presença de animais domésticos. Com isso há um aumento na produção de resíduos domésticos deixados pelos visitantes e comerciantes, além dos rejeitos dos animais domésticos que acompanham seus donos. Esses resíduos, por sua vez, atraem animais indesejáveis como os ratos, passíveis de disseminação de doenças. A presença de matéria orgânica em abundância favorece a proliferação de microrganismos nos ambientes.

Com relação à influência da quantidade de usuários nos níveis de contaminação da areia por coliformes, é esperado que o maior uso da praia seja responsável por um maior consumo de alimentos, o que comprovadamente gera resíduos, principalmente de origem orgânica, fato que favorece a proliferação da microbiota no ambiente. Nas praias avaliadas foi observada claramente essa influência na quantidade de coliformes totais, durante o período seco, que inclui a estação balnear (dezembro a fevereiro) quando o uso da praia é sempre maior. Na praia de Pirangi, houve também um expressivo valor para CTT no P1; esse fato pode estar associado à presença de um grande acúmulo de água residual que é descartada diretamente na areia (na área adjacente ao local de coleta), mesmo durante o período seco. Já no período chuvoso, a forte influência da pluviometria e aumento da vazão dos rios, fornecendo muita água para a zona marinha adjacente, pode justificar a ocorrência de altos valores de coliformes totais e tolerantes de forma muito semelhante em ambos os pontos (P1 e P2), fazendo com que a quantidade de usuários fosse bem menos importante na contaminação das áreas.

No Brasil, ainda não existe nenhuma legislação específica para definição dos limites bacteriológicos para a areia de praias, ao contrário do que ocorre para a água marinha, onde a presença de coliformes é monitorada regularmente e divulgada para a população. Apesar disso, o art. 8º da Resolução nº 274/2000 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, recomenda aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações (CONAMA, 2000).

Em outros países já foram definidos critérios para orientação quanto aos limites seguros para esses organismos na areia. Por exemplo, em 2001-2002, a Associação Bandeira Azul da Europa, estabeleceu valores limites para indicadores sanitários, como coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococos* intestinais e outros microrganismos, que estão apresentados na Tabela 3 (Brandão *et al.*, 2008).

Tabela 3: Valores limites de indicadores bacteriológicos para areia (NMP/g de areia). Fonte: Brandão *et al.*, 2008.

Indicador	Valor Máximo	Valor Máximo
	Recomendável	Admissível
Coliformes totais	5	100
<i>E. coli</i>	1	20
<i>Enterococos</i> intestinais	1	20

A análise da literatura apontou que, além de ser frequente a ocorrência de bactérias na areia de praias, esses organismos possuem uma boa sobrevivência neste ambiente. Portanto, a falta de legislação pode representar um sério risco aos usuários.

5. CONCLUSÕES

A avaliação da contaminação de praias turísticas em Natal-RN constatou que fatores como precipitação e proximidade de rios poluídos, aliados ao uso das praias foram determinantes na quantidade de microrganismos presentes nas areias. A situação é muito preocupante e provavelmente deve se repetir em outras praias brasileiras.

De maneira geral, a areia se manteve com uma melhor qualidade durante a época com menor concentração de chuvas em todos os pontos amostrados, porém, vale ressaltar que a concentração de coliformes totais também pode apresentar valores elevados mesmo nesta época, resultante de outras formas de contaminação, como por exemplo, a localização das praias em relação à foz de rios. Rios que atravessam áreas urbanas, normalmente chegam ao mar com condições impróprias, relacionadas com a carga orgânica. Outra importante questão é a elevada quantidade de resíduos produzida e descartada nas praias, nos meses de maior uso balnear.

Do ponto de vista recreativo, as praias de areia são os ambientes mais procurados, especialmente em países tropicais. Normalmente, o tempo gasto na areia é maior do que na água. Portanto, sugere-se maior atenção às areias das praias, não só para as zonas secas, mas também para as úmidas. Para uma maior segurança na estimativa de sobrevivência, fatores ambientais podem ser analisados conjuntamente.

É extremamente importante que sejam definidos critérios para análise microbiológica padronizada da areia de praias, especialmente nas urbanas e/ou turísticas. Estimar, monitorar e divulgar informações relacionadas à presença desse tipo de

contaminação nas praias é essencial para que os usuários possam garantir a segurança do seu lazer, bem como para que os gestores públicos possam tomar decisões, principalmente de natureza sanitária ajudando a reduzir a exposição, especialmente entre crianças pequenas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdallah, SA.; Elmanama, AA.; Fahd, MI.; Affi, S. (2005) - Microbiological Beach Sand Quality in the Gaza Strip in Comparison to Seawater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14 (6):841-850. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.12.014>
- Araújo, MCB.; Costa, MF. (2008) - Environmental quality indicators for recreational beaches classification. *Journal of Coastal Research*, 24:1439-1449. DOI: <https://doi.org/10.2112/06-0901.1>
- Beverdorf, LJ.; Bornstein-Forst, SM.; McLellan, SL. (2007) - The potential for beach sand to serve as a reservoir for *Escherichia coli* and the physical influences on cell die-off. *Journal of Applied Microbiology*, 102:1372-1381. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03177.x>
- Ben-Haddad, M.; Charroud, I.; Mghili, B.; Abelouah, MR.; Hajji, S.; Aragaw, TA.; Rangel-Buitrago, N.; Alla, AA. (2023) - Examining the influence of COVID-19 lockdowns on coastal water quality: A study on fecal bacteria levels in Moroccan seawaters. *Marine Pollution Bulletin*, 195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115476>
- Brandão, J.; Silva, C.; Alves, C.; Cunha, MA.; Moura, I.; Veríssimo, C.; Wergikowski, B.; Parada H.; Falcão, F.; Barroso, M.; Rodrigues, R.; Sabino R.; Rosado, L. (2008) - *Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares – Época Balnear de 2008*. ae35p. Associação Bandeira Azul da Europa, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal. <https://bandeiraazul.abaae.pt/wp-content/uploads/sites/2/2015/02/relatorio-areias-nov2008.pdf>
- Brandão, J.; Gangneux, JP.; Arian-Akdagli, S.; Barac, A.; Bostanaru, AC.; Brito, S.; Bull, M.; Çerikçioğlu, N.; Chapman, B.; Efstratiou, M.A.; Ergin, Ç.; Frenkel, M.; Gitto, A.; Gonçalves, C.I.; Guégan, H.; Gunde-Cimerman, N.; Güran, M.; Irinyi, L.; Jonikaitė, E.; Katarzytė, M.; Klingspor, L.; Mares, M.; Meijer, WG.; Melchers, WJG.; Meletiadis, J.; Meyer, W.; Nastasa, V.; Babič, MN.; Ogunc, D.; Ozhak, B.; Prigitano, A.; Ranque, S.; Rusu, RO.; Sabino, R.; Sampaio, A.; Silva, S.; Stephens, JH.; Tehupeiory-Kooreman, M.; Tortorano, AM.; Velegraki, A.; Veríssimo, C.; Wunderlich, GC.; Segal, E. (2021) - Mycosands: Fungal diversity and abundance in beach sand and recreational waters – Relevance to human health. *Science of The Total Environment*, 781:146598. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146598>
- Brandão, J.; Weiskerger, C.; Valério, E.; Pitkänen, T.; Meriläinen, P.; Avolio, L.; Heaney, C. D.; Sadowsky, M J. (2022) - Climate Change Impacts on Microbiota in Beach Sand and Water: Looking Ahead. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19: 1444. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031444>
- Chaves, MS. (2000) - Vulnerabilidade Costeira entre as Praias da Redinha e Genipabú Natal/RN. 94p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. Não publicado.
- Chávez, L.; Gullosio, E.; Murgas, Y.; Veja, J. (2018) - A Baseline Study of Fecal Indicator Bacteria on Caribbean Beach Sand from Riohacha, La Guajira, Colombia. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(104): 5093 – 5107. DOI: <https://doi.org/10.12988/ces.2018.89497>
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (2000) - Resolução CONAMA N° 274, de 29 de novembro de 2000: Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. 3p., Conselho Nacional de Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%830-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>
- Costa, CR., Costa, MF. (2020) - Revisão de metodologias do monitoramento microbiológico da qualidade da água em praias recreativas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente* (ISSN: 2595-4431), 8(3): 092-113, Piauí, Brasil. Disponível on-line em <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/403>
- Costa, C. R.; Araújo, M. C. B.; Silva-Cavalcanti, J.S. (2024). Beach quality: let's not overlook fungal sand contamination. *Arq. Ciên. Mar*, 57(1): 1 – 14. <http://dx.doi.org/10.32360/acmar.v57i1.92864>
- Destro, JO.; Rosa, VT.; Pinto, FST.; Soares, C.J. (2020) - Qualidade microbiológica das areias de Praias do litoral norte gaúcho. *Scientia Prima* (ISSN 2318-4299), 6(1):48-58. Disponível on-line em <http://www.abric.org.br/ojs/index.php/scientiaprime/article/view/15/8>
- Echevarría, L. (2022) - Inventory of Filamentous Fungi and Yeasts Found in the Sea Water and Sand of the Beach of Pier in Arecibo Puerto Rico. *PSM Microbiology* (ISSN: 2518-3834), 7(1): 4-11. Disponível on-line em <https://psmjournals.org/index.php/microbiol/article/view/602/494>
- Frenkel, M.; Yunik, Y.; Fleker, M.; Blum, SE.; Sionov, E.; Elad, D.; Serhan, H.; Segal, E. (2020) - Fungi in sands of Mediterranean Sea beaches of Israel - Potential relevance to human health and well-being. *Mycoses*, 63:1255-1261. DOI: <https://doi.org/10.1111/myc.13144>
- Frenkel, M.; Serhan, H.; Blum, SE.; Fleker, M.; Sionov, E.; Amit, S.; Gazit, Z.; Gefen-Halevi, S.; Segal, E. (2022) - What Is Hiding in the Israeli Mediterranean Seawater and Beach Sand. *Journal of Fungi*, 8(9): 950. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof8090950>
- Halliday, E.; Gast, RJ. (2011) - Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental Science & Technology*, 45(2): 370-379. DOI: <https://doi.org/10.1021/es102747s>
- Kongprajug, A.; Denpetkul, T.; Chyerochana, N.; Mongkolsuk, S.; Sirikanchana, K. (2021) - Human Fecal Pollution Monitoring and Microbial Risk Assessment for Water Reuse Potential in a Coastal Industrial-Residential Mixed-Use Watershed. *Frontiers in Microbiology*, 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.647602>

- Lee, CM.; Lin, TY.; Lin, C.; Kohbodi, GA.; Bhatt, A.; Lee, R.; Jay, JA. (2006) - Persistence of fecal indicator bacteria in Santa Monica Bay beach sediments. *Water Research*, 40:2593-2602. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.04.032>.
- Lipps, W. C.; Braun-Howland, E.B.; Baxte, T. E. (2022) - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1624p., APHA-American Public Health Association, AWWA-American Water Works Association, WEF-Water Environment Federation, Denver, Estados Unidos da América. ISBN: 978-0-87553-299-8
- Nascimento, R. L. X.; Souza, C. C. de.; Oliveira, M. A. das N. de. (2021) - Caderno de caracterização: estado do Rio Grande do Norte. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF, Brasília, Brasil. <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/caderno-de-caracterizacao-estado-do-rio-grande-do-norte.pdf/view>
- Pond, K. (2005) - Water recreation and disease: plausibility of associated infections: acute effects, sequelae and mortality. 239 p., IWA Publishing, London, United Kingdom. ISBN electronic: 9781780405827
- Ribeiro, F. (2014) - Caracterização das correntes da plataforma continental interna da praia de Ponta Negra. 54p., Monografia de graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Não publicado.
- Ramos, ELP.; Gómez-Hernández, C.; Queiroz, LG.; Moura, RGF.; Nogueira, NP.; Ferreira, G. LS.; Rezende-Oliveira, K. (2020). Parasite detection in sand from bays on the north coast of São Paulo state, Brazil. *Journal of Tropical Pathology*, 49(3): 91-205. DOI: <https://doi.org/10.5216/rpt.v49i3.63783>
- Rocha, A.; Araújo, A.; Angelini, R. (2020) - Frequência de coliformes termotolerantes em praias do litoral potiguar (Rio Grande do Norte, Brasil). *Brazilian Journal of Development*, 6(11):88498-88515. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-320>
- Rodrigues, BT.; Bastos, AL.; Rodrigues, MT (2021) - Identificação das línguas negras provenientes das galerias pluviais e bacias hidrográficas nas praias urbanas de Maceió - AL. Em: Frederico Celestino Barbosa (org.), *Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais*, pp 10-18, Editora Conhecimento Livre, Piracanjuba, Goiás, Brasil. ISBN: 978-65-89145-90-5. Disponível on-line: <https://api.conhecimentolivre.org/ecl-api/storage/app/public/L.234-2021.pdf>
- Stramma, L.; Fischer, J.; Brandt, P.; Schott, F. (2003) - Circulation, variability and near-equatorial meridional flow in the central tropical Atlantic. *Interhemispheric water exchange in the Atlantic Ocean*, Elsevier, 68:1-22. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0422-9894\(03\)80141-1](https://doi.org/10.1016/S0422-9894(03)80141-1)
- Sabino, R.; Veríssimo, C.; Cunha, MA.; Wergikowski, B.; Ferreira, FC.; Rodrigues, R.; Parada, H.; Falcão, L.; Rosado, L.; Pinheiro, C.; Paixão, E.; Brandão, J. (2011) - Pathogenic fungi: An unacknowledged risk at coastal resorts? New insights on microbiological sand quality in Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1506-1511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.008>
- Sabino, R.; Rodrigues, R.; Costa, I.; Carneiro, C.; Cunha, M.; Duarte, A.; Faria, N.; Ferreira, FC.; Gargaté, MJ.; Júlio, C.; Martins, ML.; Nevers, MB.; Oleastro, M.; Solo-Gabriele, H.; Veríssimo, C.; Viegas, C.; Whitman, RL.; Brandão, J. (2014) - Routine screening of harmful microorganisms in beach sands: Implications to public health. *Science of The Total Environment*, 472: 1062-1069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.091>.
- Solo-Gabriele, HM.; Harwood, VJ.; Kay, D.; Fujioka, RS.; Sadowsky, MJ.; Whitman, RL.; Wither, A.; Caniça, M.; Carvalho da Fonseca, R.; Duarte, A.; Edge, TA.; Gargaté, MJ.; Gunde-Cimerman, N.; Hagen, F.; McLellan, SL.; Nogueira da Silva, A.; Novak Babič, M.; Prada, S.; Rodrigues, R.; Romão, D.; Sabino, R.; Samson, RA.; Segal, E.; Staley, C.; Taylor, HD.; Veríssimo, C.; Viegas, C.; Barroso, H.; Brandão, JC. (2016) - Beach sand and the potential for infectious disease transmission: observations and recommendations. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96:101-120. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315415000843>
- Semeoshenkova, V.; Newton, A.; Contin, A.; Greggio, N. (2017) - Development and application of an Integrated Beach Quality Index (BQI). *Ocean & Coastal Management*, 143:74-86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.013>
- Santos, AR.; Oliveira, HC.; Silva, AMC.; Alves, RR.; Andrade, BRD.; Silva, MLRB. (2021) - Identificação e caracterização de bactérias potencialmente patogênicas isoladas de duas praias do litoral norte de Pernambuco. *Research, Society and Development*, 10(11):e184101119402. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19402>
- Zar, J. H. (1999) - *Biostatistical analysis*. 255p, Fifth Edition, New Jersey, United States or America. ISBN: 978-0-13-1001W6-5
- Zuza-Alves, DL.; Medeiros, SSTQ.; Souza, LBFC.; Silva-Rocha, WP.; Francisco, EC.; Araújo, MCB.; Lima-Neto, RG.; Neves, RP.; Melo, ASA.; Chaves, GM. (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*, 7:1783. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01783>
- Zuza-Alves, DL.; Silva-Rocha, WP.; Francisco, EC.; Araújo, MCB.; Azevedo Melo, A.; Chaves, GM. (2019) - *Candida tropicalis* geographic population structure maintenance and dispersion in the coastal environment may be influenced by the climatic season and anthropogenic action. *Microbial Pathogenesis*, 128:63-68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.12.018>.

