



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**  
**E AMBIENTAL**

**AMANDA CARLA BATISTA QUERINO DA ROCHA**

**FREQUÊNCIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM**  
**PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RIO GRANDE DO NORTE,**  
**BRASIL)**

**NATAL - RN**

**2019**

**AMANDA CARLA BATISTA QUERINO DA ROCHA**

**FREQUÊNCIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM  
PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RIO GRANDE DO NORTE,  
BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Angelini

**NATAL - RN**

**2019**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Rocha, Amanda Carla Batista Querino.

Frequência de coliformes termotolerantes em praias do litoral potiguar (Rio Grande do Norte, Brasil) / Amanda Carla Batista Querino da Rocha. - 2019.

26 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, RN, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Angelini.

1. Índice de balneabilidade - Dissertação. 2. Qualidade da água - Dissertação. 3. Turismo - Dissertação. 4. Impacto Ambiental - Dissertação. I. Angelini, Ronaldo. II. Título.

RN/UF/BCZM

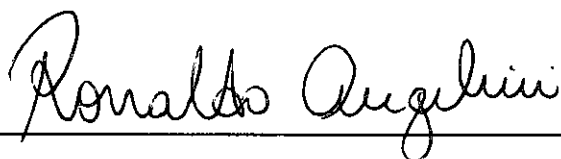
CDU 628.394(813.2)

AMANDA CARLA BATISTA QUERINO DA ROCHA

**FREQUÊNCIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM  
PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RIO GRANDE DO NORTE,  
BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação, em Engenharia Sanitária e  
Ambiental, da Universidade Federal do Rio  
Grande do Norte, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Sanitária.

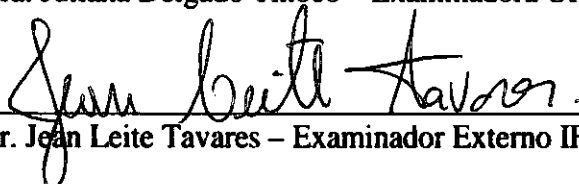
**BANCA EXAMINADORA**



Dr. Ronaldo Angelini – Orientador



Dra. Juliana Delgado Tinoco – Examinadora UFRN



Dr. Jean Leite Tavares – Examinador Externo IFRN

Natal-RN, 21 de Março de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (PPGESA) pela capacitação profissional e acadêmica.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) e ao meu chefe imediato Emanuel Henrique pela autorização do afastamento parcial para realização do mestrado, além da compreensão e incentivo.

Ao meu orientador Dr. Ronaldo Angelini por toda dedicação, compromisso, companheirismo, paciência e também pelo exemplo de pesquisador-professor. Obrigada por me proporcionar aprendizados que vão além da estatística.

Ao professor Dr. André Calado por ter cedido os dados necessários ao desenvolvimento desta pesquisa e por sua disponibilidade e atenção.

À todos os colegas e amigos com quem tive o prazer de cursar disciplinas, indispensáveis nos estudos, realização de trabalhos e atividades extra-curriculares.

Ao meu amigo e secretário do PPGESA, Pedro Gustavo, pelas conversas sem hora marcada, pelos desabafos mútuos, incentivos, auxílios com o QGis, estudos em grupo; enfim, pela presença sempre constante nos meus dias, desde a graduação. Obrigada por ser um amigo acolhedor, sempre disponível a ajudar.

Ao meu noivo, Tyson Silva, pelo apoio, compreensão, companheirismo, cuidado e amor. Obrigada por estar ao meu lado, me lembrando, sempre que necessário, de que sou capaz de alcançar todos os meus objetivos e sonhos.

À minha família por ser o meu porto-seguro, lugar onde sou abraçada, compreendida, acolhida e estimulada. À minha mãe, por ser a minha maior incentivadora no que diz respeito ao desenvolvimento profissional/acadêmico, por nunca ter medido esforços para me dar uma educação de qualidade. Ao meu pai, por ser o meu maior ídolo e, ao mesmo tempo, meu fã nº 1, um homem repleto de qualidades. Ao meu irmão, pelo exemplo, incentivo, carinho e amor.

Por fim, o agradecimento especial é a Ele, Aquele que está 24h comigo, que me conhece como ninguém, que deu o Seu filho, por amor a mim: Deus! Muito obrigada por todas as bênçãos, pela tua abundante graça em minha vida e por teu amor e proteção.

## SUMÁRIO

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>Introdução .....</b>                 | <b>1</b>  |
| <b>Metodologia.....</b>                 | <b>2</b>  |
| Área de Estudo .....                    | 2         |
| Conjunto de Dados .....                 | 2         |
| Análises Estatísticas .....             | 5         |
| Precipitações Pluviométricas .....      | 5         |
| Índice de Balneabilidade.....           | 6         |
| <b>Resultados .....</b>                 | <b>7</b>  |
| <b>Discussão .....</b>                  | <b>14</b> |
| <b>Conclusão .....</b>                  | <b>16</b> |
| <b>Referências Bibliográficas .....</b> | <b>17</b> |

## **FREQUÊNCIA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM PRAIAS DO LITORAL POTIGUAR (RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL)**

### **RESUMO**

O desenvolvimento do turismo no Brasil está relacionado com os seus recursos naturais, incluindo as praias do litoral nordestino, onde há uma preocupação crescente com a sua balneabilidade, ou seja, com a qualidade das águas das praias para recreação. Os impactos mais comuns nos ambientes costeiros são causados por deficiências em saneamento básico e pelo uso e ocupação desordenados do solo, que acarretam o lançamento de contaminantes no mar, afetando a saúde pública. Considerando que os coliformes termotolerantes (antes conhecidos como fecais) são os indicadores básicos para a classificação das praias quanto à balneabilidade, este trabalho tentou entender a dinâmica de concentrações de coliformes termotolerantes nas praias do Rio Grande do Norte entre 2010 e 2016, propondo um Índice de Balneabilidade (BALI) que resume, baseado em aspectos físicos e visuais, as condições sanitárias e ambientais das praias. Os resultados mostram que: i) 7% das amostras apresentam concentrações de microorganismos acima do limite tolerado (1000 NMP/100ml); ii) não há nenhum padrão na dinâmica temporal de coliformes; iii) todos os pontos apresentaram alta variação em relação à média; iv) praias próximas a desembocaduras de rios têm maior frequência de concentrações elevadas de coliformes, especialmente no rio Potengi, com 25% das amostras acima de 1000 NMP/100ml; v) as relações entre precipitação pluviométrica e concentração de coliformes termotolerantes não são fortes ( $r < 0,369$ ), mas são significativas, sendo que as chuvas acumuladas entre um e três dias apresentam maiores valores do que entre cinco e sete dias; vi) o índice proposto (BALI) teve baixos valores apenas para a cidade do Natal e em geral também mostrou baixa correlação com as concentrações das bactérias analisadas. Nossa principal conclusão é que praias próximas a rios têm de ser evitadas pelos banhistas, além disso, há baixa frequência de contaminação das praias analisadas (<5% dos dias do ano). Mesmo assim, há deficiência em saneamento, e necessidade de adequação de resíduos sólidos, nas praias de Ponta Negra, Praia dos Artistas e Redinha (todas localizadas em Natal), o que garantiria maior segurança à saúde dos banhistas.

**Palavras-chave:** Balneabilidade. Qualidade da água. Índice. Turismo. Impacto Ambiental.

## **COLIFORMS THERMOTOLERANT' FREQUENCY IN RIO GRANDE DO NORTE STATE (BRAZIL)**

### **ABSTRACT**

Development of tourism in Brazil is related to natural resources and landscapes, including the Brazilian Northeast littoral beaches, where there is a huge concern about water quality for recreation (balneability). In Brazil, impacts on the coastal environments are caused by lack of basic sanitation and disordered land use, dispersing pollutants on the sea, affecting public health especially because thermotolerant coliforms spreading, the main indicators of balneability to beaches. In this work, we analyzed the dynamics of on the 48 beach spots of Rio Grande do Norte State (Brazil) between 2010 and 2016, proposing also a Balneability Index (BALI) that summarizes, based on visual and physical aspects, the beaches sanitary and environmental conditions. Results appointed that: i) 7% of the samplings has thermotolerant coliforms above to the maximum accepted limit (1000 NMP/100ml); ii) there is none pattern in coliforms temporal dynamic; iii) all the points have high variation in relation to mean values; iv) beaches close rivers' mouth have greater frequency of coliforms, especially in Potengi River which have, 25% of the samplings above accepted limit; v) correlations between precipitation and coliforms concentration are not high ( $r < 0,369$ ), nonetheless are significant; vi) the proposed index (BALI) had low values only for the Natal city and in general also it shows low correlation to coliforms concentrations. Our main conclusion is that beaches close rivers should be avoided. Moreover, it is necessary more investments on sanitation, inclusive waste care, especially in Ponta Negra, Praia dos Artistas e Redinha beaches (all in Natal City).

**Key Words:** Balneability. Water Quality. Index. Tourism. Environmental impact.

## INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas seis décadas, o turismo experimentou expansão e diversificação contínuas para se tornar um dos maiores setores econômicos, com alto crescimento no mundo (UNWTO, 2017). Esta atividade é, atualmente, uma das principais impulsionadoras do desenvolvimento socioeconômico, com criação de empregos e empresas, receitas de exportação e desenvolvimento de infraestrutura (Organização Mundial do Turismo, 2016).

No Brasil, as praias da região Nordeste tem sido o roteiro preferido de turistas brasileiros e internacionais, pois o lazer responde pela maior parte das visitas (57%), e o chamado turismo de “Sol e Praia” (69%) predomina como principal motivação de viagem para quem visita o Brasil (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2016).

De modo geral, essas atividades turísticas desenvolvem-se em áreas de preservação e ecologicamente frágeis, que ao sofrerem impactos em razão do uso e ocupação desordenados do solo e de deficiências existentes no sistema de saneamento básico, têm a qualidade de suas águas afetada, podendo causar danos à saúde dos banhistas.

Assim, por exemplo, o rápido e descontrolado desenvolvimento das áreas costeiras do Mediterrâneo, para acomodar o turismo em massa, resultou na deterioração da qualidade da água dos corpos d’água adjacentes, gerando níveis de poluição que vão de moderado a severo (Kamizoulis e Saliba, 2003). Também, na Praia da Curva da Jurema, em Vitória/ES (Brasil), detectou-se que as concentrações de coliformes termotolerantes apresentam valores maiores nos meses em que há um maior afluxo de turistas na região (Dalfior e Sant’Anna, 2004).

A qualidade dessas águas, destinadas à recreação de contato direto e prolongado (natação, mergulho, esqui-aquático, etc), é denominada balneabilidade (CETESB, 2017). Com a finalidade de verificá-la, a Resolução nº 274/2000, art. 2º, do CONAMA, orienta a realização de monitoramento quantitativo de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli spp.* ou enterococos encontrados por 100ml de água. Essa concentração de coliformes é o parâmetro indicador básico para a classificação das praias quanto a sua balneabilidade, em termos sanitários (CETESB, 2017), pois reflete o grau de mistura com águas residuais não tratadas (Lopez-Pila, 1998). Ambientes aquáticos com concentrações de coliformes termotolerantes acima de 1000 NMP/100ml já podem ser considerados perigosos a saúde humana.

Outra importante fonte reconhecida de contaminação microbiana para as águas superficiais é o escoamento das águas pluviais, que representa uma parcela importante da poluição nas águas costeiras. Normalmente, o início das chuvas é responsável pelo carreamento de contaminações difusas às praias (Arnold e Gibbons, 1996).

No entanto, em períodos mais extensos de chuvas, ao lavar as áreas impermeáveis da zona urbana, há uma queda na contaminação carregada, pois os contaminantes são “diluídos” antes de sua possível chegada aos corpos receptores de esgotos e de estações de tratamento de esgotos (Barros, 2015).

O regime de maré alta também atua aumentando as chances de poluição da zona costeira por coliformes termotolerantes (Vieira *et al.*, 2009). Já as correntes marítimas auxiliam na dispersão desses poluentes (Silva *et al.*, 2009), bem como os ventos, que ao formarem ondas, influenciam os processos de transporte e disseminação das bactérias no corpo hídrico (Kinzelman *et al.*, 2004).

Dada a complexidade dos fatores que definem o nível de poluição e a balneabilidade de uma praia, o uso de índices que resumem um maior conjunto de possíveis determinantes é algo útil, que pode auxiliar na definição de estratégias e políticas públicas a fim de solucionar essa problemática.

Nesse contexto, o objetivo desta dissertação foi entender a dinâmica de concentrações de coliformes termotolerantes nas praias do Rio Grande do Norte, no período de 2010 a 2016, e verificar a importância da influência das precipitações pluviométricas sobre esta dinâmica. Ainda, baseado em aspectos físicos visuais, foi proposto um índice (BALI) para quantificar as condições ambientais e sanitárias das praias aqui avaliadas.

## **METODOLOGIA**

### **Área de Estudo**

O Rio Grande do Norte possui mais de 400 km de faixa litorânea e cerca de 60 praias, que estão sob o clima subúmido, com precipitações anuais variando de 800 a 1.600 mm e com seu período chuvoso principal concentrado entre os meses de abril e julho (Pfaltzgraff e Torres, 2010).

### **Conjunto de Dados**

Neste trabalho, foram analisados dados de concentração de coliformes termotolerantes de 14 municípios da costa potiguar (48 pontos de monitoramento), compreendendo o período entre 2010 e 2016 (Tab. 1), cedidos pelo projeto “Estudo de Balneabilidade das praias do RN”, inserido no programa estadual Água Azul, executado conjuntamente pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) e pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN (IFRN).

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de água no RN com os respectivos períodos de monitoramento.

(continua)

| Município      | Estações de Coleta | Praia/Local da Coleta    | Coordenadas UTM |         | Amostras               | Período                |
|----------------|--------------------|--------------------------|-----------------|---------|------------------------|------------------------|
|                |                    |                          | Leste           | Norte   |                        |                        |
| Baía Formosa   | BF1                | Bacopari                 | 278798          | 9295440 | Semanal<br>(Dez a Fev) | 2010-2016              |
|                | BF2                | Porto                    | 277745          | 9295764 |                        |                        |
| Canguaretama   | CA1                | Barra do Cunhaú (Rio)    | 274328          | 9301748 | Semanal<br>(Dez a Fev) | 2010-2016              |
|                | CA2                | PuntoMacimo              | 275202          | 9302856 |                        |                        |
| Tibau do Sul   | TS1                | Sibaúma                  | 274818          | 9305194 | Semanal<br>(Dez a Fev) | 2010-2016              |
|                | TS2                | Pipa                     | 274510          | 9310168 |                        |                        |
|                | TS3                | Barra de Guaraíras       | 268317          | 9316107 |                        |                        |
| Ceará-Mirim    | CM1                | Jacumã                   | 253307          | 9381939 | Semanal<br>(Dez a Fev) | 2010-2016              |
|                | CM2                | Muriú                    | 251840          | 9384741 |                        |                        |
| Maxaranguape   | MX1                | Barra de Maxaranguape    | 249994          | 9389656 | Semanal<br>(Dez a Fev) | 2010-2016              |
|                | MX2                | Maracajaú                | 243993          | 9401273 |                        |                        |
| Nísia Floresta | NF1                | Tabatinga                | 267510          | 9328042 | Semanal<br>(Jan a Dez) | 2010-2016              |
|                | NF2                | Búzios (Rio Doce)        | 267511          | 9328038 |                        |                        |
|                | NF3                | Búzios (Barracas)        | 266395          | 9336092 |                        |                        |
|                | NF4                | Pirangi do Sul (Igreja)  | 265398          | 9337990 |                        | 2013-2016<br>2014-2016 |
|                | NF5                | Foz do Rio Pirangi       | 265090          | 9338200 |                        |                        |
|                | NF6                | Lagoa de Arituba         | 267070          | 9328000 |                        |                        |
| Parnamirim     | PAR1               | Rio Pium (Ponte Nova)    | 264611          | 9338124 | Semanal<br>(Jan a Dez) | 2010-2016              |
|                | PAR2               | Pirangi do Norte (APURN) | 264971          | 9338824 |                        |                        |

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de água no RN com os respectivos períodos de monitoramento.

(continuação)

| Município | Estações de Coleta | Praia/Local da Coleta           | Coordenadas UTM |         | Amostras            | Período   |
|-----------|--------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---------------------|-----------|
|           |                    |                                 | Leste           | Norte   |                     |           |
|           | PAR3               | Pirangi do Norte (Coqueiros)    | 264577          | 9339500 | Semanal (Jan a Dez) | 2010-2016 |
|           | PAR4               | Cotovelo (Barramares)           | 262422          | 9340384 |                     |           |
|           | PAR5               | Rio Pium (Balneário Pium)       | 260627          | 9341446 |                     |           |
| Natal     | PN1                | Ponta Negra (Morro do Careca)   | 260046          | 9349179 | Semanal (Jan a Dez) | 2010-2016 |
|           | PN2                | Ponta Negra (Descida principal) | 259680          | 9349347 |                     |           |
|           | PN3                | Ponta Negra (FreeWilly)         | 259152          | 9349887 |                     |           |
|           | PN4                | Ponta Negra (Final do Calçadão) | 258698          | 9350841 |                     |           |
|           | VC1                | Via Costeira (Cacimba do Boi)   | 258612          | 9351454 |                     |           |
|           | VC2                | Via Costeira (Barreira D'Água)  | 258376          | 9354778 |                     |           |
|           | PA1                | Mãe Luíza                       | 258458          | 9358850 |                     |           |
|           | PA2                | Miami (Relógio Solar)           | 257937          | 9359259 |                     |           |
|           | PA3                | Areia Preta (Praça da Jangada)  | 257590          | 9359784 |                     |           |
|           | PA4                | Artistas                        | 257182          | 9360452 |                     |           |
|           | PA5                | Meio (Iemanjá)                  | 256876          | 9361497 |                     |           |
|           | PA6                | Forte                           | 256678          | 9362510 |                     |           |
|           | RE1                | Redinha (Rio Potengi)           | 255996          | 9363613 |                     |           |
|           | RE2                | Redinha (Igreja)                | 256049          | 9363809 |                     |           |
|           | RE3                | Redinha (Barracas)              | 255859          | 9365009 |                     |           |
| Extremoz  | EX1                | Redinha Nova (Espigão)          | 255936          | 9365628 | Semanal (Jan a Dez) | 2010-2016 |
|           | EX2                | Redinha Nova (Tômbolo)          | 256257          | 9367460 |                     |           |
|           | EX3                | Genipabu (Barracas)             | 255707          | 9370202 |                     |           |
|           | EX4                | Barra do Rio (Cata-vento)       | 254248          | 9372516 |                     |           |
|           | EX5                | Graçandu (Barracas)             | 254441          | 9374320 |                     |           |
|           | EX6                | Pitanguí                        | 254206          | 9377110 |                     |           |
|           | EX7                | Lagoa de Pitanguí               | 253340          | 9375160 |                     | 2014-2016 |

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de água no RN com os respectivos períodos de monitoramento.

(conclusão)

| Município    | Estações de Coleta | Praia/Local da Coleta | Coordenadas UTM |         | Amostras            | Período   |
|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------|---------------------|-----------|
|              |                    |                       | Leste           | Norte   |                     |           |
| Touros       | TO1                | Touros                | 227623          | 9424782 | Semanal (Dez a Fev) | 2010-2016 |
| Macau        | MA1                | Camapum               | 95133           | 9436411 | Semanal (Dez a Fev) | 2010-2016 |
| Areia Branca | AB1                | Ponta do Mel          | 734632          | 9452798 | Semanal (Dez a Fev) | 2010-2016 |
|              | AB2                | Upanema               | 708763          | 9455062 |                     |           |
| Grossos      | GR1                | Pernambuquinho        | 703066          | 9454718 | Semanal (Dez a Fev) | 2010-2016 |
| Tibau        | TB1                | Manoelas              | 695316          | 9463016 | Semanal (Dez a Fev) | 2010-2016 |
|              | TB2                | Tibau                 | 694105          | 9465138 |                     |           |

Os dados diários de precipitação pluviométrica entre 2010 e 2016 foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária – EMPARN, para apenas três municípios: Natal, Parnamirim e Extremoz.

### **Análises Estatísticas**

A análise da frequência de valores de coliformes termotolerantes superiores ou iguais a 1000 NMP/100ml (valor considerado crítico pelo CONAMA), foi realizada com tabelas de contingência (Vieira, 2003). A estas tabelas, foi aplicado o teste de  $\chi^2$ , que compara as frequências observadas com as frequências esperadas (estimadas), sob a hipótese de independência.

Baseado neste  $\chi^2$ , calculou-se o coeficiente fi ( $\phi$ ), que tem a vantagem de não ser influenciado pelo tamanho da amostra.

$$\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}}$$

Sabendo que  $0 \leq \phi \leq 1$ , um valor pequeno de  $\phi$  indica pouca associação entre as variáveis em questão e um valor alto, grande associação (valores de  $\phi$  menores que 0,35 podem ser tomados como indicadores de pequena associação; Vieira, 2003).

O grau de associação espacial existente entre os pontos de coleta mais próximos entre si, ou de uma mesma praia, foi calculado utilizando-se do coeficiente de correlação não paramétrico de Spearman, pois o conjunto de dados tem enorme variação, inclusive com outliers, e não se ajusta a uma distribuição normal.

### **Precipitações Pluviométricas**

Para averiguar se a precipitação pluviométrica exerce influência sobre a dinâmica de coliformes termotolerantes, foram utilizadas regressões lineares e calculados os coeficientes de correlação de Pearson, apenas para os pontos de amostragem localizados na mesma sub-bacia do posto pluviométrico, nos municípios de Natal, Parnamirim e Extremoz. Os coeficientes de correlação foram estimados para precipitações acumuladas em um, dois, três, cinco e sete dias anteriores ao dia da coleta da concentração de coliformes termotolerantes. Para essas análises, foi utilizado o programa R Studio.

### **Índice de Balneabilidade**

O Índice de Balneabilidade (doravante chamado BALI) visa resumir as condições ambientais e sanitárias das praias e foi criado com base em características que, possivelmente, interferem na qualidade de suas águas. Foram consideradas as seguintes características físicas: presença de barracas, lixo, bares e restaurantes, hotéis, tubulações de esgoto/água, banheiros públicos e a proximidade com rios; e para cada característica foi atribuída uma pontuação (Tab. 2), sendo o valor de BALI maior para praias com melhor condição ambiental e sanitária.

Tabela 2. Pontuação atribuída às características ambientais/sanitárias para formação do Índice de Balneabilidade (BALI).

| <b>Características</b>             | <b>Pontuação</b> |        |       |
|------------------------------------|------------------|--------|-------|
| -                                  | Nenhum           | Pouco  | Muito |
| Presença de barracas               | 3                | 1      | 0     |
| Presença de lixo                   | 3                | 1      | 0     |
| Presença de bares/restaurantes     | 3                | 1      | 0     |
| Presença de hotéis                 | 3                | 1      | 0     |
| -                                  | Não existe       | Existe |       |
| Tubulações de água/esgoto próximas | 3                | 0      |       |
| Banheiros Públicos                 | 3                | 0      |       |
| -                                  | Não              | Sim    |       |
| Proximidade a rios                 | 3                | 1      |       |

Para transformar o somatório em um índice, variando de 0 a 1, foram realizados os seguintes cálculos:

$$p = \frac{\text{valor observado}}{\text{valor esperado}}, \text{ onde valor esperado} = 3 \cdot 8 = 24$$

$$BALI = \frac{p}{n}, \text{ onde } n = \text{n}^\circ \text{ de características}$$

Também foram calculados coeficientes de correlação de Spearman entre BALI e algumas medidas de concentrações de coliformes por ponto amostral: média, mediana, desvio padrão e frequência de concentração de coliformes superiores a 1000 NMP/100ml.

## RESULTADOS

Em geral, a frequência de amostras com valores superiores a 1000 NMP/100ml de água varia bastante, com um máximo de 16,85% no município de Parnamirim (Fig.1a). Na capital Natal, o ponto de maior frequência é na Foz do Rio Potengi (Fig.1b), com o valor mais alto encontrado no trabalho, 25%. É importante destacar que os valores de desvio padrão são bem maiores que suas respectivas médias (Tab.3), além do fato de que o número total de observações varia bastante entre pontos de coleta (Tab.3). Diferente desses municípios, aqueles localizados no litoral norte do Estado não apresentaram níveis de coliformes superiores ao limite considerado e por isso não foram destacados.

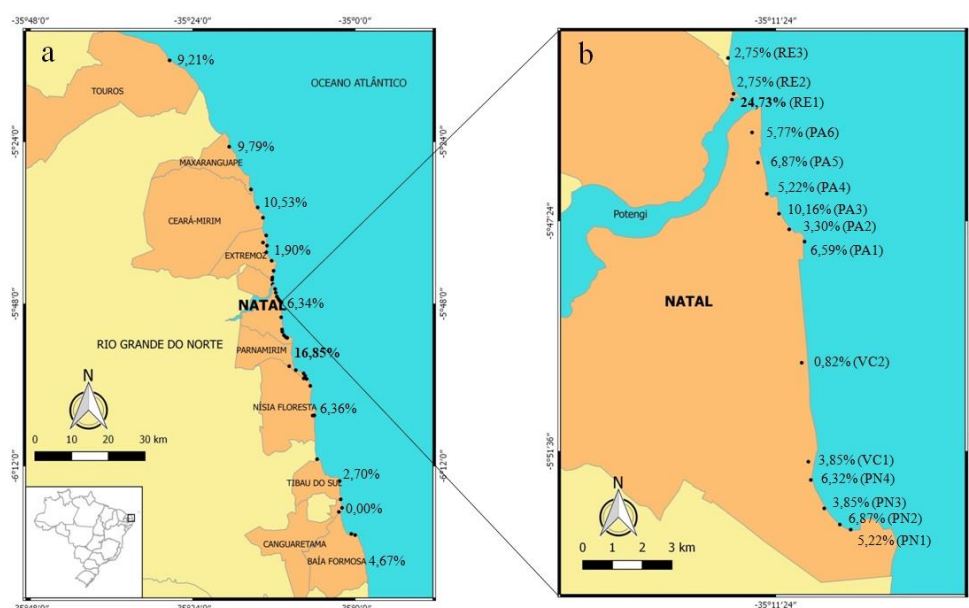


Figura 1. Pontos de amostragem de coliformes termotolerantes e suas respectivas frequências relativas (%) de valores superiores a 1000 NMP/100ml de água, durante o período entre 2010 e

2016, para: a) os diferentes municípios da costa potiguar e b) os pontos de monitoramento na cidade de Natal.

Tabela 3. Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) nos 10 municípios do Rio Grande do Norte que apresentaram microorganismos em valores superiores ao limite. Natal (capital) foi dividida em praias: Ponta Negra (PN), Via Costeira (VC), Praia dos Artistas (PA) e Redinha (RE).

| Município             | Ponto de Coleta | Nº de Observações | Média Aritmética | Desv.Pad. | Média Geométrica | Mín. | Máx.  |
|-----------------------|-----------------|-------------------|------------------|-----------|------------------|------|-------|
| <b>Natal</b>          | PN1             | 364               | 280,15           | 1113,91   | 43,41            | 2    | 16000 |
|                       | PN2             | 364               | 312,98           | 1071,28   | 54,16            | 2    | 16000 |
|                       | PN3             | 364               | 181,16           | 485,05    | 41,51            | 2    | 3500  |
|                       | PN4             | 364               | 210,25           | 622,72    | 27,05            | 2    | 5400  |
|                       | VC1             | 364               | 151,87           | 456,20    | 22,89            | 2    | 3500  |
|                       | VC2             | 364               | 54,68            | 260,24    | 8,22             | 2    | 3500  |
|                       | PA1             | 364               | 269,77           | 1106,64   | 13,26            | 2    | 16000 |
|                       | PA2             | 364               | 127,46           | 486,04    | 11,41            | 2    | 3500  |
|                       | PA3             | 364               | 429,72           | 1332,70   | 34,06            | 2    | 16000 |
|                       | PA4             | 364               | 235,74           | 849,66    | 27,71            | 2    | 9200  |
|                       | PA5             | 364               | 741,76           | 5460,95   | 27,20            | 2    | 92000 |
|                       | PA6             | 364               | 197,33           | 584,93    | 22,52            | 2    | 5400  |
|                       | RE1             | 364               | 912,53           | 1547,05   | 301,83           | 2    | 16000 |
|                       | RE2             | 364               | 167,26           | 457,65    | 35,17            | 2    | 3500  |
|                       | RE3             | 364               | 144,89           | 445,49    | 22,30            | 2    | 3500  |
| <b>Baía Formosa</b>   |                 | 150               | 171,74           | 578,82    | 17,12            | 2    | 5400  |
| <b>Canguaretama</b>   |                 | 150               | 57,22            | 138,79    | 13,61            | 1    | 920   |
| <b>Ceará-Mirim</b>    |                 | 152               | 720,51           | 3045,16   | 46,02            | 2    | 2400  |
| <b>Extremoz</b>       |                 | 2312              | 119,62           | 362,07    | 16,73            | 2    | 9200  |
| <b>Maxaranguape</b>   |                 | 151               | 438,17           | 1192,35   | 70,24            | 2    | 9200  |
| <b>Nísia Floresta</b> |                 | 1762              | 391,21           | 1995,67   | 18,71            | 2    | 54000 |
| <b>Parnamirim</b>     |                 | 1786              | 633,90           | 1573,73   | 128,92           | 2    | 35000 |
| <b>Tibau do Sul</b>   |                 | 222               | 152,27           | 334,07    | 30,28            | 2    | 2400  |
| <b>Touros</b>         |                 | 76                | 404,21           | 1081,42   | 35,52            | 2    | 5400  |

A relação espacial entre os pontos de coleta e o seu grau de associação com as concentrações de coliformes termotolerantes foram significativas para quase todos os municípios, com exceção de Baía Formosa, Ceará-Mirim e Maxaranguape (Tab. 4). No que diz respeito ao município de Natal (RN), esta associação foi forte, especialmente, para a praia da Redinha (Tab. 5).

Tabela 4. Frequência de valores maiores que 1000 NMP/100ml de água em relação ao número total amostrado para os municípios do RN, com os respectivos valores de  $\chi^2$  e  $\phi$  (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

| <b>Município</b> | <b>Nº de pontos de coleta</b> | $\frac{N^\circ \geq 1000}{Total}$ | $\chi^2$ | $\phi$ |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------|--------|
| Natal            | 15                            | 346/5460                          | 266,19** | 0,22   |
| Baía Formosa     | 2                             | 7/150                             | 0,15     | 0,03   |
| Canguaretama     | 2                             | 0/150                             | -        | -      |
| Ceará-Mirim      | 2                             | 16/152                            | 13,69    | 0,30   |
| Extremoz         | 7                             | 44/2312                           | 23,04**  | 0,10   |
| Maxaranguape     | 2                             | 14/151                            | 1,32     | 0,09   |
| Nísia Floresta   | 6                             | 112/1762                          | 383,99** | 0,47   |
| Parnamirim       | 5                             | 301/1786                          | 297,95** | 0,41   |
| Tibau do Sul     | 3                             | 6/222                             | 7,19*    | 0,18   |
| Touros           | 1                             | 7/76                              | -        | -      |

Tabela 5. Frequência de valores maiores que 1000 NMP/100ml de água em relação ao número total amostrado para as principais praias de Natal (RN), com os respectivos valores de  $\chi^2$  e  $\phi$  para as praias de Natal-RN (\*\* $p < 0,01$ ).

| <b>Praia</b>       | <b>Nº de pontos de coleta</b> | $\frac{N^\circ \geq 1000}{Total}$ | <b>Ponto de Coleta</b> |        |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------|
|                    |                               |                                   | $\chi^2$               | $\phi$ |
| Ponta Negra        | 4                             | 81/1456                           | 3,7                    | 0,05   |
| Redinha            | 3                             | 110/1092                          | 129,40**               | 0,34   |
| Praia dos Artistas | 6                             | 138/2184                          | 15,87**                | 0,09   |
| Via Costeira       | 2                             | 17/728                            | 7,29**                 | 0,10   |

A correlação dos valores de coliformes termotolerantes, entre os pontos de coleta, é maior entre os pontos localizados em uma mesma praia e aqueles mais próximos espacialmente (Tab.6; veja pontos na Fig.1b).

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Spearman entre os pontos localizados na praia dos Artistas (Natal-RN, Fig.1b) para o período entre 2010 e 2016. Todos os valores são significativos ( $p < 0,0001$ ).

| Pontos de Coleta | PA1   | PA2   | PA3   | PA4   | PA5   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PA2              | 0,536 |       |       |       |       |
| PA3              | 0,434 | 0,502 |       |       |       |
| PA4              | 0,383 | 0,430 | 0,460 |       |       |
| PA5              | 0,337 | 0,381 | 0,416 | 0,437 |       |
| PA6              | 0,324 | 0,321 | 0,427 | 0,383 | 0,456 |

A correlação existente entre os dois pontos localizados na Via Costeira (VC1 e VC2) foi baixa ( $r = 0,358$ ), mas significativa ( $p < 0,0001$ ). Na praia da Redinha, também foram encontrados valores de correlação de Spearman significativos entre os pontos RE3 e RE2,  $r_s = 0,558$ , RE3 e RE1,  $r_s = 0,374$  e RE2 e RE1,  $r_s = 0,442$  (pontos em Fig.1b).

A praia de Ponta Negra (PN), cartão postal do Estado, apresenta correlação positiva e significativa entre os seus quatro pontos de monitoramento (Tab. 7).

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Spearman entre os pontos localizados na praia de Ponta Negra (Natal-RN) para o período entre 2010 e 2016. Todos os valores são significativos ( $p < 0,0001$ ).

| Pontos de Coleta | PN1   | PN2   | PN3   |
|------------------|-------|-------|-------|
| PN2              | 0,501 |       |       |
| PN3              | 0,353 | 0,540 |       |
| PN4              | 0,247 | 0,367 | 0,488 |

Parece não existir nenhuma tendência clara na variação das concentrações de coliformes termotolerantes, mesmo quando são retirados os valores superiores a 2000 NMP/100ml (Fig. 2).

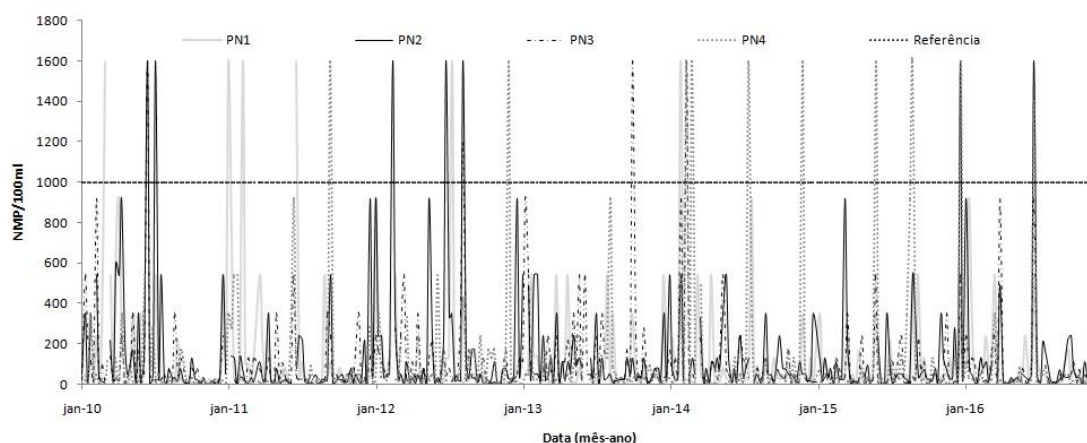


Figura 2. Série temporal de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) entre 2010 e 2016 em quatro pontos de coleta da praia de Ponta Negra, Natal/RN. Todos os valores acima de 2000 NMP/100ml foram retirados da série.

Ao verificar a correlação existente entre as concentrações de coliformes e as precipitações acumuladas, todos os valores obtidos foram baixos (Tabs. 8, 9 e 10).

Os coeficientes angulares das regressões lineares, apesar de significativos em sua maioria, são também baixos, e as regressões pouco explicam a dependência dos valores de coliformes em relação às precipitações. Apesar disto, é possível notar que a chuva acumulada entre um e três dias deve ter maior influência sobre os valores de coliformes do que as de cinco ou sete dias (ver valores de “b”, nas Tabs. 8, 9 e 10).

Tabela 8. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dia antes da coleta de coliformes, em Natal/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).

(continua)

| Ponto de Coleta | X      | a      | b     | p      | $R^2$  | N   | r     |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|-----|-------|
| RE1             | 7 dias | 635,20 | 9,47  | 0,0000 | 0,0741 | 358 | 0,272 |
|                 | 5 dias | 651,30 | 12,32 | 0,0000 | 0,0895 | 358 | 0,299 |
|                 | 3 dias | 717,45 | 15,35 | 0,0000 | 0,0594 | 358 | 0,244 |
|                 | 2 dias | 750,79 | 18,89 | 0,0000 | 0,0569 | 357 | 0,238 |
|                 | 1 dia  | 789,96 | 31,55 | 0,0000 | 0,0573 | 357 | 0,239 |
| RE2             | 7 dias | 115,88 | 1,55  | 0,0031 | 0,0243 | 358 | 0,156 |
|                 | 5 dias | 125,30 | 1,71  | 0,0059 | 0,0211 | 358 | 0,145 |
|                 | 3 dias | 123,09 | 2,99  | 0,0016 | 0,0275 | 358 | 0,166 |

Tabela 8. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dia antes da coleta de coliformes, em Natal/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).

(conclusão)

| Ponto de Coleta | X      | a      | b    | p      | $R^2$  | N   | r     |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------|-----|-------|
| RE2             | 2 dias | 146,32 | 1,84 | 0,1255 | 0,0066 | 357 | 0,081 |
|                 | 1 dia  | 152,94 | 2,42 | 0,2274 | 0,0041 | 357 | 0,064 |
| RE3             | 7 dias | 76,08  | 2,32 | 0,0000 | 0,0534 | 358 | 0,231 |
|                 | 5 dias | 84,69  | 2,80 | 0,0000 | 0,0558 | 358 | 0,236 |
|                 | 3 dias | 98,48  | 3,58 | 0,0002 | 0,0390 | 358 | 0,198 |
|                 | 2 dias | 122,94 | 2,58 | 0,0330 | 0,0127 | 357 | 0,113 |
|                 | 1 dia  | 134,62 | 2,81 | 0,1626 | 0,0055 | 357 | 0,074 |

Tabela 9. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dia antes da coleta de coliformes, em Parnamirim/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).

| Ponto de Coleta | X      | a       | b     | p      | $R^2$     | N   | r     |
|-----------------|--------|---------|-------|--------|-----------|-----|-------|
| PAR1            | 7 dias | 908,46  | 10,80 | 0,0013 | 0,0287    | 357 | 0,169 |
|                 | 5 dias | 890,40  | 15,94 | 0,0000 | 0,0435    | 357 | 0,209 |
|                 | 3 dias | 841,06  | 30,36 | 0,0000 | 0,0681    | 357 | 0,261 |
|                 | 2 dias | 1153,11 | 4,39  | 0,6089 | 0,0008512 | 357 | 0,345 |
|                 | 1 dia  | 897,56  | 81,91 | 0,0000 | 0,1293    | 357 | 0,36  |
| PAR2            | 7 dias | 287,92  | 4,09  | 0,0000 | 0,0521    | 357 | 0,228 |
|                 | 5 dias | 291,99  | 5,46  | 0,0000 | 0,0647    | 357 | 0,254 |
|                 | 3 dias | 277,22  | 10,21 | 0,0000 | 0,0977    | 357 | 0,313 |
|                 | 2 dias | 400,65  | 0,46  | 0,8489 | 0,0001    | 357 | 0,341 |
|                 | 1 dia  | 340,37  | 15,36 | 0,0000 | 0,0578    | 357 | 0,24  |
| PAR3            | 7 dias | 157,61  | 1,72  | 0,0010 | 0,0302    | 357 | 0,174 |
|                 | 5 dias | 169,28  | 1,77  | 0,0047 | 0,0222    | 357 | 0,149 |
|                 | 3 dias | 160,18  | 3,69  | 0,0001 | 0,0416    | 357 | 0,204 |
|                 | 2 dias | 214,12  | -1,45 | 0,2510 | 0,0043    | 357 | 0,273 |
|                 | 1 dia  | 175,15  | 7,74  | 0,0000 | 0,0479    | 357 | 0,219 |
| PAR4            | 7 dias | 76,74   | 0,16  | 0,7455 | 0,0003    | 357 | 0,017 |
|                 | 5 dias | 72,39   | 0,45  | 0,4448 | 0,0016    | 357 | 0,041 |
|                 | 3 dias | 64,11   | 1,46  | 0,1057 | 0,0073    | 357 | 0,086 |
|                 | 2 dias | 87,47   | -1,29 | 0,2984 | 0,0035    | 357 | 0,144 |
|                 | 1 dia  | 69,23   | 3,28  | 0,0636 | 0,0097    | 357 | 0,098 |
| PAR5            | 7 dias | 1116,24 | 6,64  | 0,0087 | 0,0192    | 357 | 0,138 |
|                 | 5 dias | 1110,31 | 9,54  | 0,0017 | 0,0275    | 357 | 0,166 |
|                 | 3 dias | 1044,81 | 21,28 | 0,0000 | 0,0590    | 357 | 0,244 |
|                 | 2 dias | 1282,06 | 0,63  | 0,9224 | 0,0000    | 357 | 0,369 |
|                 | 1 dia  | 1102,62 | 52,73 | 0,0000 | 0,0947    | 357 | 0,308 |

Tabela 10. Valores dos coeficientes de regressão linear (a e b), significância da regressão (p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de correlação de Pearson (r) entre coliformes e precipitações acumuladas em 7, 5, 3, 2 e 1 dia antes da coleta de coliformes, em Extremoz/RN, entre 2010 e 2016 (N: total da amostra).

| Ponto de Coleta | X      | a      | b     | p      | $R^2$  | N   | r      |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|-----|--------|
| EX1             | 7 dias | 136,04 | 1,85  | 0,0604 | 0,0099 | 334 | 0,306  |
|                 | 5 dias | 142,63 | 1,88  | 0,0936 | 0,0079 | 334 | 0,276  |
|                 | 3 dias | 162,70 | 1,48  | 0,3350 | 0,0026 | 334 | 0,188  |
|                 | 2 dias | 90,58  | 3,57  | 0,0009 | 0,0355 | 310 | 0,188  |
|                 | 1 dia  | 103,81 | 3,35  | 0,0555 | 0,0116 | 318 | 0,108  |
| EX2             | 7 dias | 44,39  | 0,83  | 0,0423 | 0,0124 | 334 | 0,111  |
|                 | 5 dias | 51,65  | 0,63  | 0,1736 | 0,0056 | 334 | 0,075  |
|                 | 3 dias | 60,00  | 0,38  | 0,5500 | 0,0011 | 334 | 0,033  |
|                 | 2 dias | 65,52  | 0,40  | 0,6432 | 0,0007 | 310 | 0,026  |
|                 | 1 dia  | 68,25  | -0,28 | 0,8408 | 0,0404 | 318 | -0,011 |
| EX3             | 7 dias | 41,58  | 0,62  | 0,1431 | 0,0064 | 334 | 0,08   |
|                 | 5 dias | 43,01  | 0,67  | 0,1613 | 0,0059 | 334 | 0,077  |
|                 | 3 dias | 51,18  | 0,46  | 0,4784 | 0,0015 | 334 | 0,039  |
|                 | 2 dias | 53,00  | 0,79  | 0,3742 | 0,7921 | 310 | 0,051  |
|                 | 1 dia  | 52,65  | 1,57  | 0,2763 | 0,0038 | 318 | 0,061  |

Em Natal, os índices de balneabilidade (BALI) variaram de 0,29 a 0,92 (Fig. 3a). Já nos municípios de Nísia Floresta (Fig. 3b), Parnamirim (Fig. 3c) e Extremoz (Fig. 3d), os índices foram relativamente bons, todos superiores a 0,50.

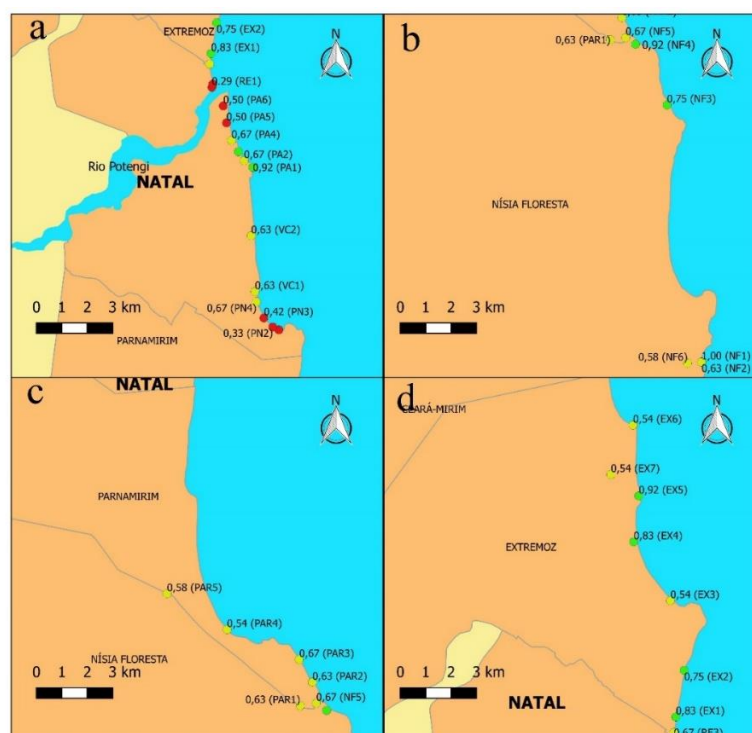


Figura 3. Índices de Balneabilidade (BALI) dos pontos de monitoramento para: a) a capital Natal, b) Nísia Floresta, c) Parnamirim e d) Extremoz. Em vermelho, os pontos com piores condições

ambientais e sanitárias (valor  $\leq 0,50$ ); em amarelo, os que merecem atenção ( $0,50 < \text{valor} \leq 0,70$ ) e, em verde, os pontos com melhor situação para atividades de recreação (valor  $> 0,70$ ).

Considerando que o BALI mede, de forma quantitativa, a qualidade da água, e que quanto maior o índice, melhor a qualidade da água, verificou-se a existência de correlações negativas entre esse índice e algumas variáveis ligadas à concentração de coliformes termotolerantes (Tab. 11), porém os valores são baixos, especialmente, quando os pontos estão próximos a rios.

Tabela 11: Coeficientes de correlação de Spearman entre o índice BALI (veja texto) e a média aritmética de coliformes, a mediana, o desvio padrão e a frequência de ocorrências de concentrações de coliformes superiores a 1000 NMP/100ml. A correlação foi feita considerando ou não os pontos próximos aos rios.

| -        |             | MÉDIA DE COLIF. | MEDIANA | DESV. PAD. | FREQ>1000 |
|----------|-------------|-----------------|---------|------------|-----------|
| Com Rios | <b>BALI</b> | -0,196          | -0,150  | -0,181     | -0,190    |
| Sem Rios | <b>BALI</b> | -0,212          | -0,227  | -0,213     | -0,098    |

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram uma alta variação nos valores de concentrações de coliformes termotolerantes, para todos os pontos de coleta, entre o período de 2010 e 2016. No total, cerca de 7% das amostragens apresentam concentrações acima do valor máximo tolerado (1000 NMP/100ml), e as praias próximas a rios, conforme esperávamos, sugerem a ocorrência de lançamento de esgoto em seu curso, pela alta frequência de valores de coliformes acima do limite. Praias próximas a rios também apresentaram maiores concentrações de indicadores de bactéria de origem fecal do que as praias distantes de rios, na Flórida, EUA (Donahue et al., 2017).

Apesar de existir, entre os pontos mais próximos, especialmente para a praia de Ponta Negra (cartão postal da capital), similaridade no comportamento das concentrações de coliformes, não foi possível identificar um padrão claro que explique a dinâmica temporal de coliformes termotolerantes durante o período avaliado; e, quando analisados ponto a ponto, também não são encontradas tendências sazonais, ou ainda valores maiores em meses ou períodos específicos (como os meses de férias, em que se espera maior número de banhistas e, por isto, maiores níveis de poluição). Resultados similares

ocorrem na Índia (rio Yamuna), onde as concentrações de poluentes nos meses de verão não divergem muito dos meses de inverno (Mandal et al., 2009).

No caso da relação com as precipitações pluviométricas acumuladas, percebe-se que há maior influência do total precipitado durante os três dias anteriores à coleta de água, mas essa correlação ainda é pequena. Em Taiwan (praia de Chi-Ting), a precipitação parece afetar a qualidade das águas das praias rapidamente, com efeito persistindo por um a três dias, em decorrência do escoamento de resíduos domésticos, rejeitos de animais e de pastagens agrícolas (Hsu e Huang, 2008) com relações mais fortes que nosso trabalho.

Níveis de coliformes termotolerantes estão também positivamente associados com a precipitação, em praias norte-americanas, mas as concentrações elevadas de coliformes termotolerantes na ausência de chuvas, também indicam outros modos de contaminação, como a existência de falhas no sistema de esgotamento sanitário (Cahoon et al, 2016).

A implantação de um sistema de esgotamento sanitário também reduziu os níveis de coliformes termotolerantes no Mar Egeu Oriental (Kacar e Gungor, 2009). A cidade do Natal (RN) é considerada a primeira “100% saneada” do Brasil (CAERN, 2018), título que não condiz com a realidade prática, mas, de qualquer forma, a baixa frequência de valores termotolerantes nas praias não nos parece alta (em torno de 5% dos dias). No entanto, pontos próximos a rios continuam sendo classificados como impróprios para banhistas (IDEMA, 2018), o que também foi constatado aqui.

O aumento da população humana residente na zona costeira, da densidade populacional e da porcentagem de área urbanizada causam um aumento nas cargas de coliformes termotolerantes (Garbossa et al., 2017), mas a série temporal usada neste trabalho, não nos permite afirmar isto.

A geomorfologia do litoral influencia, em alguns casos, a concentração de bactérias indicadoras fecais, pois praias mais fechadas, próximas a mangues ou dentro de baías, apresentam maiores concentrações do que aquelas localizadas em costa aberta (Donahue et al., 2017). No entanto, as praias aqui analisadas, do Estado do RN (Fig. 1), apresentam geomorfologia similares e são dispostas de maneira bastante linear em relação ao mar, contribuindo para que a dinâmica de coliformes não possa ser explicada por esse atributo físico.

Estudos realizados em Istambul mostram que o lançamento de descargas no fundo do mar, associado a ação de correntes marítimas, contribuem para a diluição das concentrações de coliformes de forma positiva, proporcionando aos locais costeiros a redução dos níveis microbiológicos (Aydinol et al., 2012).

Um índice é um valor que tenta resumir várias informações, bastante utilizado em problemas de causas múltiplas e talvez aditivas. Nosso índice BALI foi inferior a 0,7 em mais de 70% dos pontos analisados, mas foi especialmente baixo ( $< 0,5$ ) em Natal (condição que merece atenção). Isso ocorreu principalmente devido a presença de lixo, barracas, vazamentos e ligações clandestinas em tubulações de esgoto e/ou águas pluviais, restaurantes e bares na beira-mar. Ainda assim, BALI não se correlacionou com os valores de coliformes como era esperado. Neste sentido, Cahoon et al (2016) é categórico ao dizer que a qualidade das águas costeiras é resultado de um grande número de fatores, o que dificulta a compreensão da dinâmica dos coliformes com outras variáveis possivelmente associadas.

## CONCLUSÃO

Nossos resultados mostraram que não há nenhum padrão detectável na dinâmica de coliformes termotolerantes nas praias do RN. Sabemos que as praias próximas a rios têm valores de concentração de coliformes acima do normal com maior frequência, e isso se deve ao fato dos rios direcionarem às praias o esgoto coletado, resíduos sólidos e águas pluviais de toda a bacia hidrográfica. Apesar disso, não é possível afirmar que estes valores indicativos de contaminação da água aumentam por causa da chuva. O interessante deste resultado é notar que as praias do RN, com exceção daquelas próximas a desembocaduras de rios, são seguras para o turismo que desfruta da balneabilidade, ao menos em relação à sua principal variável, os coliformes termotolerantes. De qualquer forma, a presença de resíduos e de tubulações de águas pluviais ou residuais nas praias foi notada especialmente nas praias de Natal (RN) e isso pode ser um problema para a crescente indústria do turismo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, C.L.; GIBBONS, C.J. (1996). “Cobertura de superfície impermeável: o surgimento de um indicador ambiental chave”. Amer. Planejamento. Assn. J., 62: 243-258.
- AYDINOL, F. I. T.; KANAT, G.; BAYHAN H. (2012). Sea water quality assessment of Prince Islands’ Beaches in Istanbul. Environ Monit Assess (2012) 184:149–160.
- Balneabilidade. Praias 2017. Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidade/>>. Acesso em: 21/10/2017.
- BARROS, D. J.; MARQUES, A. K.; MORAIS, P. B. (2015). “Avaliação ambiental com base em indicador microbiológico de balneabilidade no município de Palmas-TO”. J. Bioen. FoodSci., v. 2, n.4: p.172-177.
- BRASIL, EMBRATUR; FIPE. Estudo da Demanda Turística Internacional 2016. Brasil, Julho/2017. Disponível em <<http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/>>. Acesso em: 21/10/2017.
- CAHOON, L. B.; HALES, J. C. (2016). Multiple modes of water quality impairment by fecal contamination in a rapidly developing coastal area: southwest Brunswick County, North Carolina. Environ Monit Assess (2016) 188: 89.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RN - CAERN. (2018). Diretor da Caern: “Natal é a primeira cidade 100% saneada do país”. Disponível em: <http://www.potiguarnoticias.com.br/>. Acesso em: 04/03/2019.
- DALFIOR, J. S; SANT’ ANNA, R. O. (2004). “Variabilidade da Concentração de Coliformes Fecais na Praia da Curva da Jurema”. Monografia (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental) Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (CEFETES), Vitória.
- DONAHUE, A.; FENG, ZHIXUAN; KELLY, E.; RENIERS, A.; SOLO-GABRIELE, H. M. (2017). Significance of beach geomorphology on fecal indicator bacteria levels. Marine Pollution Bulletin. 121 (2017) 160–167.

- GARBOSSA, L. H. P.; SOUZA, R.V.; CAMPOS, C. J. A.; VANZ A.; VIANNA L. F. N.; RUPP G. S. (2017). Thermotolerant coliform loadings to coastal areas of Santa Catarina (Brazil) evidence the effect of growing urbanisation and insufficient provision of sewerage infrastructure. *Environ Monit Assess* (2017) 189: 27.
- HSU, B.; HUANG, Y. (2008). Intensive water quality monitoring in a Taiwan bathing beach. *Environ Monit Assess* (2008) 144:463–468.
- IDEMA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. Boletins de Balneabilidade 2019. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 04/03/2019.
- KACAR, A.; GUNGOR F. (2010). Comparison of fecal coliform bacteria before and after wastewater treatment plant in the Izmir Bay (Eastern Aegean Sea). *Environ Monit Assess* (2010) 162:355–363.
- KAMIZOULIS, GEORGE; SALIBA, LOUIS. (2003). “Development of coastal recreational water quality standards in the Mediterranean”. *Environmental international*. Greece, 30, 841-854.
- KINZELMAN, J.; MCLELLAN, S. L.; DANIELS, A. D.; CASHIN, S.; SINGH, A.; GRADUS, S.; BAGLEY, R. (2004). “Non-point source pollution: Determination os replication versus persistence os *Escherichia coli* in surface water and sediments with correlation of levels to readily measurable environmental parameters”. *Journal of Waterand Health*, v. 2, n. 2, p. 103-114.
- LOPEZ-PILA, J. M. (1998). “Some economic and political consequences of pathogens in land and coastal waters”. *Europ. Water Manage.* 1, 70–77.
- MANDAL, P.; UPADHYAY, R.; HASAN, A. (2010). Seasonal and spatial variation of Yamuna River water quality in Delhi, India. *Environ Monit Assess* (2010) 170:661–670.
- PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (2010). GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE: LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE. Recife: CPRM, 2010. 97p. Disponível em [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br). Acesso em 11/02/2019.
- SILVA, A.C; PINHEIRO, L. S.; MAIA, L. P.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. Estudo Hidrodinâmico, Climático e Bacteriológico Associado às Fontes Pontuais

de Poluição ao Longo do Litoral de Fortaleza. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 14, n.2, Abr/Jun 2009, 83-90.

- VIEIRA, SONIA. (2003). Bioestatística: tópicos avançados. Rio de Janeiro: Campus.
- VIEIRA, R. H. S. F., CATTER, K. M., SAKER-SAMPAIO, S., RODRIGUES, D. P., THEOPHILO, G. N. D. & FONTELES-FILHO, A. A. (2009). “Specificity of a defined substrate method used to monitor balneability of tropical coastal Waters impacted by polluted stormwater”. Journal of Water and Health, 08.3, 543–549, Mar/ 2010.
- World Tourism Organization (UNWTO) (2017). Tourism Highlights – 2017 Edition. UNWTO, Madrid, Spain.
- World Tourism Organization (UNWTO). (2016). “Tourism Highlights – 2016 Edition”. UNWTO, Madrid, Spain.