

VI-085 - BALNEABILIDADE DAS PRAIAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL NO BIÊNIO 2017-2018: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA E CLASSIFICAÇÃO

Sérgio Luiz Macêdo⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Mestre e Especialista em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Técnico do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN - IDEMA. Natal - RN, Brasil.

Ronaldo Fernandes Diniz

Doutor em Geologia Sedimentar pela Universidade Federal da Bahia-UFBA, Mestre em Geociências pela École Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection de Nancy (França), Geólogo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Professor da Área de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN.

Marcus Alexandre Nunes

Bacharel em Matemática Aplicada e Computacional (UFRGS), Mestre em Matemática Pura (UFRGS) e Doutor em Estatística pela Pennsylvania State University (US). Professor do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

André Luís Calado Araújo

Engenheiro Civil (UFPA), Mestre em Engenharia Sanitária (UFPB) e Doutor em Engenharia Sanitária pela University of Leeds (UK). Professor da Diretoria de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – PPgES/UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Parambu, 62, Pitimbu, Natal-RN, 59068-620. E-mail: sergiomacedoidema@gmail.com

RESUMO

Desde 2001 as praias da região metropolitana de Natal vêm sendo continuamente avaliadas quanto as suas condições para balneabilidade, sendo os resultados divulgados semanalmente para a população. Este trabalho apresenta os resultados do monitoramento em 33 pontos de coleta distribuídos ao longo da região metropolitana de Natal-RN, compreendendo os municípios de Nísia Floresta (6 pontos), Parnamirim (5 pontos), Natal (15 pontos) e Extremoz (7 pontos) entre os anos de 2017-2018. Semanalmente as amostras são coletadas seguindo todas as determinações da Resolução CONAMA 274 (2000) e encaminhadas ao laboratório para a determinação das concentrações de coliformes fecais (termotolerantes). Como os resultados não apresentam distribuição normal, a concentração mediana foi adotada como medida de tendência central. Os resultados indicaram que a grande maioria dos pontos monitorados apresentaram medianas inferiores a 100 NMP/100 ml sendo predominantemente classificados como Próprios na sub-classe EXCELENTE. Em quatro pontos foram observados resultados completamente diferentes dos demais, com medianas bem superiores e enquadramentos como Próprios variando entre 40 e 68% do período avaliado. Os pontos com qualidade inferior estão localizados em rios ou estuários e por serem aqueles em que os riscos de contaminação são mais elevados, devem ser os mais priorizados em relação a divulgação aos usuários

PALAVRAS-CHAVE: Balneabilidade, poluição costeira, praias, qualidade ambiental.

INTRODUÇÃO

Planos de monitoramento ambiental são excelentes ferramentas de gestão pois, além de fornecer o conhecimento do estado atual dos ambientes monitorados, permitem a tomada de ações preventivas e corretivas com vistas a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população. Particularmente em regiões costeiras o monitoramento da qualidade das praias pode ser destacado como um dos mais importantes, pois são os locais de lazer geralmente mais utilizados pela população. No estado do Rio Grande do Norte a balneabilidade das praias é avaliada de forma contínua, desde 2001, e atualmente são monitorados semanalmente 33 pontos de coletas localizados em diferentes praias da região metropolitana de Natal. Nos períodos de veraneio (dezembro-fevereiro) o monitoramento é realizado em toda a costa do Estado abrangendo 50 pontos de monitoramento.

O Programa de monitoramento de balneabilidade das praias, desde o início, vem sendo operacionalizado através de uma parceria entre o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN – IDEMA e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN – IFRN, sendo financiado 100 % pelo primeiro. Inicialmente, esse monitoramento tinha o nome de Programa Água Viva, e a partir de 2008 foi absorvido pelo Programa Água Azul que constitui uma rede compartilhada de monitoramento de qualidade das águas no Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo o monitoramento das águas superficiais, águas subterrâneas e a balneabilidade das praias, cuja operação se dá através de um Convênio entre o IDEMA e várias Instituições.

Segundo as resoluções do CONAMA, as águas destinadas à recreação de contato primário, podem ser classificadas nas categorias EXCELENTE (máximo de 250 coliformes termotolerante em 80% ou mais das amostras*), MUITO BOA (máximo de 500 coliformes termotolerante em 80% ou mais das amostras*), SATISFATÓRIA (máximo de 1000 coliformes termotolerante em 80% ou mais das amostras*) ou IMPRÓPRIA (Acima de 1000 em mais de 20% das amostras*), sendo as três primeiras denominadas como PRÓPRIA (* amostras coletadas nas cinco semanas anteriores).

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a avaliação estatística e a classificação para balneabilidade nas praias da região metropolitana de Natal durante o biênio 2017-2018.

METODOLOGIA

O trabalho apresenta as condições de balneabilidade em 33 estações de monitoramento na região metropolitana de Natal (Tabela 1 e Figura 1) durante dois anos de monitoramento (2017-2018) compreendendo os municípios de Nízia Floresta (NF1 a NF6), Parnamirim (PA1 a PA5), Natal (NA1 a NA15) e Extremoz (EX1 a EX7).

Os pontos de amostragens foram pré-determinados em função da frequência de banhistas e proximidade de possíveis focos de contaminação tais como redes de drenagem urbana, estações elevatórias de esgotos, lançamentos clandestinos de efluentes, rios e estuários. Anualmente são realizadas vistorias ao longo de toda a costa com o intuito de confirmar a localização dos pontos de coleta. Cada ponto é identificado através de suas coordenadas geográficas com uso de GPS para a confecção de mapas (como por exemplo na Figura 1). As informações são disponibilizadas através da internet (em site específico) e em placas posicionadas nas proximidades dos pontos de coleta que indicam se os mesmos estão próprios ou impróprios para banho.

As coletas de amostras foram realizadas semanalmente (lâmina d'água média de 1,0 m / marés baixas / tomadas na profundidade de 30 cm abaixo da superfície da água / preservadas em recipiente com gelo). As análises de coliformes termotolerantes são realizadas através da técnica dos tubos múltiplos, em meio de cultura apropriado para água salina (APHA, et al., 1998).

A avaliação estatística foi feita inicialmente através da verificação da normalidade dos dados através de histogramas e testes de Shapiro-Wilk (Shapiro e Wilk, 1965). A estatística descritiva foi realizada para a identificação dos valores de tendência central (média, mediana), dispersão (desvio padrão) e amplitude (mínimo e máximo) tanto para os dados brutos quanto para os dados após transformação logarítmica, conforme recomendação da WHO (2003). Anova seguida pelo teste de Tukey foi adotada para verificar as diferenças significativas das médias de coliformes entre as estações. Todos os testes foram realizados com um nível de significância de 0,05 utilizando o software R.

O enquadramento em cada uma das classes, foi realizado considerando os resultados referentes as 5 últimas semanas de monitoramento, sendo determinado por ponto o percentual de classificação em cada categoria. A comparação entre os percentuais de classificação dos pontos foi realizada através dos cálculos dos intervalos de confiança de 95% para as diferenças entre proporções. Por fim foram realizados vários ranqueamentos dos pontos sendo considerados os seguintes critérios: percentual de classificação na Classe Própria, percentual de classificação na Classe Própria Excelente, classificação pela mediana (dados brutos) e pela média (dados transformados para logaritmo).

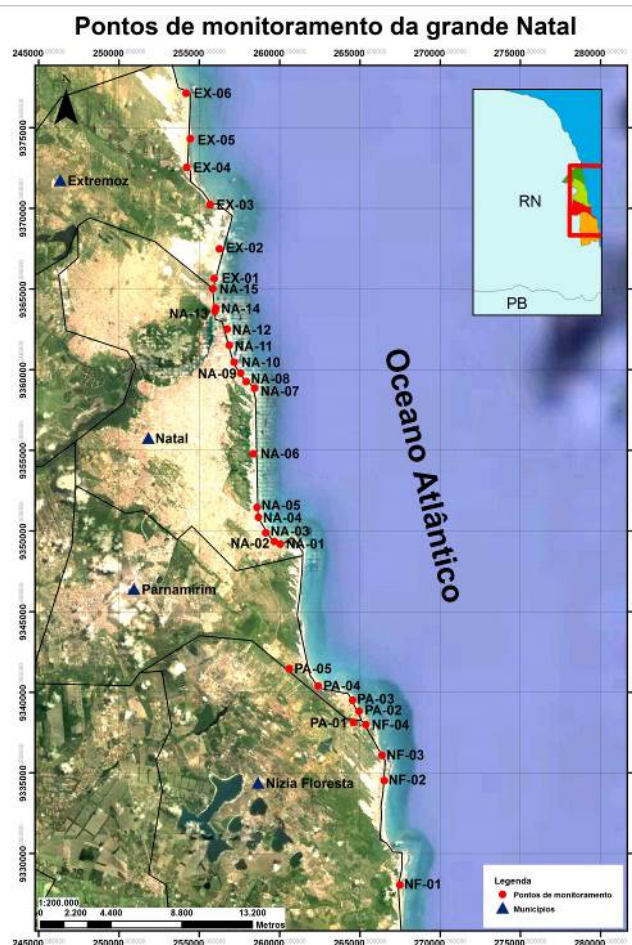


Figura 1. Mapa com a localização dos pontos de monitoramento.

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de amostras de água.

Município	Ponto de coleta	Coordenadas		Ponto de coleta	Coordenadas	
		Este	Norte		Este	Norte
Nísia Floresta	NF-01	267510	9328042	NF-04	265398	9337990
	NF-02	267511	9328038	NF-05	265090	9338200
	NF-03	266395	9336092	NF-06	267070	9328000
Parnamirim	PA-01	264611	9338124	PA-04	262422	9340384
	PA-02	264971	9338824	PA-05	260627	9341446
	PA-03	264577	9339500			
Natal	NA-01	260046	9349179	NA-09	257590	9359784
	NA-02	259680	9349347	NA-10	257182	9360452
	NA-03	259152	9349887	NA-11	256876	9361497
	NA-04	258698	9350841	NA-12	256678	9362510
	NA-05	258612	9351454	NA-13	255996	9363613
	NA-06	258376	9354778	NA-14	256049	9363809
	NA-07	258458	9358850	NA-15	255859	9365009
	NA-08	257937	9359259			
Extremoz	EX-01	255936	9365628	EX-05	254441	9374320
	EX-02	256257	9367460	EX-06	254206	9377110
	EX-03	255707	9370202	EX-07	253340	9375160
	EX-04	254248	9372516			

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta o resumo estatístico para todos os pontos ao longo do período de monitoramento. Foram realizadas entre 97 e 99 coletas em cada ponto e, para a grande maioria dos pontos as concentrações observadas de coliformes termotolerantes foram inferiores a 1000 NMP/100 ml. As faixas de variação (mínimo – máximo) foram bem amplas sendo inerente desse tipo de estudo visto que concentrações acima do padrão normal podem ocorrer em decorrência de eventos específicos tais como precipitações elevadas e lançamentos clandestinos de esgoto, entre outros. Outra característica peculiar é a grande diferença entre as concentrações médias e medianas, indicando, assim como os elevados coeficientes de variação (desvio padrão/média) que as amostras muito provavelmente não apresentam distribuição normal. A média é muito influenciada pelos valores extremos superiores que tendem a elevá-la, sendo seus valores bem superiores as medianas. Diante disso, foram realizados testes de normalidade para decidir qual a medida de tendência central (média ou mediana) a ser utilizada.

Os testes de normalidade demonstraram que os melhores ajustes foram observados para os dados transformados para logaritmo conforme exemplificado pela Figura 2. Este comportamento já vem sendo observado ao longo do projeto e está de acordo com o indicado pela WHO (2003) que recomenda em estudos de balneabilidade que a classificação dos pontos deve ser realizada com base nos dados transformados. Destaca-se, contudo, que mesmo após a transformação logarítmica a hipótese de distribuição normal só foi confirmada para 1/3 dos pontos de coleta. É necessário a realização de estudos estatísticos mais específicos para verificar qual a melhor transformação a ser aplicada ao banco de dados na busca pelo ajuste normal. Embora a literatura recomende a transformação logarítmica dos dados, para a maioria dos pontos, tal ajuste não é obtido, o que pode gerar dúvidas em relação a escolha das estatísticas adequadas para a caracterização dos resultados.

Com base nos resultados dos testes de normalidade foi tomada a decisão de utilizar as concentrações medianas como medida de tendência central dos dados. As figuras 3 a 6 destacam as variações das concentrações medianas, quartis, mínimos e máximos nos pontos de monitoramento para os municípios de Nísia Floresta, Parnamirim, Natal e Extremoz, respectivamente. Através das figuras é possível constatar que os pontos que apresentaram as maiores concentrações medianas foram NF-5 (540 NMP/100 ml), PA-1 (540 NMP/100 ml), PA-5 (490 NMP/100 ml) e NA-13 (350 NMP/100 ml), justamente aqueles que estão localizados na foz do rio Pirangi (NF-5), no rio Pirangi (PA-1 e PA-5) e no estuário do rio Potengi (NA-13). Todos os demais 29 pontos de monitoramento apresentaram concentrações medianas inferiores a 100 NMP/100 ml, com destaque para os pontos NF-1, NA-5, EX-2, EX-5 e EX-6 que em todas as semanas analisadas apresentaram concentrações de coliformes inferiores a 1000 NMP/100 ml.

Tabela 2. Resumo estatístico dos pontos de monitoramento nos anos de 2017-2018.

Municípios	Pontos	N < 1000	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Nísia Floresta	NF-01	97	97	13	5	2	350	37
	NF-02	97	98	23	2	2	1600	162
	NF-03	97	98	49	5	2	3500	354
	NF-04	97	98	134	23	2	2400	314
	NF-05	74	98	2637	540	8	92000	11154
	NF-06	97	98	42	13	2	1600	164
Parnamirim	PA-01	73	98	2245	540	33	92000	9874
	PA-02	90	98	836	79	2	54000	5451
	PA-03	94	98	308	33	2	17000	1733
	PA-04	97	98	58	8	2	1600	183
	PA-05	58	98	2004	490	5	54000	5864
Natal	NA-01	94	99	213	23	2	3500	542
	NA-02	93	99	229	33	2	3500	625
	NA-03	94	99	202	33	2	2400	480
	NA-04	92	99	969	23	2	54000	5692
	NA-05	99	99	59	13	2	540	122
	NA-06	97	99	73	2	2	3500	389
	NA-07	94	99	138	8	2	3500	473
	NA-08	98	99	71	5	2	2400	280
	NA-09	92	99	384	13	2	9200	1283
	NA-10	93	99	224	17	2	3500	656
	NA-11	90	99	376	13	2	5400	1075
	NA-12	92	99	222	13	2	3500	645
	NA-13	73	99	1170	350	2	16000	2285
	NA-14	94	99	197	33	2	3500	483
	NA-15	97	99	999	22	2	92000	9241
Extremoz	EX-01	95	99	266	17	2	16000	1632
	EX-02	99	99	38	8	2	920	104
	EX-03	98	99	35	5	2	1600	163
	EX-04	98	99	110	23	2	5400	550
	EX-05	99	99	33	6	2	920	113
	EX-06	99	99	43	14	2	540	86
	EX-07	88	99	335	49	2	3500	666

N – número de coletas em cada ponto.

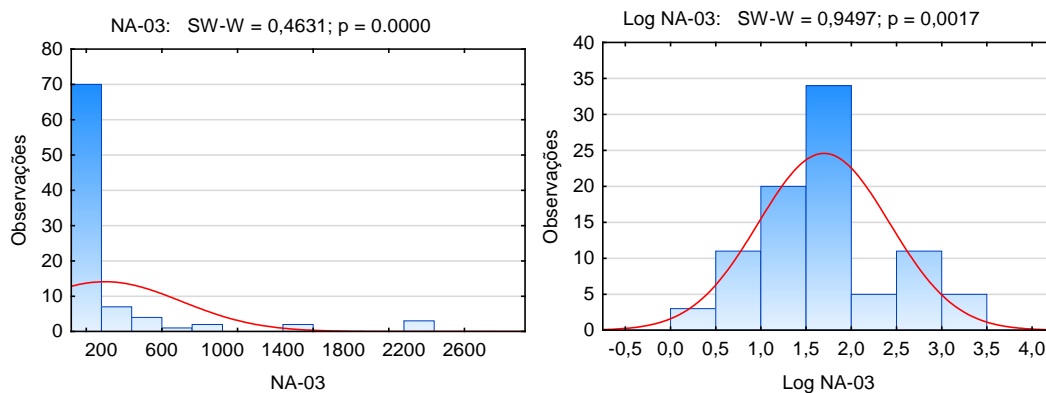


Figura 2. Histogramas de frequência de dados brutos e log transformados para o ponto de coleta NA-03.

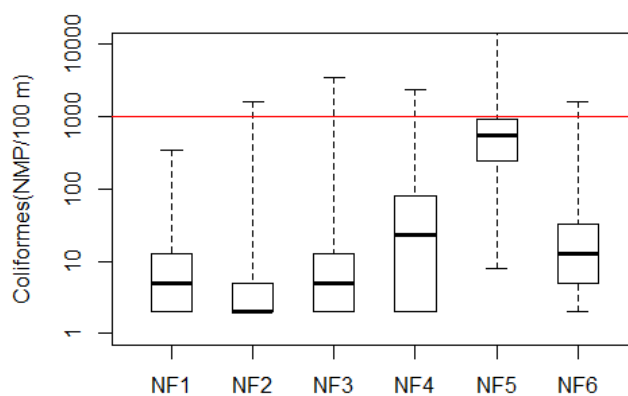


Figura 3. Resumo estatístico – Nísia Floresta.

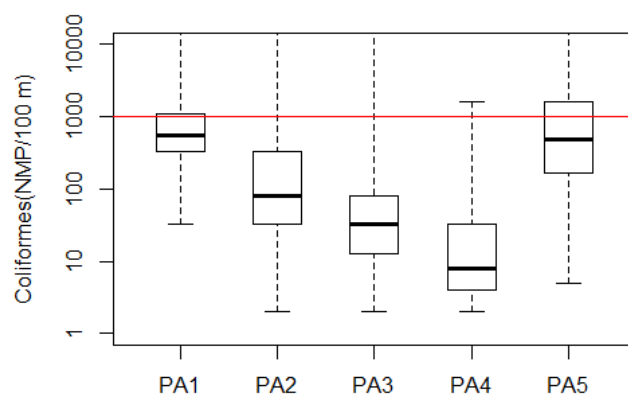


Figura 4. Resumo estatístico – Parnamirim.

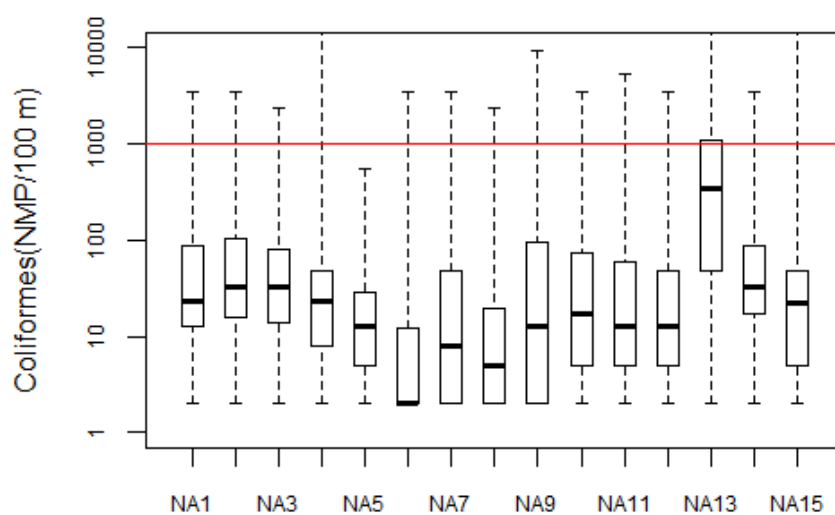


Figura 5. Resumo estatístico – Natal.

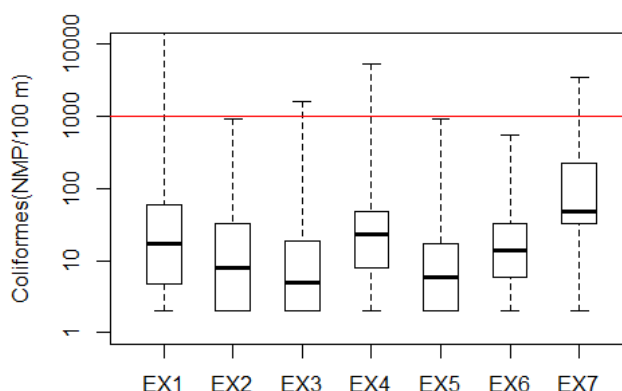


Figura 6. Resumo estatístico – Extremoz.

A Figura 7 destaca as concentrações médias e medianas dos pontos de coleta, ranqueados pela mediana. Com exceção dos 4 pontos já mencionados, todos os demais apresentaram concentrações medianas inferiores a 100 NMP/100 ml.

Em relação aos percentuais de enquadramento foi verificado que 6 pontos foram classificados como Próprios em 100% do período amostral (NA-5, NA-8, EX-2, EX-3, EX-5 e EX-6) e 27 pontos apresentaram classificação Própria em, no mínimo, 90% das semanas analisadas (Figura 8). Como esperado, os pontos com os menores percentuais de enquadramento na classe Própria foram justamente aqueles (NF-5, PA-1, NA-13 e PA-5) que apresentaram as maiores concentrações médias e medianas de coliformes com percentuais Próprios de 68%, 59%, 40% e 53%, respectivamente. Destacaram-se como os melhores locais para banho os pontos NA-8, EX-3, NF-2 e NF-6, que foram classificados como excelentes durante todo o período de monitoramento. As Figuras 9 a 12 apresentam os percentuais de enquadramento por classes para pontos monitorados nos municípios de Nísia Floresta, Parnamirim, Natal e Extremoz, respectivamente.

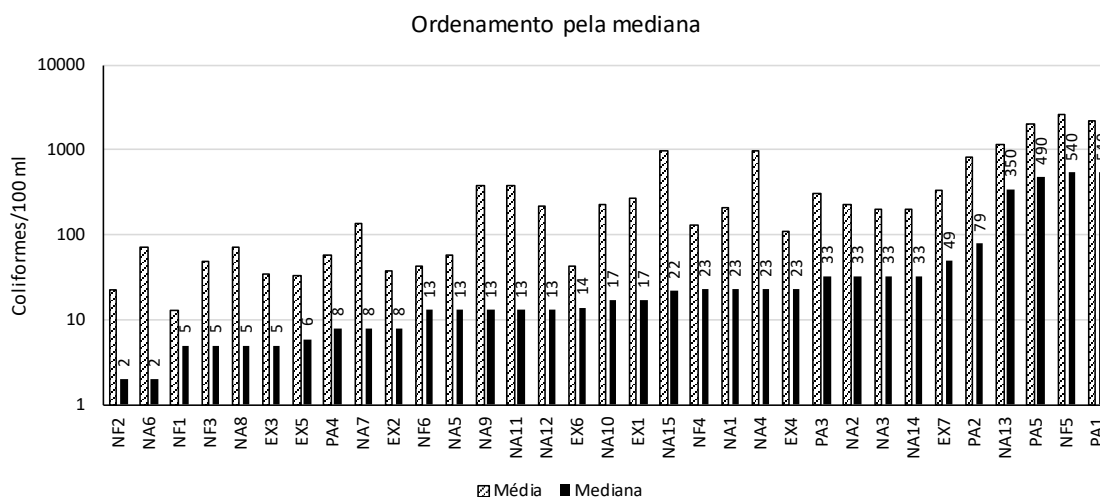


Figura 7. Variação das concentrações médias e medianas nos pontos de coleta ranqueados pela mediana.

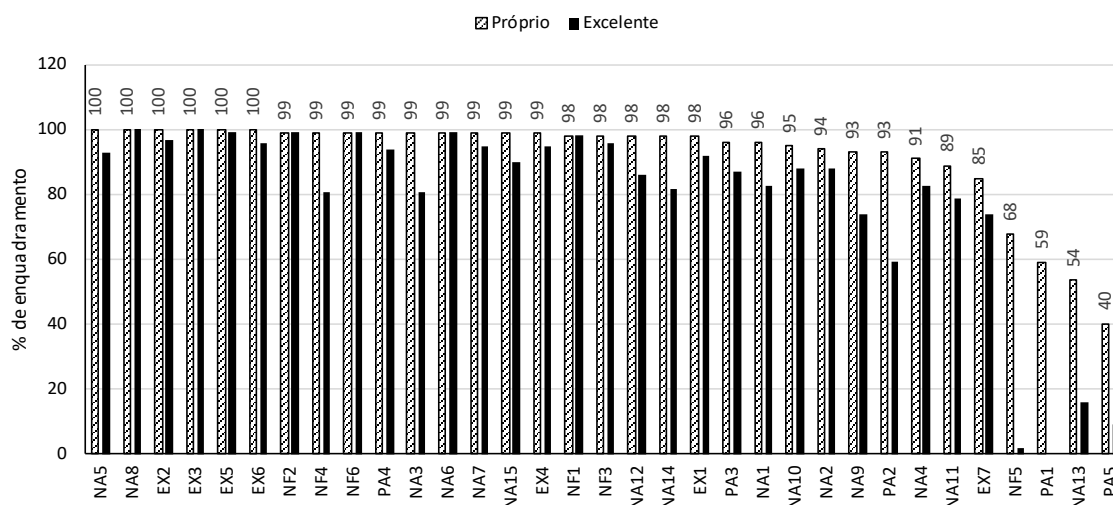


Figura 8. Percentuais de enquadramento na classe Própria e na sub-classe Excelente.

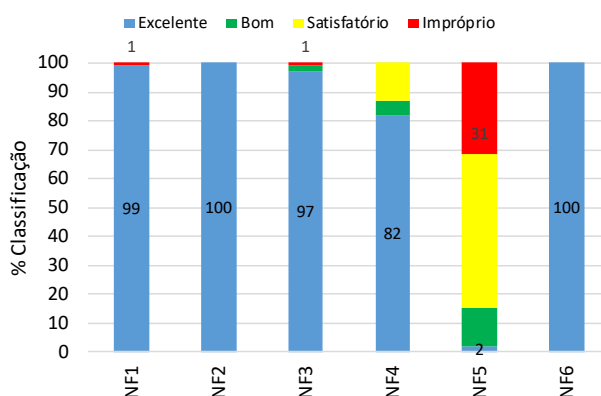


Figura 9. Percentuais de enquadramento para os pontos monitorados no município de Nísia Floresta no biênio 2017-2018.

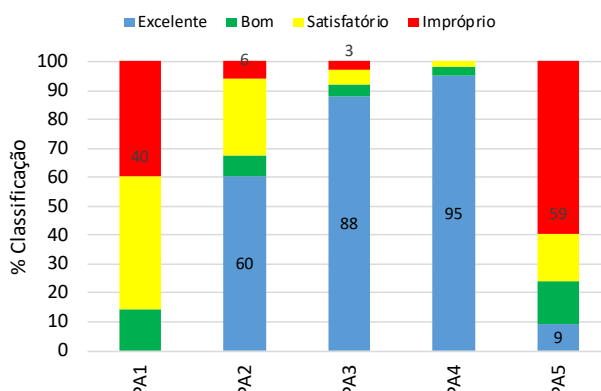


Figura 10. Percentuais de enquadramento para os pontos monitorados no município de Parnamirim no biênio 2017-2018.

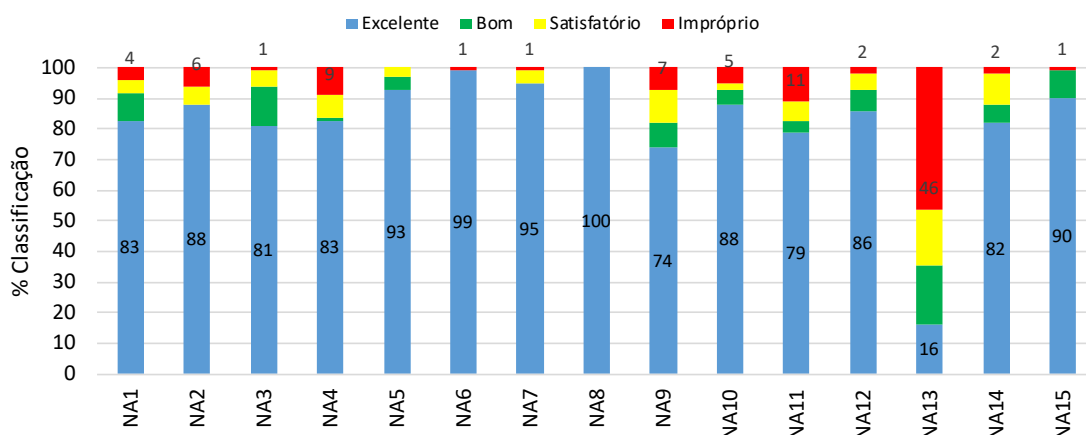


Figura 11. Percentuais de enquadramento para os pontos monitorados no município de Natal no biênio 2017-2018.

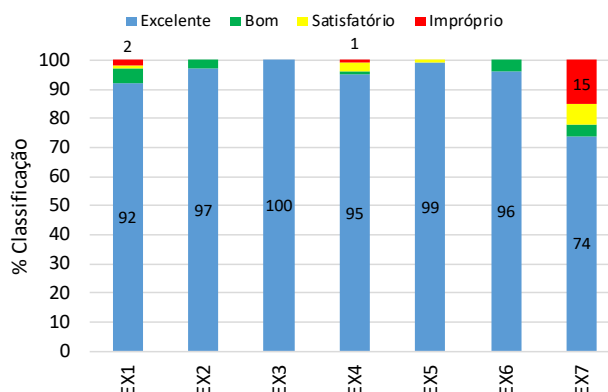


Figura 12. Percentuais de enquadramento para os pontos monitorados no município de Extremoz no biênio 2017-2018.

Utilizando a análise de variância seguida pelo teste de Tukey foi possível identificar os diferentes grupos de pontos de monitoramento que não apresentaram diferença significativa entre as médias dos dados transformados para logaritmo para um nível de significância de 5%. Conforme detalhado na Tabela 3 é possível verificar a ocorrência de quatro grupos principais com características médias semelhantes. O grupo A, é formado pelos pontos que apresentaram as menores concentrações médias de coliformes fecais (termotolerantes) e praticamente 100% de enquadramento na classe Própria (Figura 8). Os Grupo B e C apresentam os pontos que podem ser subdivididos em vários subgrupos. Por exemplo, alguns pontos do Grupo B podem ser considerados semelhantes ao Grupo A enquanto outros se assemelham a alguns pontos do Grupo C. Finalmente, o Grupo D apresenta os pontos com as maiores concentrações médias e os menores percentuais de enquadramento na classe Própria, sendo o único grupo em que todos os seus elementos se diferem de todos os demais pertencentes aos outros grupos.

Resultados bem semelhantes foram verificados através da análise de agrupamentos utilizando a técnica de clusterização. Na Figura 13 é possível verificar a ocorrência de quatro grupos principais, que podem ser decompostos em oito subgrupos. O grupo principal, do lado esquerdo do gráfico, que apresenta entre seus componentes os pontos NF1, NF2, NF3, EX3, EX5, se assemelha ao Grupo A (Tabela 3), enquanto o grupo do lado direito é formado exatamente pelos mesmos componentes do Grupo D (NA13, PA5, NF5 e PA1, Tabela 3).

Tabela 3. Comparações múltiplas entre os pontos de monitoramento ordenados de forma crescente pelas médias logarítmicas (Teste de Tukey).

Grupos	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Grupo A	NF-2, NF-1, NA-6, NF-3, EX-3, EX-5, NA-8			
Grupo B		PA-4, EX-2, NA-7, NF-6, EX-6		
Grupo C			NA-15, EX-1, NA-12, NA-15, NF-4, NA-11, NA-9, NA-10, EX-4, NA-4, PA-3, NA-1, NA-2, NA-3, NA-14, EX-7, PA-2	
Grupo D				NA-13, PA-5, NF-5, PA-1

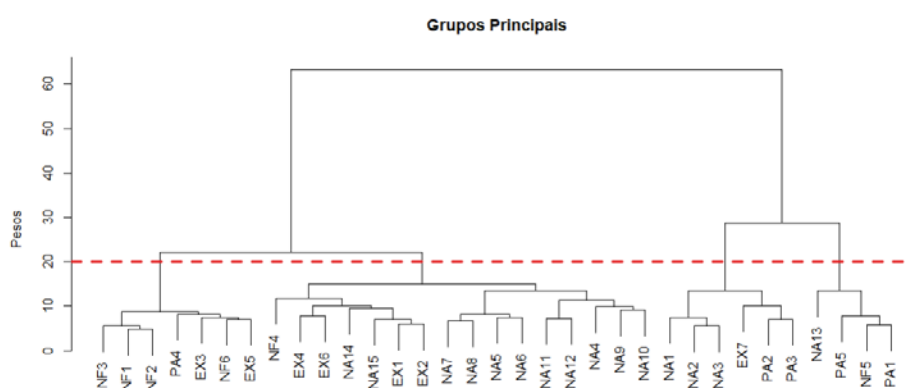


Figura 13. Grupos principais de pontos de coleta.

Através dos cálculos dos intervalos de confiança para a diferença entre proporções foi possível identificar oito grupos principais com proporções semelhantes (Tabela 4). Destacaram-se como os melhores pontos aqueles apresentados no Grupo 1 (maior grupo), com enquadramento na Classe Própria variando entre 100 a 96%. O Grupo 2 (segundo maior grupo) é formado pelos pontos com mais de 90% a 94% de enquadramento na Classe Própria enquanto que os grupos 3 a 8 são formados por apenas um ponto com percentuais variando de 88% a 34%.

Confirmando o que já havia sido observado na análise através da estatística descritiva, tanto os agrupamentos realizados pelo teste de Tukey (Tabela 3), pela clusterização (Figura 13) e pelos intervalos de confiança (Tabela 4), os piores pontos em relação a qualidade para balneabilidade foram NF-5, PA-1, PA-5 e NA-13. Dessa forma, é possível constatar a grande influência de rios e estuários na qualidade das praias. Além disso, destaca-se a influência positiva das estruturas de saneamento básico, particularmente no município de Natal, que vem sendo ampliadas ao longo do tempo, fazendo com que a grande maioria dos pontos monitorados neste município apresente baixas concentrações médias de coliformes e elevados percentuais de enquadramentos na Classe Própria. Valores mais elevados são verificados apenas de forma esporádica e, quase sempre, estão associados a um grande evento de precipitação ou falhas no sistema de coleta e transporte de esgotos.

Tabela 4. Comparações múltiplas entre os pontos de monitoramento ordenados de forma decrescente pelo percentual de enquadramento na Classe Própria (Intervalo de confiança para a diferença entre proporções).

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
Grupo 1	NF-1, NF-2, NF-4, NF-6, PA-4, NA-5, NA-8, EX-2, EX-3, EX-5, EX-6, NA-3, NA-6, NA-7, NA-15, EX-4, NA-14, NA-12, EX-1, PA-3, NA-1							
Grupo 2		NA-10, NA-2, PA-2, NA-9, NA-4						
Grupo 3			NA-11					
Grupo 4				EX-7				
Grupo 5					NF-5			
Grupo 6						PA-1		
Grupo 7							NA-13	
Grupo 8								PA-5

CONCLUSÕES

A maioria dos pontos monitorados na costa da região metropolitana de Natal apresentou concentrações medianas de coliformes inferiores a 100 NMP/100 ml e percentuais de enquadramento na Classe Própria superiores a 90%, sendo a subclasse Excelente a mais predominante, atestando o elevado nível de qualidade das suas praias.

Os pontos que apresentaram pior qualidade (NF-5, PA-1, PA-5 e NA-13) estão localizados em rios ou estuários que, por receberem elevada carga poluidora (geralmente esgotos brutos e tratados), contribuem negativamente para a balneabilidade. Por serem os pontos em que os riscos de contaminação são mais elevados, são os mais priorizados em relação a divulgação aos usuários. Nos demais pontos os casos de classificação Imprópria estão relacionados com problemas pontuais tais como ligação clandestina de esgotos na rede de drenagem, grandes precipitações ou falhas nos sistemas de coleta de esgotos.

Desde 2001 quando o programa de monitoramento da balneabilidade das praias no Rio Grande do Norte foi iniciado tem sido observado uma contínua melhora nos resultados, particularmente devido a ampliação dos sistemas de drenagem de águas pluviais e coleta e tratamento de esgotos. Isso demonstra a importância sanitária da implantação desses sistemas de saneamento básico, mas que devem ser atrelados a um sistema eficaz de educação ambiental junto à população, para que a mesma se sensibilize para não jogar lixo nas ruas, nem fazer ligações clandestinas de esgotos na rede de drenagem urbana, tampouco fazer ligações de águas pluviais na rede coletora de esgotos, pois ambos contribuem para tornar as águas das praias e rios impróprias para o banho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., Washington, DC, 1998.
2. BRASIL. Resolução CONAMA No 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília-DF (Brasil), Conselho Nacional de Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente. 2000.
3. Shapiro, S.S., Wilk, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 1965, 52 (3-4), 591-611.
4. WHO. Guidelines for safe recreational water environment. Volume 1, Coastal and Fresh-waters. World Health Organization. Geneva, 2003.