



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

JOÃO VICTOR SULINO DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA COMO INDICADOR DE
QUALIDADE DE ÁGUA

Fernando de Noronha - PE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA COMO INDICADOR DE
QUALIDADE DE ÁGUA

JOÃO VICTOR SULINO DA SILVA

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do Bacharel em Engenheiro de Pesca.

Prof. Dr. Paulo Oliveira
Orientador

Me. Gabriel Santos Garcia
Co-orientador

Fernando de Noronha – PE
Maió/2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D111c Da Silva , João Victor Sulino
CARACTERIZAÇÃO DOS PARAMÊTROS FÍSICO-QUÍMICOS NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE
NORONHA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE ÁGUA / João Victor Sulino Da Silva . - 2022.
45 f. : il.

Orientador: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira.
Coorientador: Gabriel Santos Garcia.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia de Pesca, Recife, 2022.

1. efeitos sazonais. 2. análise físico-química. 3. balneabilidade. 4. efluentes. I. Oliveira, Paulo Guilherme
Vasconcelos de, orient. II. Garcia, Gabriel Santos, coorient. III. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
BACHAREL EM ENGENHARIA DE PESCA

CARACTERIZAÇÃO DOS PARAMÊTROS FÍSICO-QUÍMICOS NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA COMO INDICADOR DE
QUALIDADE DE ÁGUA

João Victor Sulino da Silva

ESO/TCC julgado adequado para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Pesca. Defendido e
aprovado em 27/05/2022 pela seguinte
Banca Examinadora.

Prof.Dr: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

(Orientador)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Analista Ambiental do ICMBio

(Membro titular)

[Bióloga e mestre em ecologia pela USP]

[Doutoranda em ecologia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte]

(Membro titular)

[Departamento de ...]

[Universidade ...]

Prof. Dr. xxxxxxxxxxxx

(Membro suplente)

[Departamento de]

[Universidade ...]

Dedicatória

Dedico este trabalho a mim, que sou composto por uma avó, uma mãe, um irmão, uma esposa, amigos e uma vida, vida essa que sem rumo, ruma para o desconhecido, sabendo que um dia tudo irá fazer sentido, seja no sentido da vida, do amor ou do norte. Desistir todos os dias fez parte da jornada, bem como, retornar ao porto e partir novamente. Não há tolo na terra que entenda a coragem de um louco no mar.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao cosmos por suportar a existência a qual eu faço parte. Agradecer a minha avó (Dona Severina) que onde estiver estará sempre comigo, a minha mãe (Jacira) pelo amor incondicional, ao meu irmão (Márcio) pela parceria de sempre e a minha esposa (Geisiane Maiara) que me traz o aconchego de um lar, a malícia do mar, o cheiro de terra e a fome de viver.

Prestar meus sinceros obrigado e gratidão ao ICMBio Noronho na pessoa do Ricardo Araújo, por acreditar no meu trabalho e incentivar meu desenvolvimento. Ricardo tu é o melhor BOSS da pesquisa que alguém pode ter. Além é claro, de um grande amigo!

Gratidão também a Paulo Oliveira meu orientador que acreditou e confiou em mim para realização desse trabalho e ao Gabriel Garcia meu co-orientador por me ajudar a concluir essa missão mesmo nas madrugadas, manhãs, tardes e feriados, amigo, tu é MIL.

Alguns nomes precisam ser citados nessa trajetória de ICMBio, trabalho e amigos. Taysa Rocha, obrigado por me acolher nos primeiros dias de campo e confiar no nosso aprendizado juntos. Franciane Santos você é uma irmã de outra mãe! Rossana Andrade a fera das feras, tu é uma flor linda, mulher! E mais alguns que nunca esqueerei, Lucas “meu bem”, você sempre será o pesquisador do NGI Noronha. Aline “meu bem”, você é sensacional e seu espírito de ir em frente é contagiante! Andressa sua loca, estas em meu coração e nas noites de muita dança! Lari e Índio obrigado por me ensinar que a vida é linda, louca e precisa ser divertida. Gabriela Zeineddine sem palavras, trabalhar e conhecer você foi e está sendo um aprendizado fora de hora. Vitor Quesada um dos melhores pescadores que a ilha poderia ganhar e um dos únicos que tenho prazer de chamar de ilhéu com um pezinho de nativo! Clarinha você é uma mulher incrível, repleta de talentos e dedicação, gratidão pelo brilho e puxões de orelha sempre que necessário! BB Bernardo, não chores, você faz parte dessa trajetória também!

Ao meu irmão Rafael Heraclio e irmã Victoria Saad, sem vocês este trabalho não seria possível, obrigado por me levarem nas belas praias de Noronha em tempo hábil ahahahahaha.

Aos demais do ICMBio, Júlio, Rosana, Carla, Thais, Rafael, Vini (o pirata), Leandro, Marcus Aurélio, pequeno Jonh, Seu João, Jose Aureliano e tantos outros dessa família aqui de Noronha, GRATIDÃO!!!!

Geisiane Maiara, obrigado novamente, por fazer parte da minha vida, nada disso seria possível sem você! Espero que entenda a grandeza de ser você neste mundo de tantos Severinos filhos de tantas Marias. <3

Dona Severina, é necessário dizer, a senhora foi a melhor coisa que aconteceu em minha vida! E Jaciara minha mãe, gratidão, seu amor é incrível!

***Não há de haver dor na onda que retorna ao mar.** E é com essa frase do grande Hazin que entrego meu agradecimento aos céus e retorno para a vida, como uma tartaruga retorna à sua praia.*

Resumo

Localizado no Atlântico Sul equatorial, o Arquipélago de Fernando de Noronha possui uma visitação turística muito intensa, que depende de um uso adequado dos recursos naturais para se manter operante. A infra estrutura de saneamento básico foi projetada para atender a um terço do número de visitantes anuais que atualmente visitam o arquipélago, de modo que a eficiência do tratamento de esgotos pode estar abaixo da necessária para garantir condições de banho adequadas. Além de um efeito na saúde dos banhistas, o descarte inadequado também pode danificar os ecossistemas marinhos do arquipélago, provocando a morte de organismos sensíveis e bioacumulando nas espécies de interesse pesqueiro. Tendo em vista esses potenciais danos, esta monografia busca avaliar a qualidade da água nas praias da ilha principal de Fernando de Noronha usando 7 parâmetros físico-químicos, verificando se as condições de banho estão de acordo com a Legislação. Para avaliar as condições ambientais, três amostras de água foram colhidas em 17 praias da ilha principal durante duas ocasiões espaçadas por um mês em cada estação do ano (seca e chuvosa), totalizando 240 medições. Para melhor explicar esses resultados, avaliamos o efeito de alguns preditores sobre o conjunto de todos os parâmetros e de cada parâmetro em separado, sendo esses: a estação do ano, a região do arquipélago (mar noroeste, ou “de dentro”, contra o mar sudeste, “de fora”), a presença de emissários e o efeito da circulação na Baía do Sueste. No geral, as praias apresentaram condições de uso adequadas para a maioria dos parâmetros. Apenas as praias com presença de emissários (Boldró e Biboca) apresentaram condições impróprias, ultrapassando os valores indicados de nitrogênio amoniacal, fosfato e nitrato. Curiosamente, a concentração de fósforo dissolvida esteve acima das normas estipuladas por lei em todo o arquipélago, o que pode ter relação com o aporte de nutrientes vindos da erosão de rochas vulcânicas ou mesmo com a lixiviação do guano das aves marinhas. Todos os parâmetros responderam significativamente à estação do ano, com diferenças na qualidade da água ligadas ao mar, circulação e à presença de emissários. O conjunto de todos esses preditores explicou em torno de 66% da variância amostral, com diferenças de efeitos dos preditores em cada parâmetro. A partir deste estudo podemos identificar a necessidade de analisar com mais frequência as praias do Arquipélago de Fernando de Noronha, mantendo um monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, a fim de subsidiar ações de conservação dos organismos aquáticos e o bem estar da população e visitantes que utilizam o ambiente. É importante também acompanhar a qualidade dos emissários que chegam ao mar ao

manter uma rotina de monitoramento, bem como estudar as interações dos parâmetros sobre a vida marinha para garantir a preservação de um mar saudável em Fernando de Noronha.

Palavras chave: efeitos sazonais; análise físico-química; balneabilidade; efluentes

Abstract

The Fernando de Noronha Archipelago is located in the equatorial South Atlantic and its climate is defined by two well-defined seasons (dry season and rainy season) with hydronidamic variations according to its position to the east or west. A part facing the African coast to the east (“Mar de Fora”) and another part facing the Brazilian coast to the west (Mar de Dentro). The increase in tourist demand in Fernando de Noronha has caused impacts over the years, such as the treatment inadequate effluent and waste dumping at sea. Faced with the need to analyze the different water masses and improve the understanding of the effects of seasonality and effluents on the physicalchemical parameters of seawater this work aimed to analyze and describe the seasonal variation of some physicochemical parameter from seawater from Fernando de Noronha Archipelago and verify that the parameters are in accordance with the Legislation. The samples were collected in places considering the predictors: Season of the year; “Mar de Dentro and Mar de Fora” (position facing West and east to the island respectively); Effluents and Circulation. It was found that all predictors were able to explain the response variables in a significant way, with the season of the year having the strongest effect on the data, followed by the presence of emissaries. The parameters proved to be inappropriate in the places with effluents when compared to the values stipulated in the Brazilian legislation. Based on what was seen in this study, we can identify the need to analyze more frequently Fernando de Noronha Archipelago, maintaining a monitoring of physicochemical and microbiological parameters in order to subsidize conservation actions of aquatic organisms and the well-being of the population that uses the beaches. It is also important to monitor the quality of the outfalls that reach the sea, maintaining a monitoring routine. As well as studying the interactions of parameters with marine life, considering that the island is surrounded by natural pools of great importance for the maintenance of marine life.

Keywords: seasonal effects; physicochemical analysis; water quality; effluents

Lista de Figuras

	Página
Figura 1: Locais em que foram realizadas as coletas para posterior análise.....	21
Figura 2: Médias de todos os parâmetros analisados em cada estação do ano.....	27
Figura 3: Comparação das médias de cada sítio amostrado com os parâmetros estipulados pela resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) em cada mês de coleta.....	28
Figura 4: Médias de temperatura por mês em cada sítio amostrado.....	30
Figura 5: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores: Estação do ano; Emissário e Circulação	31
Figura 6: Médias de pH por mês em cada sítio amostrado.....	32
Figura 7: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores: Estação do ano; Emissário e Circulação.....	32
Figura 8: Médias de OD por mês em cada sítio amostrado.....	33
Figura 9: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do ano; Emissário e Circulação.....	34
Figura 10: Médias de Ortofosfato por mês em cada sítio amostrado.....	34
Figura 11: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para o preditor Estação do Ano.....	35
Figura 12: Médias de Fósforo comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em azul é o ponto de coleta da Enseada dos Tubarões.....	36

Figura 13: Médias de Amônia por mês em cada sítio amostrado.....	36
Figura 14: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.....	37
Figura 15: Médias de Fósforo comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em vermelho são os pontos de coleta no Boldro 2 e na praia do Cachorro.....	37
Figura 16: Médias de Nitrato por mês em cada sítio amostrado.....	38
Figura 17: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.....	39
Figura 18: Médias de Nitrato comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em vermelho são Cachorro em abril-maio e Sueste 1 em abril.....	39
Figura 19: Médias de Nitrito por mês em cada sítio amostrado.....	40
Figura 20: Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.....	41

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1: Parâmetros físico-químicos analisados com suas respectivas informações técnicas utilizadas no teste colorimétrico (informações disponibilizadas pelo fabricante)	24
Tabela 2: Resultados da análise multivariada dbRDA e permanova.....	29
Tabela 3: Modelos finais com variáveis retidas pelo critério de akaike (aic). A relação de dependência está indicada pelo termo “~”. Nos quais: (1 + estação local) significa que cada praia possui uma média local própria por estação do ano e (1 local) significa que cada praia possui apenas uma media local, independente da estação do ano.....	29

Lista de abreviaturas

- APA: ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
- AIC: CRITÉRIOS DE AKAIKE
- CONAMA: CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
- CSEC: CORRENTE SUL EQUATORIAL
- SEUC: SUBCORRENTE SUL EQUATORIAL
- ICMBIO: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
- NH₃: AMÔNIA
- NH₄: AMÔNIO
- NHX: NITROGÊNIO AMONÍACAL
- OD: OXIGÊNIO DISSOLVIDO
- PNMFN: PARQUE NACIONAL MARINHO DE FERNANDO DE NORONHA
- SNUC: SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
- TSM: TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR

Sumário

	Página
Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Lista de Figuras	x
Lista de tabelas	xii
Lista de abreviaturas	xiii
1. Introdução	16
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	19
3. Área de estudo	19
4. Metodologia	20
4.1 Parâmetros físico-químicos avaliados	22
4.2 Temperatura	22
4.3 O2 Dissolvido	22
4.4 pH	23
4.5 Ortofosfato	23
4.6 Nitrogênio	23
4.7 Análise estatística	25
4.7.1 Análise de redundância canônica baseada em distância (dbRDA)	25
4.7.2 Modelos lineares mistos	25
5. Resultados e discussão	26
5.1 Análise de Temperatura	30
5.2 Análise do pH	31

5.3	Análise de Oxigênio Dissolvido (OD)	33
5.4	Análise do Ortofosfato	34
5.5	Análise da Amônia	36
5.6	Análise do Nitrato	38
5.7	Análise do Nitrito	40
6.	Conclusões	41
7.	Referências bibliográficas	42

1. Introdução

A constituição Federativa do Brasil, afirma, no Parágrafo 1 do Artigo 225 que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998).

O Brasil é o país com maior biodiversidade do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022), com uma biodiversidade única e extremamente rica em espécies de flora e fauna (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, [sd]). Uma das ferramentas utilizadas pelo Poder Público para conservar o meio ambiente é a criação de áreas protegidas através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei 9.985/2000 (BRASIL, 2000).

Fernando de Noronha é um dos locais brasileiros que, além de possuir uma incrível beleza cênica, abriga uma rica diversidade biológica, podendo ser caracterizado como um santuário para muitas espécies. No entanto, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), o arquipélago Figura um ecossistema delicado, com espécies ameaçadas de extinção, espécies endêmicas e migratórias que só se reproduzem no arquipélago (ICMBIO, 2020). Nesse sentido, para conservar a riqueza do arquipélago, fez-se necessário a criação de Unidades de Conservação (áreas protegidas). A Área de Proteção Ambiental (APA) foi criada pelo Decreto nº 92.755 (BRASIL, 1986) para conciliar a ocupação humana e turismo com a conservação dos recursos naturais, em 5 de junho de 1986. Posteriormente, o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PNMFN) foi instituído pelo Decreto nº 96.693, de 14 de setembro de 1988 (BRASIL, 1988) com o objetivo de proteger os ecossistemas marinhos e terrestres, preservar fauna, flora e demais recursos naturais do arquipélago. Assim, o arquipélago de Fernando de Noronha encontra-se totalmente protegido por lei mas sob dois regimes de proteção, um de proteção integral (Parque Nacional) e outro de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental).

O despejo de esgoto sanitário no mar começou com a chegada dos habitantes permanentes, sendo documentado pela primeira vez em 1982 no Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (IBAMA, 1990).

A população de turistas na época ainda era pequena (10 mil visitantes por ano), mas desde então, o Departamento de Controle Migratório da Administração Distrital apontou que houve um aumento de 620% na quantidade de turistas ao longo de 10 anos (1992 – 2002), atingindo em 2002 a marca de 62.551 visitantes anuais (DA SILVA, [sd]; IBAMA, 2005). Em 2019, a ilha recebeu 106.000 turistas e, aparentemente, este número tem se intensificado após o relaxamento das medidas sanitárias impostas durante a Pandemia.

O desenvolvimento desordenado da atividade turística, dentre outros impactos, gerou repercussões negativas relacionadas ao recolhimento, depósito e tratamento de lixo e esgoto, bem como, claudicâncias no sistema de tratamento de água (SANCHO, et al. 2001; ANDRADE; BELLEN, 2006; FEITOSA & GOMEZ, 2012). A alta demanda turística em Fernando de Noronha tem causado, ao longo dos anos, impactos como o tratamento inadequado de efluentes, processos erosivos e resíduos de materiais de construção jogados no mar. A interação dos conteúdos do sistema de tratamento de efluentes pode trazer águas contaminadas ou com excesso de material em suspensão, causando impactos em colônias de corais (IBAMA, 2015), alterações responsáveis por expulsar os organismos daquele habitat, bem como, intoxicações aos expostos ao material.

Em vias de caracterizar os impactos oriundos das atividades humanas, a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) encaixa Fernando de Noronha na classe 1 de águas salinas, que são águas destinadas a recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e atividades de pesca. Todo esse cuidado na criação de classes de água segundo seu uso evidencia a importância dos parâmetros físico-químicos para qualidade do ecossistema.

Além da atividade humana direta, agentes naturais também podem alterar a qualidade da água. O regime de chuvas influencia os parâmetros físico-químicos da água (SOUSA *et al.* 2008). Semelhante ao litoral do Nordeste, Fernando de Noronha tem seu período seco entre agosto e janeiro e chuvoso entre fevereiro e julho (COSTA, 2011). Como se não bastasse o regime de chuvas, a peculiaridade da posição geográfica do arquipélago configura um cenário um tanto específico.

Observa-se uma acentuada diferença entre o mar a leste e a oeste da ilha, sendo chamados de “Mar de Fora” e “Mar de Dentro”, respectivamente. As águas do Mar de Fora estão sob influência do Ramo Central da Corrente Sul Equatorial (cSEC) (MOLINARI,1982), que flui do continente africano para o continente sul americano, atingindo em cheio a porção leste do arquipélago (REVERDIN et al, 1991b). O Mar de Fora também recebe uma grande influência dos ventos alísios vindo de sudeste, estando portanto bastante expostos a ondas intensas durante boa parte do ano. O Mar de Dentro, por sua vez, permanece abrigado tanto do vento, quanto das correntes fortes durante boa parte do ano, criando condições muito mais plácidas sofrendo a influencia da Subcorrente Sul Equatorial (SEUC) (REVERDIN et al, 1991b) .

Embora a circulação de correntes em Fernando de Noronha seja bastante estudada, não há uma caracterização da qualidade da água nas praias do arquipélago. Dada a importância dessas paisagens para o turismo e para a qualidade de vida da população local, o presente trabalho busca caracterizar a qualidade da água nas praias do arquipélago. Valores de parâmetros físicos e químicos (temperatura, oxigênio dissolvido e pH) e a concentração de 4 nutrientes dissolvidos na água (amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato) foram usadas para avaliar as condições de balneabilidade, mostrando quais áreas são próprias ou impróprias para o uso. Por fim, procurou-se entender quais mecanismos ambientais conseguem explicar as diferenças na qualidade da água, avaliando efeitos do Mar (Dentro e Fora), Estação (seca ou chuvosa), circulação (específica para a baía do Sueste) e a presença de emissários.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Caracterizar a qualidade da água nas praias e descrever a variação sazonal dos parâmetros físico-químicos da água do mar da Área de Proteção Ambiental e Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha

2.2 Objetivos específicos

- Investigar se os parâmetros físico-químicos das praias da ilha principal estão de acordo com os valores propostos na Legislação (Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005).
- Avaliar os efeitos de feições ambientais da ilha principal (Estação do Ano, Mar, presença de emissário e a circulação da Baía do Sueste) sobre os parâmetros físico-químicos das praias.

3. Área de estudo

Localizado no Atlântico Sul equatorial, sob as coordenadas 3° 51' S e 32° 25' WG, o Arquipélago de Fernando de Noronha é composto por uma ilha principal de mesmo nome e 20 ilhas secundárias a 545 km da capital pernambucana e a 360 km de Natal-RN. (ALMEIDA, 2002). Com aproximadamente 26 km² de extensão, é constituído por afloramentos vulcânicos de cerca de 4000m de profundidade, com morfologia variável conforme a formação de cada ilha, resultantes dos processos vulcânicos, climáticos e fluviais ao longo do tempo, ocorrendo desde platôs arenosos e basálticos até altos rochedos escarpados (BATISTELLA, 1990).

De clima tropical marcado pelo domínio oceânico, Fernando de Noronha possui clima tropical e uma temperatura média de 25,4° C. Segundo a classificação de Köppen, o clima do arquipélago é do tipo Aw'(tropical quente com verão chuvoso), caracterizado por estações bem definidas (seca e chuvosa) marcadas por elevada irregularidade pluviométrica entre os anos (MARQUES *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2014). A estação seca ocorre nos meses de agosto a janeiro e chuvosa entre os meses de fevereiro a julho (ALMEIDA, 2002). O regime de chuvas acompanha a pluviometria das regiões semi-áridas e possui cursos d'águas não perenes. Os corpos d'águas são torrenciais na estação chuvosa, enchendo abruptamente os leitos e secando novamente na estação seca (BATISTELLA, 1990).

A precipitação média anual é de 1.300 mm, com maior intensidade de chuvas de março a maio. A variação na umidade relativa do ar é praticamente nula ao longo do ano, com uma média de 81%. Os ventos se direcionam predominantemente de sudeste, atingindo velocidade média em torno de 6,6 m/seg, sendo mais intensos nos meses de

julho e agosto. A insolação média máxima é de e 312,5 h em novembro e mínima 216,8 h em abril. (IBAMA, 2005).

Inserido no Atlântico Tropical, o arquipélago de Fernando de Noronha está disposto em duas distintas faces hidrodinâmicas: o Mar de Dentro (voltado para a costa brasileira) e Mar de Fora (voltado para a costa africana). As praias do Sancho, Porcos, Cacimba do Padre, Boldró, Bode, Americano, Porto, Cachorro, Meio e Conceição estão dispostas no Mar de Dentro e sofrem menos ação dos ventos alísios e correntes de sudeste. As praias do Sueste, Leão, Atalaia e Caeiras, por sua vez, estão situadas na porção do “Mar de Dentro” e sofrem mais os efeitos das ações hidrodinâmicas (ASSUNÇÃO, 2017).

4. Metodologia

Foram realizadas coletas de água em praias contidas dentro da Área de Proteção Ambiental e Parque Nacional Marinho do arquipélago de Fernando de Noronha nos meses de abril e maio (estação chuvosa), outubro e novembro (estação seca) do ano de 2021 para a análise de alguns dos principais parâmetros físico-químicos. As amostras foram coletadas nos dias de maré de quadratura, do pico da maré baixa até 2 horas e 40 minutos após a mínima (40 min de estofa de maré), nos seguintes locais (Figura 1):

- Ampesca (APA; S 03°50'01.5" W 032°24'01.3"; Mar de Dentro);
- Porto (APA; S 03°50'02.6" W 032°24'05.3"; Mar de Dentro);
- Biboca 1 (APA; S 03°50'17.5" W 032°24'32.9"; Mar de Dentro; Considerando presença de emissário);
- Biboca 2 (APA; S 03°50'18.2" W 032°24'29.6"; Mar de Dentro; Considerando ausência de emissário);
- Cachorro (APA; S 03°50'19.8" W 032°24'39.0"; Mar de Dentro);
- Meio (APA; S 03°50'23.1" W 032°24'48.0"; Mar de Dentro);
- Conceição, (APA; S 03°50'28.4" W 032°25'03.4" Mar de Dentro);
- Boldró 1 (APA; S 03°50'43.0" W 032°25'47.5"; Mar de Dentro; Considerando ausência de Emissário);
- Boldró 2 (APA; S 03°50'40.9" W 032°25'40.1"; Mar de Dentro; Considerando presença de emissário);

- Cacimba (APA; S 03°50'59.9" W 032°26'22.3"; Mar de Dentro);
- Baía dos Porcos (PARQUE; S 03°51'04.4"W 032°26'28.5"; Mar de Dentro);
- Sancho (PARQUE; S 03°51'14.5"W 032°26'34.7"; Mar de Dentro);
- Sueste 1 (PARQUE; S 03°51'56.8"; W 032°25'22.2"; Mar de Fora;
Considerando visitação aberta);
- Sueste 2* (PARQUE; S 03°51'59.8"W 032°25'32.6"; Mar de Fora;
Considerando área intangível);
- Atalaia (PARQUE; S 03°51'25.2" W 032°24'32.4"; Mar de Fora);
- Caieira (PARQUE; S 03°50'15.3"W 032°23'59.7"; Mar de Fora);
- Buraco da Raquel (PARQUE; S 03°50'05.0" W 032°23'51.4"; Mar de Fora);
- Enseada dos Tubarões (PARQUE; S 03°50'15.3" W 032°23'59.7"; Mar de Fora);

Os emissários foram considerados nas amostras contidas no Boldró (1- longe do emissário; 2 – perto do emissário), na Biboca (1 - próximo ao emissário; 2 – distante do emissário). O Boldró e a Biboca foram escolhidos para amostrarem os locais com emissário por serem locais conhecidos há muito tempo pela comunidade local por receberem efluentes.

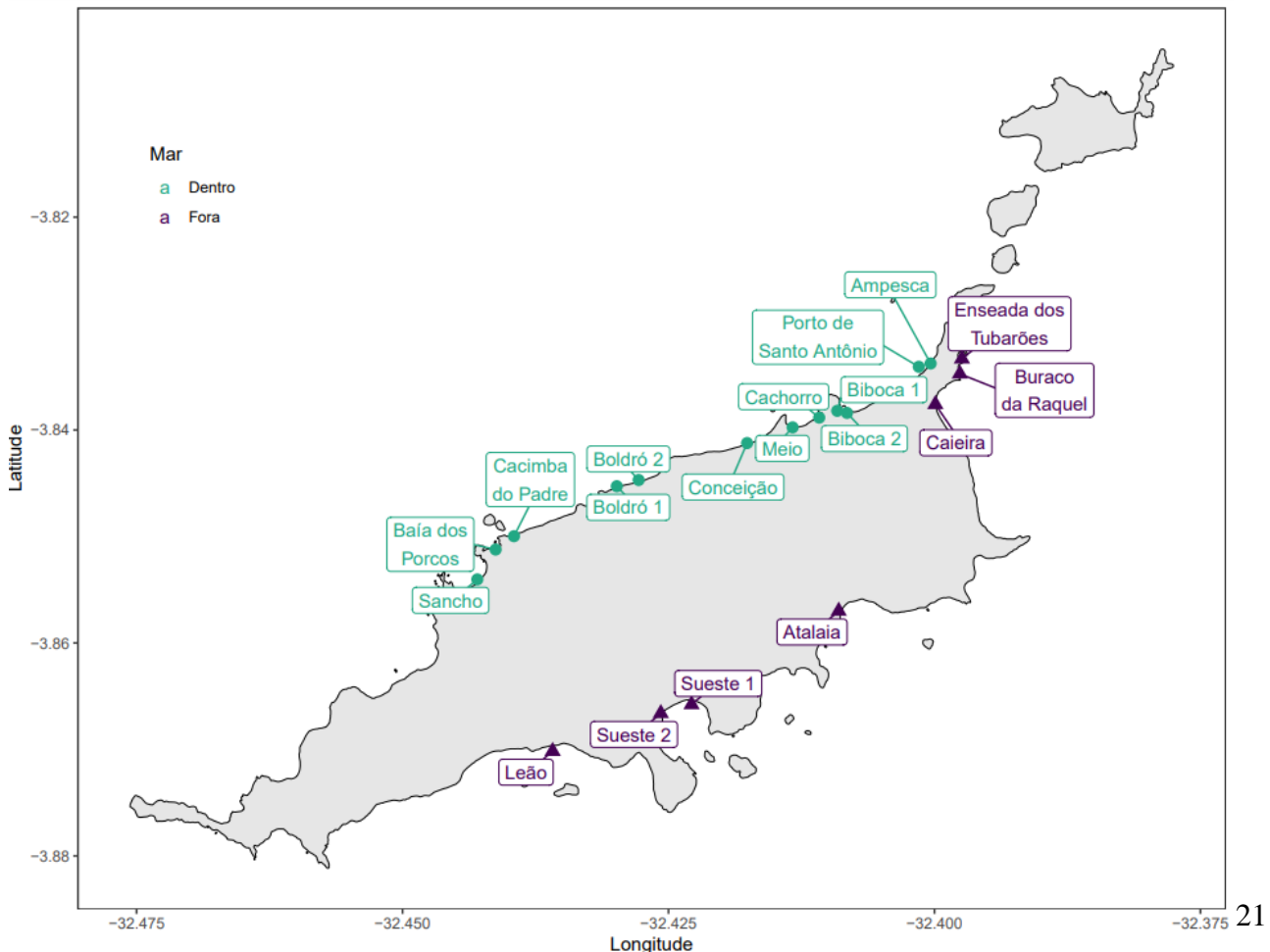


Figura 1- Locais em que foram realizadas as coletas para posterior análise.

4.1 Parâmetros físico-químicos avaliados

As amostras foram submetidas a testes colorimétricos do fabricante “AlfaKit”, avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: Temperatura; O₂ dissolvido; pH; Ortofosfato; Amônia; Nitrato e Nitrito (tabela 1). A temperatura foi medida em campo, com amostras para medição dos demais parâmetros sendo coletadas, resfriadas e direcionadas para medição em laboratório em até 4 horas.

4.2 Temperatura

Muitas das características químicas, físicas e biológicas dependem da temperatura da água (FERNANDES et al, 2017) e sofrem influência de fatores como profundidade, estação do ano, latitude e longitude, período do dia e taxa de fluxo (BARBOSA, 2015). Segundo Tundisi (2006) o aumento acentuado da temperatura em um corpo d’água pode ser decorrente de despejos industriais e de usinas termoeletricas.

Nas superfícies oceânicas, a temperatura média é de 20°C em regiões tropicais, 15°C em zonas temperadas, chegando a 3°C nos polos (SANTOS, 2019; TOMCZAC E GODFREY, 2000). Para a avaliação da temperatura, um termômetro analógico de mercúrio foi inserido por cerca de 1 minuto na água, com leitura e medição feitas *in situ*.

4.3 O₂ Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é o componente oxidante mais importante em águas naturais (BAIRD, 2002). Refere-se à concentração de oxigênio contido na água, exercendo papel nas funções metabólicas dos organismos aeróbicos, sendo substancial à vida aquática. De modo especial, os peixes geralmente não sobrevivem a concentrações de OD inferiores a 4,0 mg L⁻¹ (EMBRAPA, 2011). A concentração de oxigênio

dissolvido em um meio aquoso é controlado por fatores como a temperatura, salinidade da água e pressão atmosférica (FIORUCCI, 2015). Para a análise de OD, foram utilizados 3 reagentes em teste colorimétrico similar a uma versão do Método de Winkler.

4.4pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é um dos parâmetros mais utilizados para caracterização da qualidade de água e através da presença de íons de hidrogênio, indica a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio. O pH exerce influencia sobre as formas livre e ionizada de vários compostos, atuando no grau de solubilidade das substâncias e contribuindo para o potencial da toxicidade de diversos elementos. Alterações no pH podem ser originadas de modo natural, através da dissolução de rochas e processos biológicos ou pode ser resultado das ações antrópicas, por meio de despejos domésticos e industriais (GASPAROTTO, 2011; NOGUEIRA, *et al.*, 2015). A análise do pH das amostras foi feita através de um indicador dissolvido em água. Ao se dissolver, o reagente se ioniza, formando íons. Na sua forma ionizado o indicador apresenta cores distintas a depender de sua acidez.

4.5Ortofosfato

Um dos principais limitantes das funções biológicas, o fósforo representa um indispensável parâmetro em termos de qualidade da água, sendo bastante utilizado na caracterização de efluentes industriais, podendo se apresentar em três maneiras distintas no meio aquoso: Fosfatos orgânicos; Ortofosfatos (ligam-se cátions formando sais inorgânicos) e Polifosfatos (polímeros de ortofosfatos), sendo os dois primeiros mais importantes para os estudos de qualidade de água (BARBOSA, 2015).

O método colorimétrico para a determinação de ortofosfato nas amostras coletadas consiste na avaliação da formação de um complexo azul, proporcional a concentração de ortofosfato presente na amostra.

4.6Nitrogênio

(Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Nitrito)

O nitrogênio pode ser encontrado de diversas formas no meio aquático, como na forma de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal (amônia). O nitrato (NO_3^-) é um dos íons mais comuns em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixas concentrações em águas superficiais, podendo apresentar concentrações mais elevadas (até $5,0 \text{ mg L}^{-1}$) em águas mais profundas (EMBRABA, 2011). O nitrito (NO_2^-), por sua vez, é um composto intermediário entre amônia e nitrato e pode ser tóxico aos organismos a depender da concentração (BARBIERI, et al. 2014). Segundo Barbieri e colaboradores (2014), o nitrogênio total amoniacal (NH_4^- - amônio + NH_3 - amônia = NH_x), ocorrem na água do mar em concentração de ($1 \text{ nmol/L} = 10^{-9} \text{ mol/L}$), normalmente menores que 100 nmol/L , mais elevadas nas regiões costeiras (normalmente 100 a 1.000 nmol/L , podendo chegar a 5000 nmol/L ($5 \text{ } \mu\text{mol/L}$)⁴) e nas florações fitoplanctônicas. A presença de NH_x (NH_4^+ + NH_3) na água pode indicar poluição por esgotos domésticos, industriais e lixiviação de fertilizantes no solo. Urinas, fezes e excretas degradadas são as principais responsáveis pela presença de NH_x em recursos hídricos, que em elevadas taxas, podem ser tóxicas (ALFAKIT, [sd]).

O método utilizado para avaliar o N- NO_3 e N- NO_2 foi determinado através da reação entre o ácido sulfanílico e dicloreto de N-(1-Naftil)-etilenodiamino, formando um composto de coloração rosa na análise de NH_x . A cor produzida é proporcional a concentração de NH_x na amostra.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos analisados com suas respectivas informações técnicas utilizadas no teste colorimétrico (informações disponibilizadas pelo fabricante).

Parâmetros	Método	Informações
Oxigênio Dissolvido	Titulação pelo método de Winkler	Resolução de $0,1 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$
pH	Indicador	Cartela com faixa entre 4,5-5,0-5,5-6,0-6,5-7,0-7,5-8,0 un. de pH.
Ortofosfato	Azul de molibdênio Reagentes: Ortofosfato 1 – 25 mL / Ortofosfato 2 – 5 g	Cartela com faixa entre 0,0-0,75-1,0-1,5-1,75-2,0-2,5-3,0 mg L ⁻¹ PO ₄
Amônia	Nessler Reagentes: Amônia 1 – 100 mL / Amônia 2 – 10 ml	Cartela com faixa entre 0,5-1,0-2,0-3,0-4,0-5,0-6,0-7,0. mg L ⁻¹ N-NH ₃
Nitrogênio Nitrato	NTD	Cartela com faixa entre 0,10-0,30-0,50-0,70-1,0-2,5

		mg L-1 N-NO3
Nitrogênio Nitrito	NTD	Cartela com faixa entre 0,01-0,03-0,05-0,10-0,20-0,30-0,50 mg L-1 N-NO2

4.7 Análise estatística

4.7.1 Análise de redundância canônica baseada em distância (dbRDA)

Esta análise testa se um conjunto de variáveis resposta podem ser explicados por um conjunto de preditores. Ela busca particionar a variância dos dados entre os preditores de interesse, apontando a porção da variação nas amostras atribuível a um preditor. Nesse caso, os preditores são as condições ambientais (estação, mar, emissário e circulação) e as respostas são os parâmetros medidos. Efeitos interativos da estação do ano com os demais preditores também foram testados e as condições particulares de cada praia foram incluídas como preditores condicionais.

Para melhorar o potencial explicativo dos preditores, as concentrações dos nutrientes (compostos nitrogenados e ortofosfato) foram transformados por $\log(x) + 1$. A distância de Gower foi escolhida para essa análise por ponderar pela diferença de intervalos das variáveis (valores discretos da maioria das variáveis), retornando uma medida de similaridade em porcentagem.

Uma análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) foi aplicada sobre a dbRDA para acessar a significância de cada preditor. Métodos baseados em permutações testam o efeito do preditor de interesse ao embaralhar as amostras. Se existir um efeito do preditor em questão, é de se esperar que as amostras embaralhadas expliquem bem menos a variação nas amostras que o valor originalmente estimado. Mil aleatorizações foram realizadas para cada preditor.

4.7.2 Modelos lineares mistos

A dbRDA indica quanto cada preditor afetou o conjunto multivariado dos parâmetros. No entanto, ela não indica com precisão o efeito dos preditores sobre cada parâmetro em separado. Por isso, usamos os valores medidos para avaliar o efeito das condições ambientais sobre cada parâmetro. Essas relações podem ser estimadas usando modelos lineares, que estabelecem uma relação de mudanças proporcionais entre um ou mais preditores e uma variável resposta. Nesse caso, os preditores são a estação do ano, o mar e a presença de emissários. Os sítios amostrais foram adicionados como interceptos aleatórios, ou seja, como preditores cujos efeitos existem, mas não necessariamente são de interesse. Como nem todos os preditores podem ser importantes para alguns parâmetros, foi feita uma seleção de modelos usando o critério de Akaike. A seleção foi feita de trás pra frente, retirando preditores do modelo mais complexo até chegar ao mais simples.

5. Resultados e discussão

Uma Figura com o comportamento dos parâmetros físico-químicos da água do mar em cada estação do ano (Figura 2) foi gerado para melhor visualização das mudanças nos parâmetros por estação. Outra figura para comparação dos parâmetros analisados com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) (Figura 3).

As análises mostraram que nas estações do ano os resultados mostraram que os parâmetros temperatura, nitrato, nitrito e ortofosfato foram mais elevados no período chuvoso. E para o período seco obteve-se valores mais elevados de pH, OD e amônia.

Para o preditor “emissário”, os valores de nitrato, amônia, pH e temperatura foram mais elevados nos locais com emissário em detrimento às praias sem emissários e ao emissário da boca na maioria das estações. Tratando-se dos pontos com pouca circulação em comparação com as praias com maior circulação, os valores de pH e temperatura foram mais elevados.

Por fim, as médias brutas (médias obtidas sem uso de modelos) de cada sítio amostrado foram comparadas com os valores estipulados pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Os seguintes resultados foram encontrados:

- I. O ponto mais próximo do emissário na Praia do Boldro estava impróprio em relação ao Nitrogênio amoniacal nos meses de maio, abril, outubro e novembro.
- II. O ponto mais próximo do emissário na Praia da Biboca estava impróprio em relação ao Nitrogênio amoniacal nos meses de outubro e novembro.
- III. O ponto da praia do cachorro mostrou-se impróprio com relação aos valores de Nitrato em abril e maio.
- IV. O ponto mais próximo do emissário na baía do Sueste revelou-se impróprio em relação ao Nitrato no mês de abril.
- V. Em relação ao fosfato, todos os pontos estavam impróprios, exceto Boldro 1 (distante do emissário) em outubro e Enseada dos Tubarões em outubro e novembro

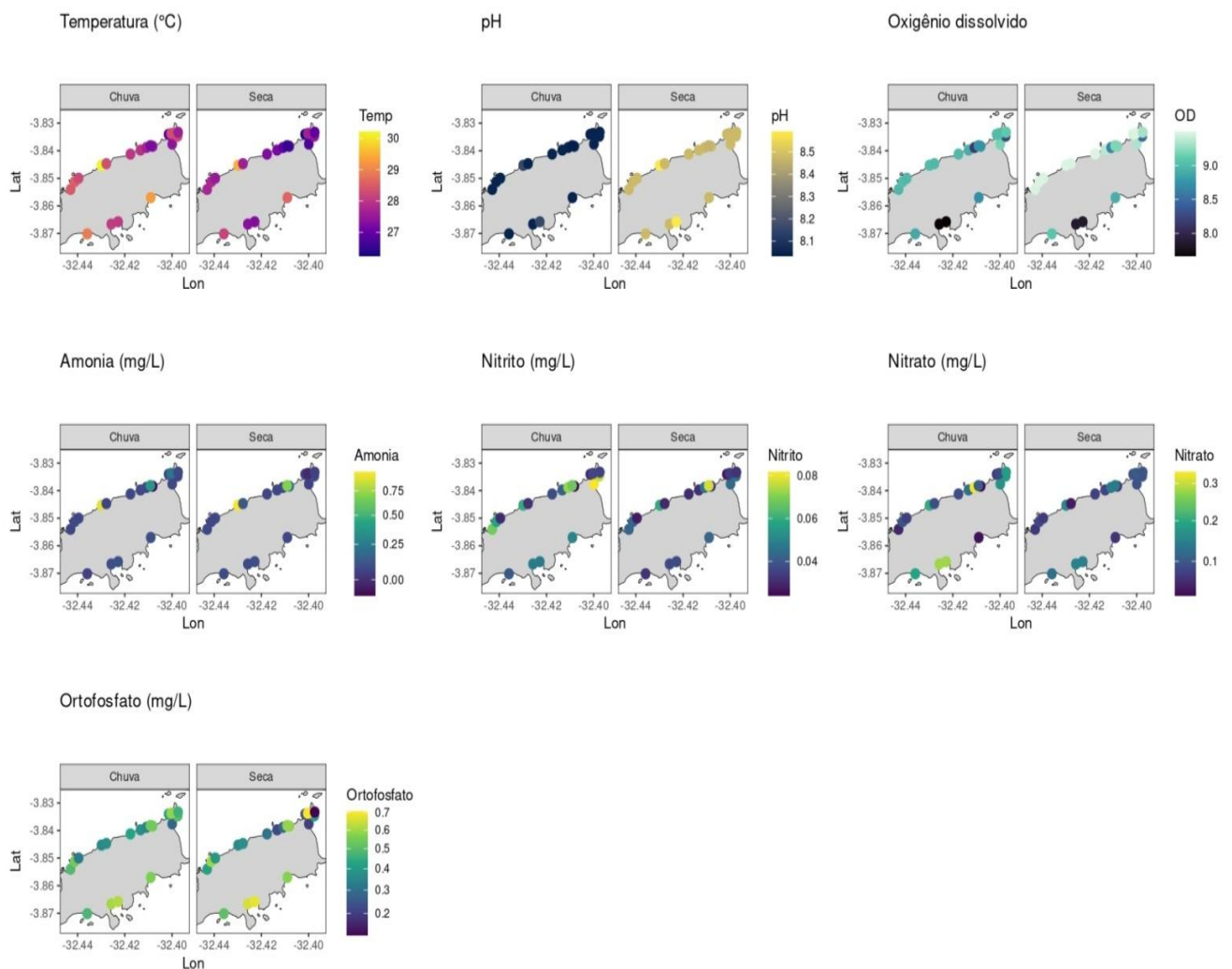


Figura 2 - Médias de todos os parâmetros analisados em cada estação do ano.

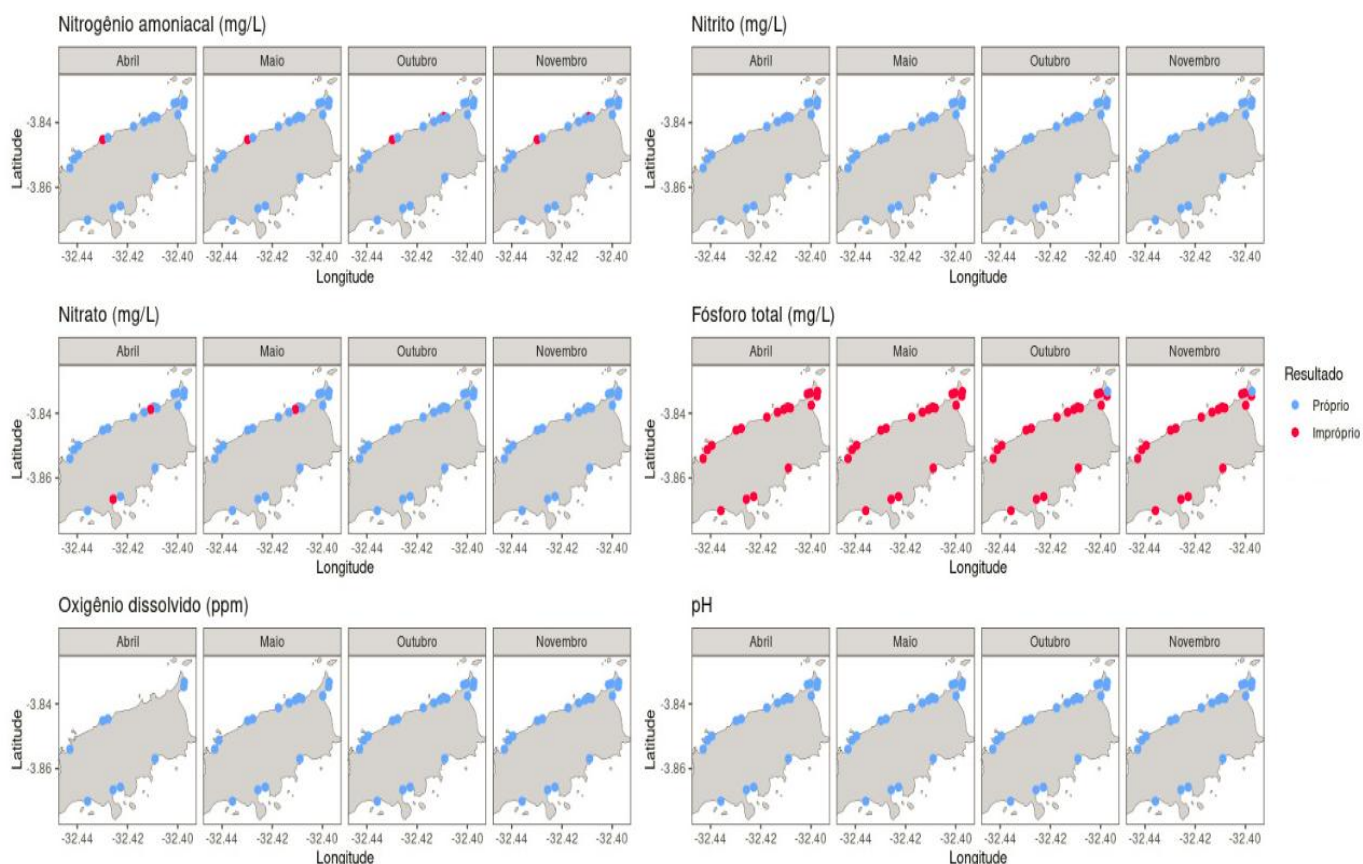


Figura 3- Comparação das médias de cada sítio amostrado com os parâmetros estipulados pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) em cada mês de coleta.

A partir das análises de dbRDA e PERMANOVA foi observado que todos os preditores conseguiram explicar os parâmetros medidos de maneira significativa, contabilizando 42,4% de toda a variação no conjunto de dados. A variância condicional, ou seja, as diferenças entre amostras atribuídas às diferenças entre praias, contabilizaram 23,3% das variações dos parâmetros medidos. Ao todo, preditores e condições explicaram 65,7% de toda a variação na qualidade (Tabela 2), de modo que tanto fatores globais, quanto as condições locais de cada praia são importantes para determinar a qualidade da água do mar em Fernando de Noronha.

A estação do ano teve o efeito mais forte sobre a qualidade da água ($F = 138,8$; $p < 0.001$), seguida da presença de emissários ($F = 10,7$; $p < 0.001$) e do mar ($F = 5,1$; $p < 0.001$). Além dos preditores em separado, também houve efeitos interativos importantes da estação do ano com os demais preditores, mostrando que o efeito dos emissários, do

mar e até mesmo as médias específicas de cada praia mudam de acordo com a estação do ano (Tabela 2; todos os $p = 0.001$). Por fim, a circulação de água foi importante para regular a qualidade da água na Baía do Sueste, com diferenças significativas da porção com águas mais estagnada em relação com onde a água circula mais ativamente ($F = 3,2$; $p = 0.007$).

Tabela 2 - Resultados da análise Multivariada dbRDA e PERMANOVA.

Análise de redundância canônica baseada em distâncias (dbRDA)					
Especificação do modelo:					
Parametros ~ Estacao * (Mar + Local + Emissario) + Circulacao + Condition(Local)					
Variância total:100% Condiciona:23,3% Explicada:42,4% Não Explicada:34,3%					
Análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA)					
Preditor	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	R ² (Total)	F	p
Estação	1	7,31	0,2495	138,8	0,001 ***
Emissário	2	1,12	0,0384	10,7	0,001 ***
Circulação	1	0,17	0,0060	3,2	0,007 **
Estação:Mar	1	0,27	0,0092	5,1	0,001***
Estação:Local	14	3,12	0,1067	4,2	0,001 ***
Estação:Emissário	2	0,39	0,0134	3,7	0,001**
Residual	191	10,05	0,3432	-	

As análises com o modelo linear e o Critério de Akaike (AIC) demonstram a dependência direta (Tabela 3) entre cada parâmetro físico-químico e seus preditores.

Tabela 3 - Modelos finais com variáveis retidas pelo critério de akaike (aic). A relação de dependência está indicada pelo termo “~”. Nos quais: (1 + estação | local) significa que cada praia possui uma media local própria por estação do ano e (1 | local) significa que cada praia possui apenas uma média local, independente da estação do ano.

Variável	Modelo final
Amônia	$\log(\text{Amonia} + 1) \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Emissario} + (1 + \text{Estacao} \text{Local})$
Nitrito	$\log(\text{Nitrito} + 1) \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Emissario} + (1 + \text{Estacao} \text{Local})$
Nitrato	$\log(\text{Nitrato} + 1) \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Emissario} + (1 + \text{Estacao} \text{Local})$
Ortofosfato	$\log(\text{Ortofosfato} + 1) \sim 1 + \text{Estacao} + (1 + \text{Estacao} \text{Local})$
pH	$\text{pH} \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Emissario} + \text{Circulacao}$
OD	$\text{OD} \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Mar} + \text{Estacao:Mar} + (1 \text{Local})$
Temperatura	$\text{Temp} \sim 1 + \text{Estacao} + \text{Emissario} + \text{Circulacao} + (1 + \text{Estacao} \text{Local})$

5.1 Análise de Temperatura

A Temperatura teve um efeito da estação no ano, presença de emissário e circulação no Sueste, com diferenças importantes entre praias (Tabela 3). A média geral na ilha foi de $28,1 \pm 0,85$ na estação chuvosa e $27,4 \pm 1,17$ na estação seca (Figura 4).

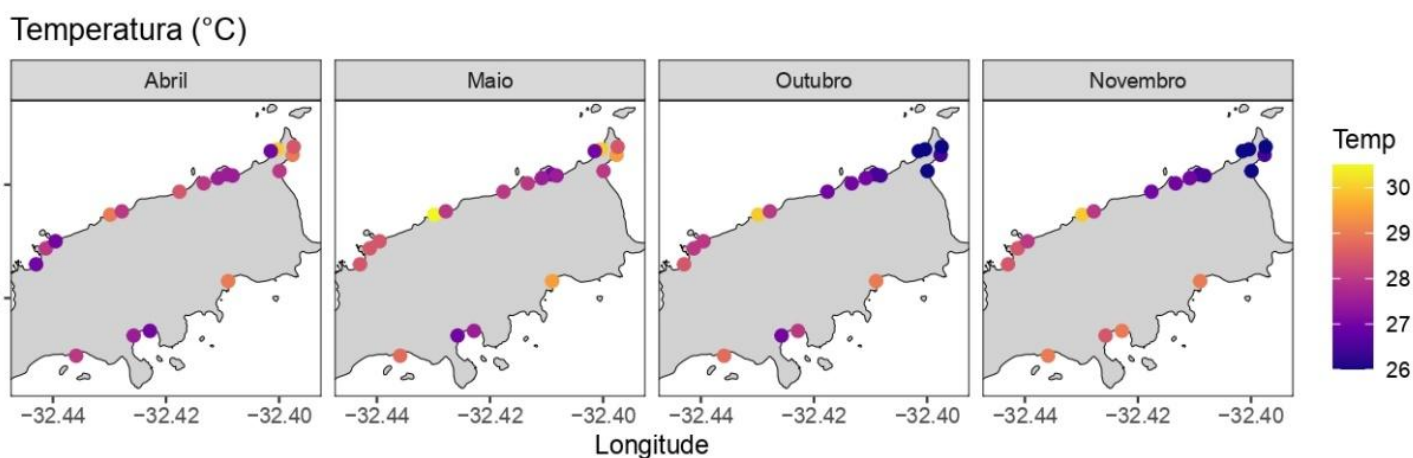


Figura 4 - Médias mensais de temperatura em cada sítio amostrado.

Segundo Paes (2018) em 2017 a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) ao redor de Fernando de Noronha foi mais alta no período de abril-maio (25°C - 27°C) se comparado a outubro de 2015 (23°C - 27°C). O que corrobora com valores encontrados neste trabalho, quando os meses de abril-maio obtiveram uma temperatura média de $28,1^{\circ}\text{C} \pm 0,85$ e no período de estiagem de $27,4^{\circ}\text{C} \pm 1,17$. O que é demonstrado, também, por Cardonha (2005), que relatou no período chuvoso o valor mediano de 29°C e na estiagem de 27°C ao analisar águas das praias de Natal-RN.

No presente trabalho foi encontrada uma temperatura média mais elevada no ponto de coleta próximo ao emissário do Boldró e em regiões com menor circulação de água: Atalaia e Sueste (Figura 5). A maior temperatura no Boldró pode estar relacionada com a presença de uma piscina natural rasa. O deságue do emissário de dessalinização

também pode aumentar a temperatura da água ao chegar ao mar com temperatura mais elevada que a temperatura ambiente. No caso do Sueste e Atalaia, a temperatura mais alta pode resultar da restrição parcial da circulação vertical da água, uma vez que o Sueste possui uma baía abrigada e o Atalaia uma piscina natural.

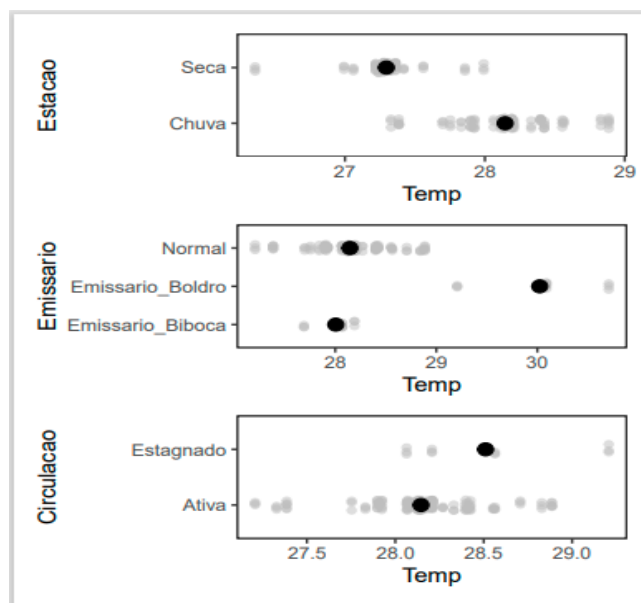


Figura 5 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para Estação do ano; Emissário; e Circulação.

5.2 Análise do pH

O pH mudou de acordo com a estação no ano, presença de emissário, circulação e feições particulares a cada praia amostrada (Tabela 3). A média geral na ilha de $8,1 \pm 0,1$ na estação chuvosa e $8,5 \pm 0,04$ na estação seca (Figura 6). Esta amplitude de diferença entre estações também foi encontrada por Zietz et al. (2001), que constatou o pH difere entre a estação seca e chuvosa ao longo da costa da Alemanha. Valores de pH próximo a 8 também são citados por Mota (2021), no entorno do emissário submarino de Santos. Os valores ligeiramente altos de pH podem ter relação com os elevados níveis de fósforo nas águas do entorno da ilha principal, haja vista o relato de Masaguer (1967) em que aponta o fósforo como um fator para o aumento dos níveis de pH.

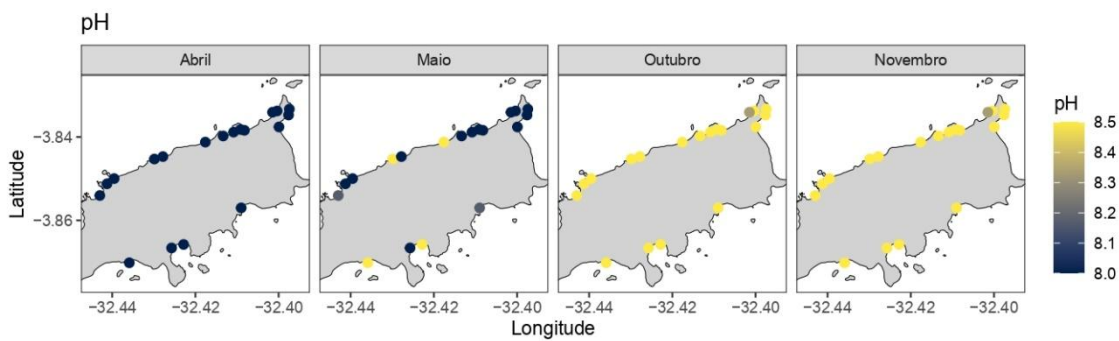


Figura 6 - Médias de pH por mês em cada sítio amostrado.

Outro fator importante é o teor de 70% de carbonato no sedimento marinho da ilha (OLIVEIRA, 2016) segundo a classificação de Larssoneur et al. (1982), pode-se caracterizar o assoalho marinho como biogênico, logo, um possível culpado para os valores de pH maiores na seca e em praias com águas mais paradas é a não diluição do carbonato de cálcio pelas águas fluviais.

Foi observado um valor de pH mais elevado no emissário do Boldró (Figura 7) se comparado ao da Biboba. A diferença entre os emissários pode ser explicada pelo volume de água que chega ao mar, uma vez que, no Boldro o fluxo de água do emissário é visualmente muito maior que na Biboca. Embora fique claro que os maiores valores de pH ocorrem na estação seca independente da presença de emissário.

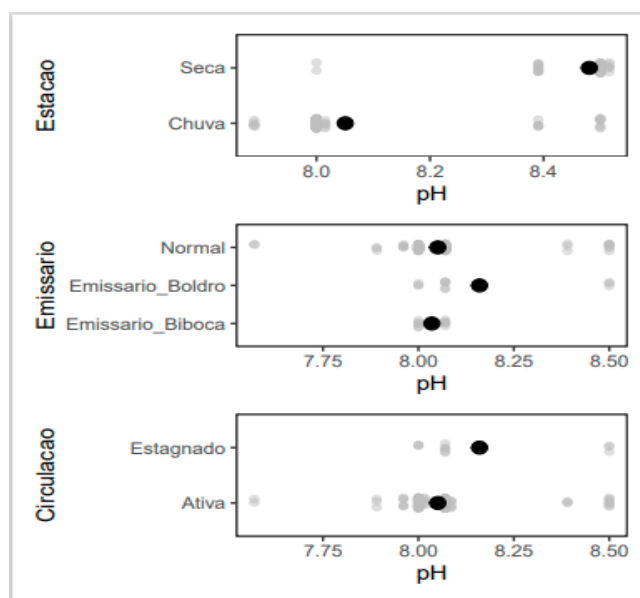


Figura 7 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores: Estação do ano; Emissário e Circulação.

5.3 Análise de Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD variou bastante com a estação no ano, com uma influência das características locais de cada praia, que também mudaram entre as estações (Tabela 3). Média geral na ilha de $8,7 \pm 0,4$ na chuva e $9,1 \pm 0,6$ na seca (Figura 8).

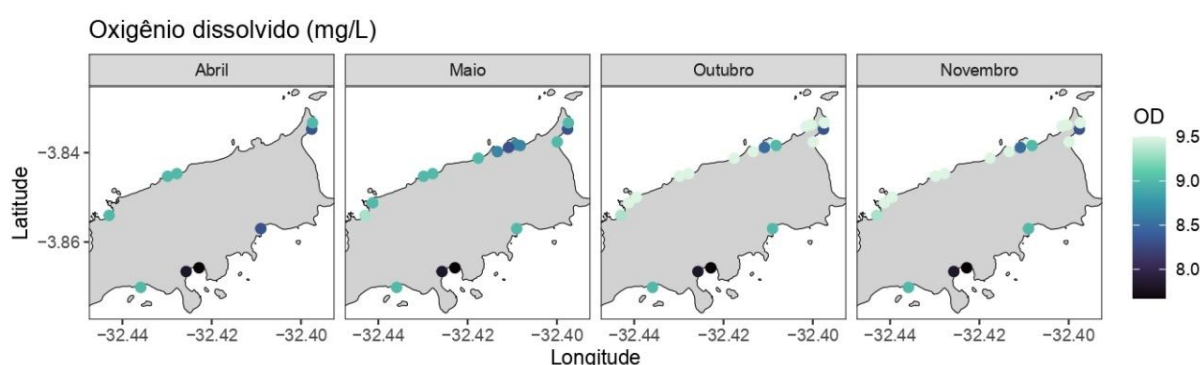


Figura 8- Médias de OD por mês em cada sítio amostrado.

O OD manteve-se em níveis elevados durante todos os meses de análises. Valendo a ressalva que, as temperaturas mais baixas no período seco influenciam na capacidade da água em comportar mais oxigênio dissolvido (Figura 9). Os altos níveis de OD são normais em águas marinhas devido à oxigenação pelas ondas do mar (FERNANDES, 2017). Outro padrão foi encontrado em relação ao “Mar de Dentro” e “Mar de Fora”, onde nos dois períodos de análises o Mar de Dentro manteve-se com valores ligeiramente mais altos de OD se comparado com o Mar de Fora. Esse padrão pode ser explicado pela logística das coletas, dos 5 locais de coleta no Mar de Fora, três deles têm características de mares sem agitação na maré baixa, por sua vez, no Mar de Dentro, todas as coletas foram feitas na zona de arrebanção.

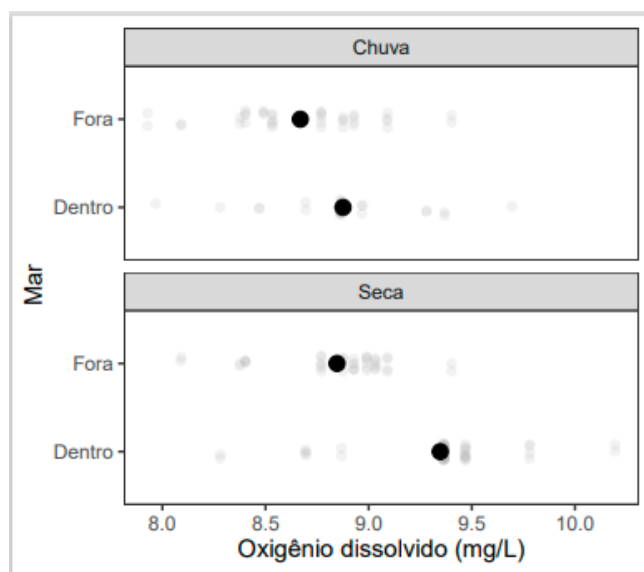


Figura 9– Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do ano; Emissário e Circulação.

5.4 Análise do Ortofosfato

O ortofosfato foi afetado apenas pela estação do ano, mas apresentou mudanças consideráveis entre as praias. De modo geral, a concentração de ortofosfato variou de forma bastante heterogênea entre as praias e ao longo das amostragens (Figura 10). A Baía do Sueste apresentou os valores mais altos, em especial durante o período seco, quando a renovação de água dentro da Baía é reduzida.

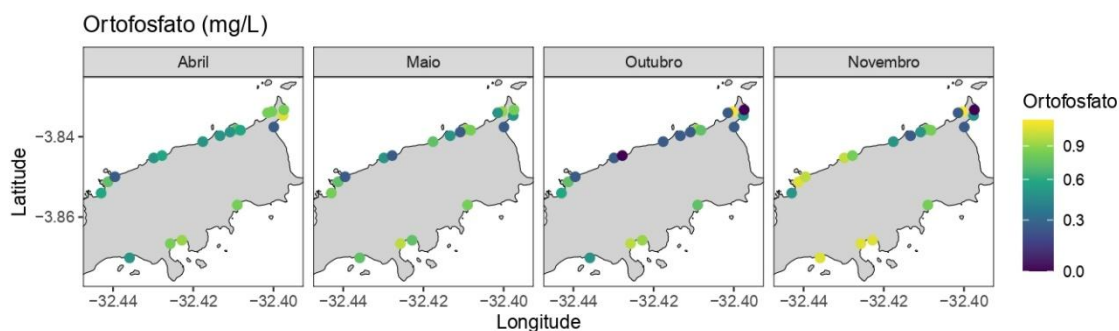


Figura 10- Médias de Ortofosfato por mês em cada sítio amostrado.

A concentração de fósforo dissolvido foi alta em todas as praias da ilha principal ao longo de praticamente todo o ano. Segundo Oliveira (2016) o fósforo é carregado pela água das chuvas, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo, quando as concentrações de fósforo foram maiores (Figura 11). Em especial no período chuvoso, quase todas as praias da ilha obtiveram resultado impróprio para uso de contato primário se considerado a concentração de Fósforo (Figura 12), demonstrando uma média geral com 3,4 vezes mais fósforo ($0,21\text{mg/L}\pm 0,07$) que o estipulado ($\leq 0,062\text{mg/L}$) pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). De todas as praias estudadas, apenas a Enseada dos Tubarões apresentou valores de fósforo compatíveis com o uso, mas apenas durante a estação seca.

Uma grande parte desse fósforo pode ser explicado pela interação das aves com as ilhas oceânicas. Esses ambientes são importantes áreas de nidificação de muitas espécies de aves, como atobás, fragatas, viuvinhas, entre outras. Um dos frutos dessa atividade de nidificação é a presença de altos teores de fósforo no ambiente, exercendo forte influência na ciclagem de nutrientes e na produtividade biológica marinha, uma vez que, esses teores de fósforo são levados ao mar pela lixiviação (DE OLIVEIRA, 2009).

Nota-se que o fosfato não está atrelado a presença de emissário, logo, podemos deduzir que, para a situação atual, o parâmetro não é um bom indicador de poluição. Podendo ter sua origem do solo vulcânico da ilha e do guano das aves. Discordando de Aminot; Chaussepied (1983) em que altas concentrações de fósforo indicam fontes de contaminação antrópicas.

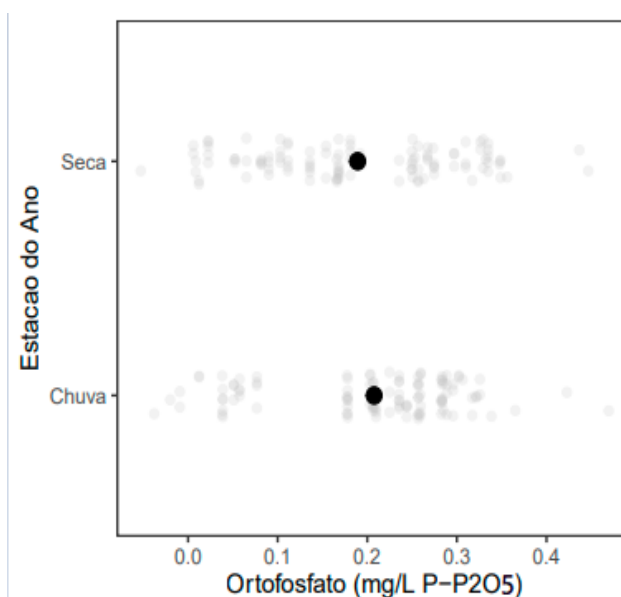


Figura 11 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para o preditor Estação do Ano.

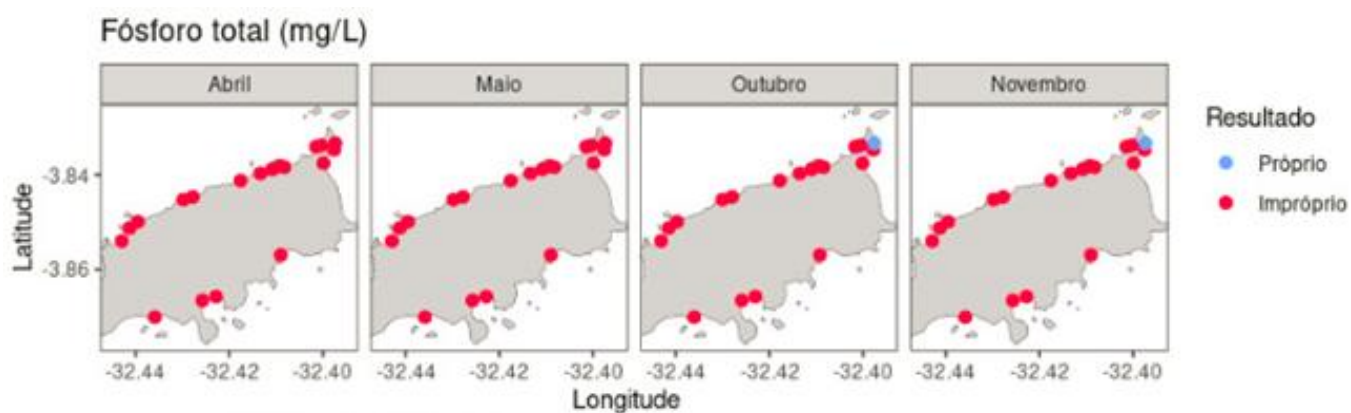


Figura 12 - Médias de Fósforo comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em azul é o ponto de coleta da Enseada dos Tubarões

5.5 Análise da Amônia

A amônia, medida a partir do nitrogênio amoniacal, teve influência muito forte da presença de emissários e um efeito fraco da estação do ano, contando ainda com diferenças nas concentrações relativas às condições de cada praia (tabela 3). A média na ilha de $0,13 \pm 0,1$ na chuva e $0,11 \pm 0,2$ na seca (Figura 13).

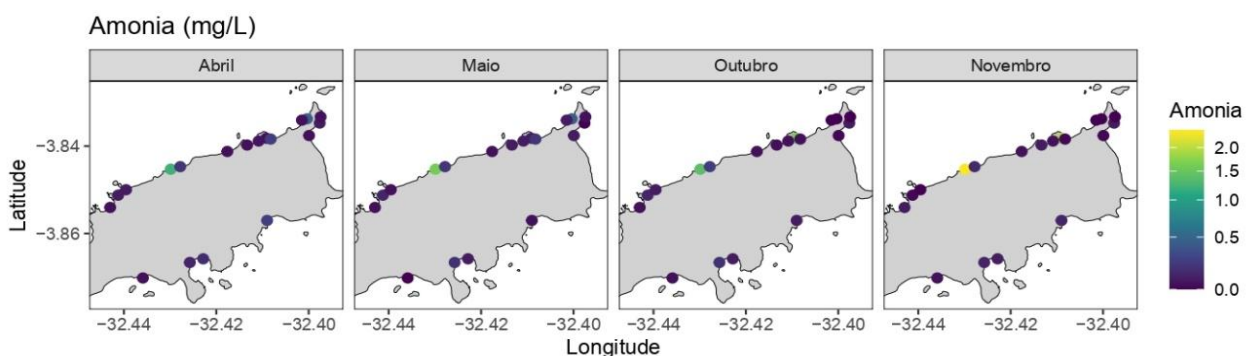


Figura 13 - Médias de amônia por mês em cada sítio amostrado.

Pode-se observar que os maiores valores de amônia encontram-se atrelados a presença de emissário e aumenta no período seco (Figura 14), o que está em

consonância, em partes, com Oliveira (2016), que indica que os teores de nitrogênios no sedimento estão atrelados a presença de emissários naturais. Porém, outras praias apresentam lixiviação e formação de emissários naturais, mesmo assim, não se identificou níveis acima do estabelecido pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Apenas as praias com emissários não naturais (Biboca e Boldró) estavam com os pontos de coletas impróprios para contato primário, o que indica que a amônia tem origem primariamente antrópica (Figura 15). Segundo Arana (2004), a amônia é prejudicial aos animais aquáticos quando encontrada em altas concentrações. O pH elevado das águas marinhas aumentam o risco de intoxicação por tornar a amônia mais reativa (CARMOUZE, 1994), devendo portanto receber atenção redobrada.

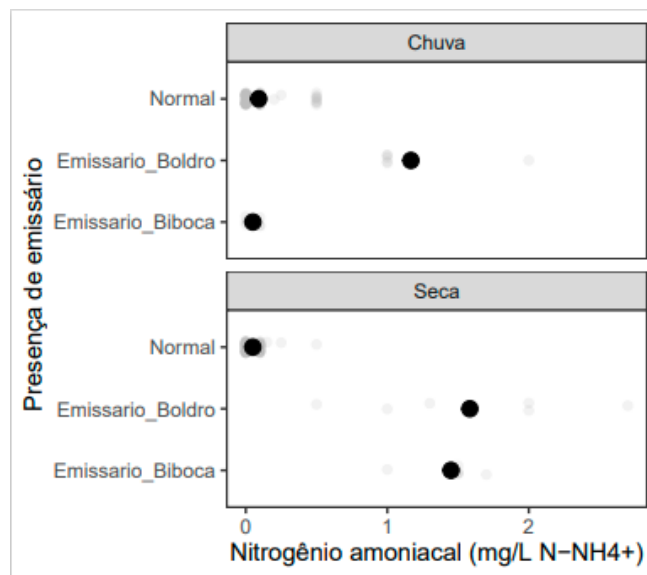


Figura 14 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.

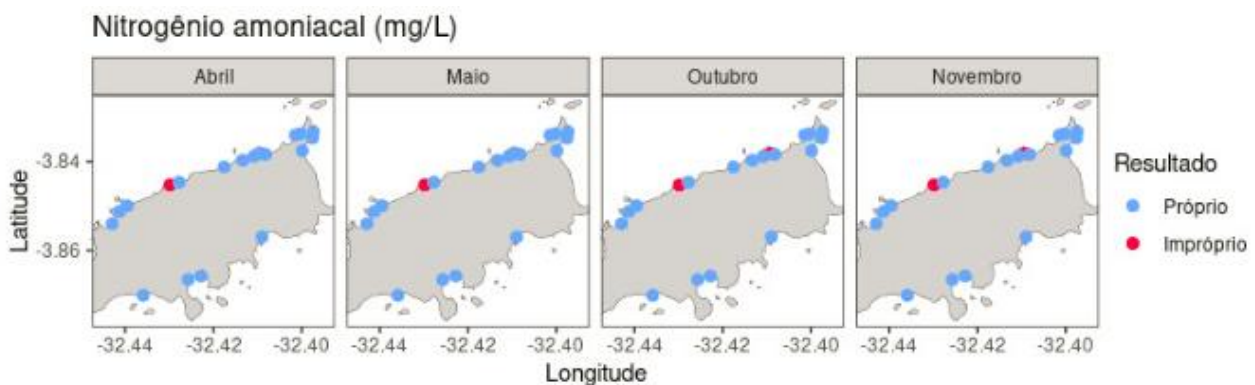


Figura 15 - Médias de nitrogênio amoniacal comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em vermelho são os pontos de coleta no Boldró 2 e na praia do Cachorro.

5.6 Análise do Nitrato

O Nitrato foi influenciado pela estação no ano, emissário e apresentou diferenças específicas a cada praia. A Baía do Sueste, praias com emissários e a praia do Cachorro apresentaram os valores mais altos de Nitrito em especial na estação chuvosa. As praias nordestes da ilha (Caeira, Buraco da Raquel e Enseada dos Tubarões) também mostram valores de nitrato mais altos durante a estação chuvosa, indicando um efeito local das chuvas sobre essas praias. A concentração média na ilha foi de $0,15 \pm 0,1$ na chuva e $0,1 \pm 0,05$ na seca (Figura 16).

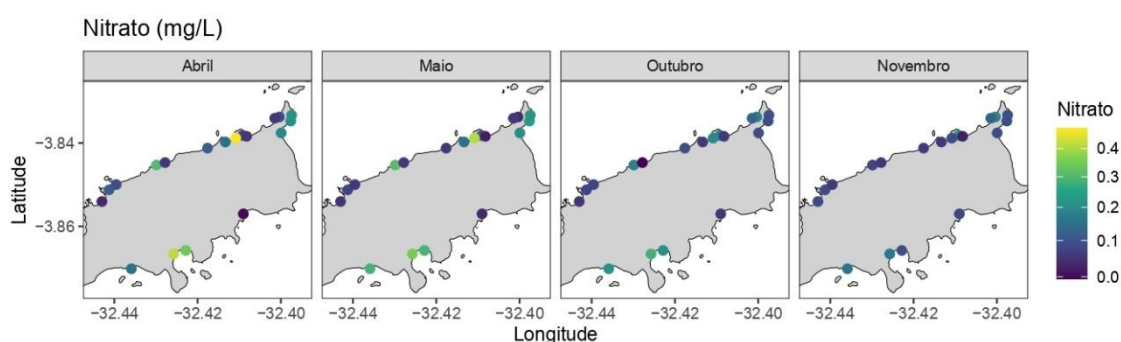


Figura 16 - Médias de Nitrato por mês em cada sítio amostrado.

Como no caso da amônia, foi observado que no período chuvoso o emissário do Boldró apresenta níveis mais elevados se comparado ao emissário da Biboca e as outras praias (Figura 17). Outro padrão se repete nesse nutriente, quando observamos que na estação seca o emissário da Biboca aumenta drasticamente sua concentração e que no caso em questão, chegou a superar os teores de nitrato no emissário do Boldro.

Uma possível explicação se dá no fato de na estação seca o emissário da Biboca não ser diluído nas águas fluviais, podendo conter teores de nutrientes mais elevados que o do Boldró, e sem sua diluição os impactos desse emissário ficam mais evidentes no período de estiagem. É importante relatar que o emissário do Boldró chega através

de um cano que o despeja diretamente na praia e o emissário da Biboca desce todo um desfiladeiro de pedra, vegetação e barro, antes de chegar a Praia da Biboca.

Mesmo com essa diferença entre os emissários, os pontos coletados ficaram dentro do estipulado pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005), as praias que tiveram pontos impróprios foram Cachorro no período de chuvas e Sueste no mês de Abril apenas no ponto onde há visitação (Figura 18). Destaque para a praia do Cachorro onde quando chove muito, observa-se um emissário natural chegando à praia. Segundo Niencheski et al. (2006) em trabalho realizado na Lagoa dos Patos, no Sul do Brasil, normalmente observa-se que os problemas de poluição são agravados no momentos onde há um aumento do nível pluviométrico, causando maior lixiviação das áreas urbanas e maior aporte de esgoto em áreas sem tratamento adequado. Este é um ponto importante para ser observado em relação ao Nitrato e correlacioná-lo com amônia e a alta ocupação humana no arquipélago de Fernando de Noronha.

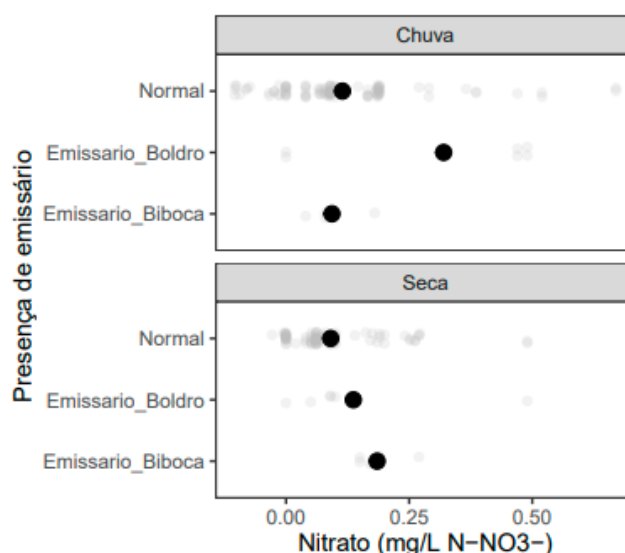


Figura 17 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.

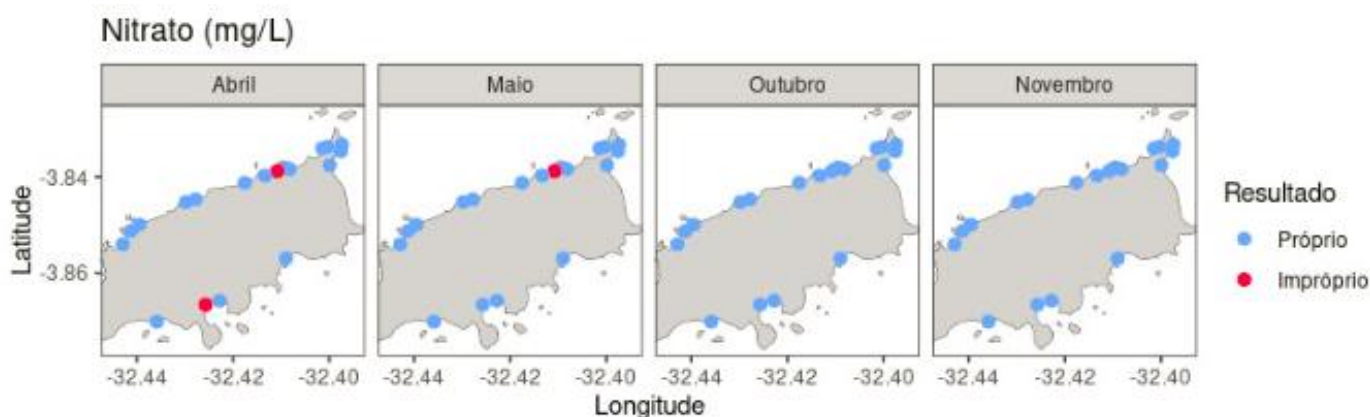


Figura 18 - Médias de Nitrato comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005). Em vermelho são Cachorro em abril-maio e Sueste 1 em abril.

5.7 Análise do Nitrito

O nitrito variou de acordo com a estação do ano, presença de emissário e apresentou diferenças entre praias no geral e em cada estação do ano (Tabela 3). Os maiores valores foram registrados na praia da Caieira durante a estação chuvosa, mas no geral houve muitas diferenças entre praias. Assim como o nitrato, a Praia do Cachorro apresentou concentrações consideravelmente altas de nitrito em ambas as estações do ano, assim como os emissários do Boldró e Biboca. Os valores de nitrato também foram altos na Praia do Sancho e na Baía do Sueste. A média na ilha de $0,05 \pm 0,02$ na chuva e $0,04 \pm 0,02$ na seca. (Figura 19).

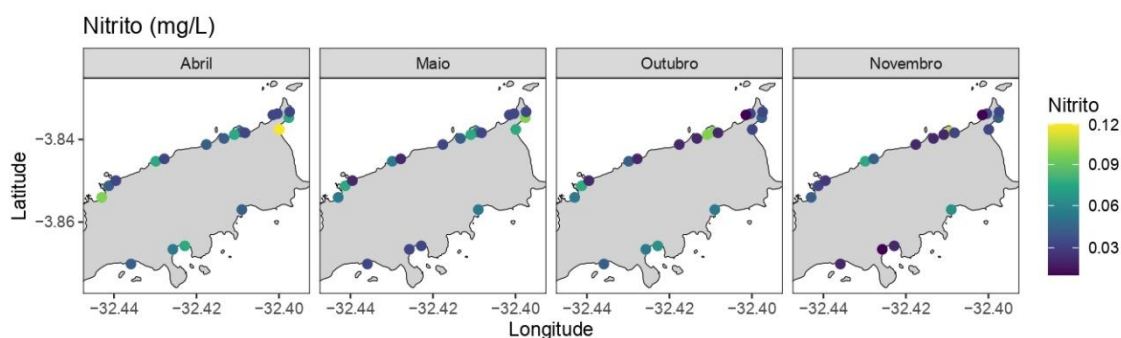


Figura 19 - Médias de Nitrito por mês em cada sítio amostrado.

Os compostos nitrogenados parecem mostrar valores congruentes entre si, sendo afetados primariamente pela presença de emissários. O perfil da concentração de nitrito foi bastante semelhante à de nitrato, com valores maiores próximos a emissários e durante a estação chuvosa. No período seco, a concentração de nitrito aumenta consideravelmente próximo ao emissário da Biboca (Figura 20). Todas as praias, no entanto, apresentaram concentrações aceitáveis de nitrito, estando próprias para uso de contato primário.

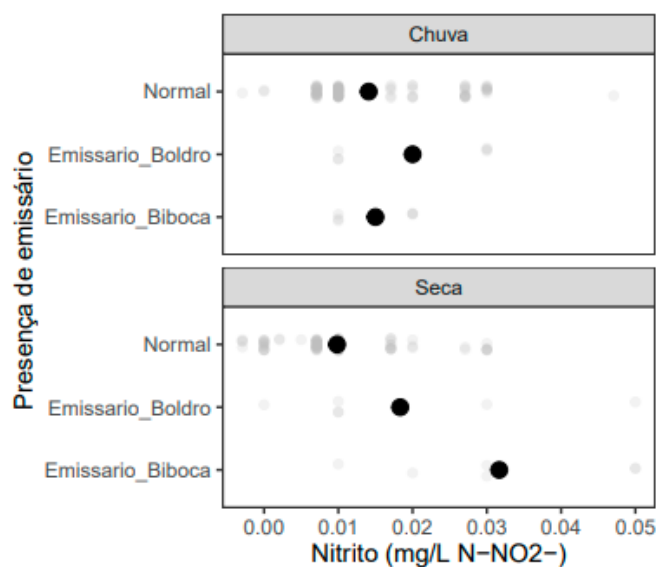


Gráfico 19 – Resultados das médias obtidas pelo modelo linear para os preditores Estação do Ano e Emissários.

6. Conclusões

A maioria das praias da ilha principal apresentam condições consideradas adequadas para uso. As praias próximas a emissários apresentam concentrações altas de compostos nitrogenados, na maioria das vezes estando impróprias para uso.

A qualidade da água muda da estação seca pra a chuvosa, com aumento na concentração da maioria dos nutrientes acompanhadas por um aumento nos níveis de oxigênio dissolvidos e reduções de temperatura e pH.

A concentração de fósforo dissolvido é alta em toda a ilha principal e bastante heterogênea entre as praias. Essas concentrações altas não parecem ter causa antrópica, estando relacionadas com componentes físicos (solos minerais férteis) e bióticos (lixiviação de guano) da ilha principal.

A presença de compostos nitrogenados, no entanto, parece estar associada à ação humana no arquipélago, atingindo concentrações maiores e por vezes até impróprios para uso próximos aos emissários.

A partir do estudo podemos identificar a necessidade de analisar de modo frequente as praias do Arquipélago de Fernando de Noronha, mantendo um

monitoramento dos parâmetros físico-químicos, acrescido de análises microbiológicas e outros fatores, a fim de subsidiar ações de conservação dos organismos aquáticos e o bem estar da população e visitantes que utilizam o ambiente.

7. Referências bibliográficas

ALFAKIT.sd. Disponível em: <https://alfakit.com.br/>. Acesso: 14 de ago. 2022.

ASSUNÇÃO, Ramilla Vieira. **Variabilidade sazonal da dinâmica oceânica na região do mar de dentro do arquipélago de Fernando de Noronha, PE**. 2017. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

ALMEIDA, F.F.M. Arquipélago de Fernando de Noronha-Registro de monte vulcânico do Atlântico Sul. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília, ed 1ª, p. 361-368, 2002.

TUNDISI, J. G. Novas Perspectivas para a Gestão dos Recursos Hídricos. **Revista USP (Superintendência de Comunicação Social da Universidade de São Paulo)**, São Paulo, v 1, n. 70, p.24-35. 2006.

ALVES, R. J. V. – Terrestrial vascular floras of Brazil's oceanic archipelagos. **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo, p. 83-104, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas**. 2006. Brasília. ISBN: 8587166913

ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade de água na Aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões. **Catarina Editora**, Santa Catarina, p. 231. 2004

BARBIERI, Edison et al. Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananeia-SP. **O mundo da saúde**, v. 38, n. 1, p. 105-115, 2014.

BAIRD, C. Química Ambiental. **Bookman**. Porto Alegre, 2ª Ed, 2002.

BATISTELLA, M. Cartografia ecológica do Arquipélago de Fernando de Noronha. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1990, Manaus. [Anais] São José dos Campos: INPE. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/17390>. Acesso: 15 de maio. 2022.

BRASIL. Decreto Nacional Nº 9.985, de 18 de julho de 1986. Declara Área de Proteção Ambiental o Território Federal de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas e os Penedos de São Pedro e São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D92755.htm. Acesso em: 17 de maio de 2022.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm#:~:text=LEI%20N%209.985%2C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 17 de maio de 2022.

CARMOUZE, J. P. O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. **Edgard Blücher**. São Paulo, p.253. 1994.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA N 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.

COSTA, Thiago Emanuel Bezerra. **Variações horárias na entrada e saída dos golfinhos-rotadores e sua relação com fatores ambientais, na Baía dos Golfinhos em Fernando de Noronha PE**. 2011. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2011.

DE OLIVEIRA, Sonia Maria Barros et al. Evidência geoquímica de solos formados pela interação de guanos com rochas vulcânicas, Ilha Rata, Fernando de Noronha (PE). **Série Científica**, São Paulo., v. 9, n. 3, p. 03-12, 2009.

DA SILVA ALVES, Luciano; RABELO, Isabela Santos. Avaliação da balneabilidade das Praias do Farol da Barra e Porto da Barra. **Natural Resources**. , Salvador, v. 9, n. 1, p. 38-46, 2019.

DA SILVA F.; Maria J.; GÓMEZ, C. R. P. Impactos Ambientais do Turismo em um Destino Turístico Insular: um Estudo em Fernando de Noronha - PE. . In: IX Seminário da Associação Nacional Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo, 2012, São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2012. p. 1-15.

DA SILVA, José Roberto Lopes et al. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Fernando de Noronha. **Irriga**, Recife, v. 19, n. 3, p. 390-404, 2014.

FERNANDES, Ane Josana Dantas et al. Avaliação de parâmetros físico-químicos da água dos maceiós do Bessa e Intermares/PB. **Revista Principia**, Paraíba,v. 36, p. 29-41, 2017.

FERNANDES, Múcio Luiz Banja et al. Estudo de balneabilidade em quatro praias do arquipélago de Fernando de Noronha baseado em análise de coliformes totais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-9, 2021. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19784>. Acesso: 10 de maio. 2022.

FIORUCCI, A. R; FILHO, E. N. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, v. 22, p. 10-16, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>. Acesso: 20 de maio.2022.

GASPAROTTO, F. A. Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia na Aquicultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

TAVARES, R.G. Rosangela. Problemas operacionais na indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da região metropolitana do Recife. 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) -Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.

IBAMA.MMA. 2005. Plano de Manejo da APA de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/A-PM_APA_Fernando_de_Noronha_-_Encartes_1_e_2.pdf. Acesso em: 17 de maio.2022.

LIMA, M. T. Avaliação da qualidade recreacional no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha–PE. Um estudo de caso na praia da Atalaia. Monografia – Universidade Federal da Bahia (Graduação em Oceanografia). Bahia, 2018.

MMA. 2022. Biodiversidade. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acesso em: 17 de maio.2022.

MARQUES, F.A.; RIBEIRO, M.R.; BITTAR, S. M.B.; LIMA NETO, J. A.; LIMA, J. F. W. F. 2007. “Caracterização e classificação de Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1023-1034, 2007.

KEGLEY S. E; ANDREWS, J. The chemistry of water. University Science Books, 1998. ISBN 978-0-935702-44-6.

MASAGUER, J Ramón; LÓPEZ-BENITO, Manuel. Estudio del hierro y fosfatos en agua de mar (ría de Vigo) y del equilibrio entre dichos iones. **Consejo Superior de Investigaciones Científicas**, Espanha, 1967. P.33 ISSN 0020-9953. Disponível em: <https://digital.csic.es/handle/10261/88473>. Acesso: 20 de maio.2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biodiversidade Brasileira, [sd]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html#footer>. Acesso em: 17 de maio. 2022.

NOGUEIRA, F. B; COSTA, I. A; PEREIRA, U.A. Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis–Goiás.2015. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

NIENCHESKI, L. F. H., BARAJ, B., WINDOM, H. L.,FRANÇA, R. G. Natural background assessment and its anthropogenic contamination of Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Al and Fe in the sediments of the Southern area of Patos Lagoon. **Journal of Coastal Research**. p. 1040-1043, 2006. ISSN 0749-0208. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25741738>. Acesso: 15 de maio.2022.

OLIVEIRA, L. E. E. Estudo da matéria orgânica sedimentar como indicador ambiental nas adjacências do Porto do Recife, Ilha de Itamaracá e arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco). 2016. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

PAES, B. C. E. Massas d’ água no entorno do Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas. 2018. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

REVERDIN, G., RUAL, P., DU PENHOAT, Y., GOURIOU, Y., 1991. Vertical structure of the seasonal cycle in the central equatorial Atlantic Ocean: XBT sections from 1980o 1988. J. Phys. **Oceanogr**. 21, 27–291.1991. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1991\)021<0277:VSOTSC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1991)021<0277:VSOTSC>2.0.CO;2). . Acesso: 15 maio.2022.

SANTOS, E. F. Temperatura da superfície dos oceanos sob a perspectiva da teoria das matrizes aleatórias. 2020. Tese (Doutorado em Biometria e estatística aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco .2020.

SOUSA, E.B. DE; COSTA, V.B. DA; PEREIRA, L.C.C. & COSTA, R.M. DA. 2008. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil). **Acta Botanica Brasílica**, v. 22. p. 26-636, 2008.

ZIETZ, B.P.; NORDHOLD, G.; KETSERIDIS, G. & PFEIFFER, E.H. Mutagenicity of Baltic seawater and the relation to certain chemical and microbiological parameters. **Marine Pollution Bulletin**. v.42, p. 845-851, 10 out. 2001. Doi [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00238-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00238-1). Acesso: 15 maio.2022.