



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

**PAULO SÉRGIO DE SOUZA MATOS**

**MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE RADIOSSONDAGEM EM  
AMBIENTES INSULARES E PROTEGIDOS. ESTUDO DE CASO: ARQUIPÉLAGO  
FERNANDO DE NORONHA - PE**

**Recife, 2016**

**PAULO SÉRGIO DE SOUZA MATOS**

**MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE RADIOSSONDAGEM EM  
AMBIENTES INSULARES E PROTEGIDOS. ESTUDO DE CASO: ARQUIPÉLAGO  
FERNANDO DE NORONHA - PE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva  
Orientador

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva  
Co-Orientador

**Recife, 2016**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Amanda Tavares CRB4 1751

- M425 Matos, Paulo Sérgio de Souza.  
Monitoramento ambiental dos resíduos de radiossondagem em ambientes insulares e protegidos. Estudo de caso: arquipélago Fernando de Noronha - PE. / Paulo Sérgio de Souza Matos. – Recife, PE: O autor, 2016.  
103 f.: il., color. ; 30 cm.
- Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.
- Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2016.
- Inclui referências.
1. Gestão Ambiental 2. Monitoramento Ambiental. 3. Radiossondagem. 4. Ambientes Insulares. I. Silva, Hernande Pereira da (Orientador). II. Título.

551.51 CDD

## APRESENTAÇÃO

Paulo Sérgio de Souza Matos é militar da ativa do Comando da Aeronáutica (COMAER), com formação técnica em comunicações pela Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR). Atualmente, serve no Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III), que é uma unidade militar pertencente ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

É Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), ano de 2012, e pós-graduado em Gestão Pública pelo IFPE, ano de 2014.

No CINDACTA III exerce, prioritariamente, a função de Supervisor Técnico do Centro de Processamento de Dados (CPD). Paralelamente, atua como membro da Comissão de Sustentabilidade da Unidade desde o ano de 2010, na qual procura contribuir para que ocorram boas práticas socioambientais na Organização Militar.

Em função da habilitação na especialidade de comunicações pela EEAR, esteve designado para servir no arquipélago Fernando de Noronha no período de 2005 a 2007, quando desempenhou a função de operador de Estação Rádio, que, entre outras atribuições, promove o Serviço de Informação de Voo (AFIS) para as aeronaves que circulam no raio de 27 milhas náuticas (50 km) do Arquipélago.

Essa permanência na Ilha foi fundamental para perceber que aquele local carece de atenção especial, seja em função da importância ecológica das suas unidades de conservação ou mesmo pelas fragilidades nos sistemas de gestão para sustentabilidade que são adotados pelos diversos atores locais – os órgãos públicos, as empresas privadas e a comunidade.

Uma dessas fragilidades é o não monitoramento ambiental dos resíduos derivados da radiossondagem. Isso fez merecer atenção para ser apresentado como objeto de estudo para o Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, pois se entende que o ambiente insular de Fernando de Noronha, sendo estratégico para manutenção de 16 espécies ameaçadas de

extinção, exige que todas as atividades antrópicas no Arquipélago sejam rigorosamente monitoradas.

### **Dedicatória**

Dedico esta dissertação ao Deus que me sustenta. Também à Viviane Matos, esposa amada, que faz uso da sabedoria feminina e garante o apoio necessário a todo tempo. Igualmente aos meus filhos João Paulo Matos, Júlia Matos e Paula Yane Matos, que, verdadeiramente, são pedaços meus que coexistem fora de mim.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (*in memoriam*), por todo esforço realizado para garantir o meu aprendizado formal e não formal.

Ao então Senhor Comandante do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo, Cel Aviador Paulo Eduardo Albuquerque de Magella, pelo irrestrito apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

À Coordenação do Programa de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE).

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva, que conduziu de forma extremamente hábil e paciente a construção do conhecimento deste estudo.

Ao meu Co-orientador, Prof. PhD. Jose Antônio Aleixo da Silva, pelas contribuições que se fizeram necessárias em momentos oportunos.

Aos Professores do MPGA, em especial à Dra. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho, à Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra e ao Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues, nos quais faço espelho na arte de educar.

Aos meus amigos de turma do MPGA 2014, os quais souberam fazer das aulas e das visitas técnicas momentos únicos e suficientes para serem eternizados na lembrança e na saudade.

Por fim, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste sonho.

*“É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz,  
de tal forma que, num dado momento, a tua fala seja a tua prática”*

**(Paulo Freire)**

## RESUMO

A radiossondagem é uma técnica utilizada para captura de dados meteorológicos da camada de ar superior. A partir de dispositivos radioelétricos e sensores que sobem na atmosfera sustentados por balões, múltiplas informações de meteorologia (temperatura, pressão, umidade, direção e velocidade dos ventos) são coletadas e enviadas para uma estação de solo. Diversos órgãos públicos e privados realizam a radiossondagem. Na Aeronáutica, é a Estação Meteorológica de Altitude (EMA), instalada no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), que tem o propósito de coletar, processar e difundir essas informações. Uma das estações operadas pela Força Aérea Brasileira (FAB) está localizada na ilha principal do arquipélago Fernando de Noronha. Assim, como o objetivo deste trabalho é monitorar os resíduos da radiossondagem em ambientes insulares e protegidos, de forma a preservar e a conservar os bens e os recursos legalmente reconhecidos, a Ilha foi escolhida para realizar o estudo de caso. No total foram analisados 200 arquivos de sondagens, ocorridos entre os anos de 2010 a 2014. Os dados secundários, coletados junto ao Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fernando de Noronha (DTCEAFN), foram tabulados e projetados em mapas temáticos e em gráficos. A proposta dessa ação foi de compreender e de evidenciar a distribuição espacial da posição de estouro dos balões em relação às unidades de conservação circunvizinhas à base de lançamento (a Área de Proteção Ambiental e o Parque Nacional Marinho). Os resultados mostraram que, em função da Aeronáutica considerar apenas as coordenadas geográficas dos balões meteorológicos até o momento do estouro na atmosfera (o que se deu a altura superior a 20 km em 88% dos casos analisados), dificulta definir o local de queda da carga residual envolvida, pois a trajetória percorrida pelo conjunto de voo está atrelada a inúmeros fatores, entre eles a intensidade e a direção dos ventos (parâmetros de comportamento não uniforme nas camadas atmosféricas). No entanto, na pesquisa, notou-se que, um ajuste na forma de realizar o lançamento de radiossondas no Arquipélago viabilizará o mapeamento do local de queda dos resíduos e, conseqüentemente, predizer as implicações que decorrem para o meio ambiente natural protegido. No que se refere às externalidades que os resíduos do conjunto de voo (borracha, plásticos, nylon, baterias, eletroeletrônicos, entre outros) podem provocar ao cair no oceano nas espécies escolhidas para análise, percebeu-se, por via da matriz de interação de impactos, que as tartarugas, os tubarões e as aves são os mais suscetíveis aos seus efeitos negativos. Assim, com base no estudo realizado, algumas sugestões de melhorias para a atividade foram apresentadas. A expectativa é de torná-la o mais segura, previsível e sustentável do ponto de vista ambiental, de forma que possa ser utilizada como modelo de referência para outras ilhas oceânicas que realizam o lançamento de balões meteorológicos em condições similares.

**Palavras-chave:** Radiossondagem, Atividades Humanas, Sustentabilidade, Ambientes Insulares.

## ABSTRACT

A radiosounding is a technique used to capture meteorological data from the upper air layer. From radio electric devices and sensors that go up into the atmosphere sustained by balloons, multiple weather information (temperature, pressure, humidity, direction and speed of winds) are collected and sent to a station in soil. Several public and private organizations make the radiosounding. In the Brazilian Air Force (FAB), is realized in the Altitude Meteorological Station (EMA), installed in the Brazilian Airspace Control System (SISCEAB), which aims to collect, process and disseminate information. One of the stations operated by the Brazilian Air Force is located on the main island of the archipelago of Fernando de Noronha. So, as the objective of this study is to monitor the waste of radiosonde in insular and protected environments, in order to preserve and conserve the assets and the legally recognized resources, the island was chosen to be the case study. A total of 200 probe files were analyzed among the years 2010-2014. The secondary data were collected by the Posting of Airspace Control of Fernando de Noronha (DTCEAFN), were tabulated and designed in thematic maps and graphics. The proposal of this action was to understand and demonstrate the spatial distribution of balloons overflow position, about the surrounding conservation units of the launch base (the Environmental Protection Area and National Marine Park). The results showed that, in function of the Brazilian Air Force only consider the geographic coordinates of weather balloons until the burst in the atmosphere (which was given in the height of more than 20 km in 88% of analyzed cases), becomes difficult to define the fall location of the residual charge, because the trajectory followed by the flight is linked to several factors, including the intensity and direction of winds (nonuniform behavior parameters in atmospheric layers). However, in this research, it was observed that is needed an adjustment in the launch of radiosondes in the archipelago, thus, will allow the mapping of the location of the residual fall and, therefore, predict the implications in the arising protected the implications in a protected natural environment. With regard to externalities that the flight ensemble residues (rubber, plastic, nylon, batteries, electronics, etc.) may provoke, when they fall into the ocean in the species chosen for analysis, was perceived, by means of the interaction of matrix impacts that, turtles, sharks and birds are most susceptible to its adverse effects. Thus, based on the study conducted, some suggestions for improvement for the activity were presented. The expectation is to make it more secure, predictable and sustainable from an environmental point of view, so that it can be used as a reference model for other oceanic islands that perform launching weather balloons in similar conditions.

**Keywords:** Radiosounding, Human Activities, Sustainability, Insular Environments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Objetos utilizados na radiossondagem.....	22
Figura 2	Resíduos da atividade de radiossondagem.....	22
Figura 3	Rastros de resíduos no estômago de aves marinhas.....	24
Figura 4	Tartaruga marinha encontrada morta enroscada em rede de pesca.....	25
Figura 5	Rabo de palha de bico vermelho.....	25
Figura 6	Pardela de asa-larga.....	26
Figura 7	Tartaruga-cabeçuda.....	26
Figura 8	Tartaruga-verde.....	27
Figura 9	Tartaruga-de-pente.....	27
Figura 10	Tartaruga-oliva.....	28
Figura 11	Radiossonda RS92-SGP utilizada pelo Comando da Aeronáutica.....	31
Figura 12	Estações Meteorológicas de Altitude (EMA) no Brasil.....	32
Figura 13	Unidades de conservação homologadas em Fernando de Noronha.....	35
Figura 14	Alimentação utilizada na radiossondagem em Fernando de Noronha.....	40
Figura 15	Limites da APA Fernando de Noronha.....	42
Figura 16	Limites do PARNAMAR Fernando de Noronha.....	43
Figura 17	Disposição básica de edificações da EMA.....	44
Figura 18	Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fernando de Noronha.....	47
Figura 19	Módulo de armazenamento de Fernando de Noronha.....	48
Figura 20	Conjunto de voo pronto para soltura na atmosfera.....	48
Figura 21	Balão utilizado no conjunto de voo das sondagens.....	50
Figura 22	Radiossonda RS92-SGP, sensores e antenas.....	50
Figura 23	Fluxograma metodológico para o desenvolvimento da pesquisa.....	52
Figura 24	Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2010.....	58
Figura 25	Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2010.....	59
Figura 26	Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2010.....	60
Figura 27	Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2010.....	61
Figura 28	Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2010.....	62
Figura 29	Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2011.....	63
Figura 30	Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2011.....	64
Figura 31	Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2011.....	65
Figura 32	Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2011.....	66
Figura 33	Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2011.....	67
Figura 34	Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2012.....	68
Figura 35	Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2012.....	69
Figura 36	Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2012.....	70
Figura 37	Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2012.....	71
Figura 38	Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2012.....	72
Figura 39	Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2013.....	73
Figura 40	Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2013.....	74
Figura 41	Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2013.....	75
Figura 42	Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2013.....	76
Figura 43	Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2013.....	77
Figura 44	Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2014.....	78
Figura 45	Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2014.....	79
Figura 46	Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2014.....	80
Figura 47	Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2014.....	81

Figura 48	Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2014.....	82
Figura 49	Distribuição espacial dos estouros no verão dos anos de 2010 a 2014.....	87
Figura 50	Estouros sucessivos do ano de 2014.....	89
Figura 51	Lixo encontrado no estômago da tartaruga em Fernando de Noronha.....	91
Figura 52	Trajectoria de voo e coordenada final da radiossonda NOAA (07/10/2008)....	92
Figura 53	Etiqueta “Sounding data at this point”, radiossonda NOAA (07/10/2008)....	92

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Azimute nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014.....	85
Gráfico 2	Direção dos ventos nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014.....	86
Gráfico 3	Intensidade dos ventos nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014.....	86
Gráfico 4	Azimute em dias sucessivos do verão de 2014.....	88
Gráfico 5	Direção dos ventos em dias sucessivos do verão de 2014.....	88
Gráfico 6	Intensidade dos ventos em dias sucessivos do verão de 2014.....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Resíduos da radiossondagem pela norma ABNT 10004/2004.....	21
Quadro 2	Espécies protegidas catalogadas pelo ICMBIO no PARNAMARFN.....	23
Quadro 3	Classificação de pilhas e baterias portáteis.....	39
Quadro 4	Arquivos de sondagens levantados no período de 2010 a 2014.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2010.....	58
Tabela 2	Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2010.....	59
Tabela 3	Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2010.....	60
Tabela 4	Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2010.....	61
Tabela 5	Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2011.....	63
Tabela 6	Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2011.....	64
Tabela 7	Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2011.....	65
Tabela 8	Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2011.....	66
Tabela 9	Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2012.....	68
Tabela 10	Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2012.....	69
Tabela 11	Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2012.....	70
Tabela 12	Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2012.....	71
Tabela 13	Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2013.....	73
Tabela 14	Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2013.....	74
Tabela 15	Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2013.....	75
Tabela 16	Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2013.....	76
Tabela 17	Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2014.....	78
Tabela 18	Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2014.....	79
Tabela 19	Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2014.....	80
Tabela 20	Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2014.....	81
Tabela 21	Parâmetros influenciáveis na posição do balão meteorológico na atmosfera.	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFIS	Serviço de Informação de Voo
APA	Área de Proteção Ambiental
FAB	Força Aérea Brasileira
CINDACTA III	Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
COMAER	Comando da Aeronáutica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPD	Centro de Processamento de Dados
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EEAR	Escola de Especialistas de Aeronáutica
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMA	Estação Meteorológica de Altitude
GEOSERE	Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
GPS	Global Positioning System / Sistema de Posicionamento Global
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
KMZ	Empacotamento de conteúdo utilizado pelo <i>google Earth</i>
NBR	Norma Brasileira
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PARNAMARFN	Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha
PSI	Libra força por polegada quadrada
PVC	Policloreto de polivinila
REDEMET	Rede de Meteorologia da Aeronáutica
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidades de Conservação
UHF	Ultra High Frequency
UTC	Tempo Universal Coordenado
VAISALA	Empresa Finlandesa para tecnologias climáticas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Situação problema.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Justificativa para a pesquisa em Fernando de Noronha.....</b>	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>29</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 A radiossondagem.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Radiossondagem na Aeronáutica.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Particularidades da radiossondagem em Fernando de Noronha.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4 Atividades humanas e o ambiente protegido de Fernando de Noronha.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5 Unidades de conservação e a efetividade do Plano de Manejo.....</b>	<b>36</b>
<b>3.6 Sustentabilidade e o ambiente diferenciado em Fernando de Noronha.....</b>	<b>38</b>
<b>3.7 As pilhas utilizadas na radiossondagem e as suas implicações para o meio natural.....</b>	<b>38</b>
<b>3.8 Os plásticos utilizados na radiossondagem e as suas implicações para o meio natural.....</b>	<b>40</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 Materiais utilizados.....</b>	<b>43</b>
4.2.1 MÓDULO DE MONITORAMENTO DA EMA.....	44
4.2.2 MÓDULO GERADOR DE HIDROGÊNIO.....	45
4.2.3 MÓDULO DE ARMAZENAMENTO E ENCHIMENTO DOS BALÕES.	46

4.2.4	ÁREA DE LANÇAMENTO.....	46
4.2.5	DADOS DE RADIOSSONDAGEM.....	46
<b>4.3</b>	<b>EMA DIGICORA III de Fernando de Noronha.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Finalidades da radiossondagem em Fernando de Noronha.....</b>	<b>49</b>
<b>4.5</b>	<b>O balão e o paraquedas do conjunto de voo.....</b>	<b>49</b>
<b>4.6</b>	<b>A radiossonda RS92-SGP e o conjunto de antenas envolvidas na atividade.....</b>	<b>50</b>
<b>4.7</b>	<b>Princípios básicos de funcionamento das radiossondagens.....</b>	<b>51</b>
<b>4.8</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>52</b>
4.8.1	COLETA DOS DADOS DE RADIOSSONDAGEM.....	53
4.8.2	ETAPA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	53
4.8.3	ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS PARA ANÁLISE.....	54
4.8.4	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	55
4.8.5	MELHORIAS POSSÍVEIS OBSERVADAS PARA A ATIVIDADE.....	56
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1</b>	<b>Mapas da região de estouro dos balões meteorológicos em Fernando de Noronha.....</b>	<b>57</b>
5.1.1	MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2010.....	58
5.1.2	MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2011.....	63
5.1.3	MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2012.....	68
5.1.4	MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2013.....	73
5.1.5	MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS NO ANO	

DE 2014.....	78
<b>5.2 Principais variáveis envolvidas na trajetória de voo dos balões meteorológicos.....</b>	<b>83</b>
<b>5.3 Análises das variáveis ambientais <i>versus</i> resíduos da radiossondagem.....</b>	<b>90</b>
<b>5.4 A NOAA e a radiossondagem.....</b>	<b>91</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>94</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>96</b>
<b>7.1 Ações de curto prazo.....</b>	<b>96</b>
<b>7.2 Ações de médio prazo.....</b>	<b>97</b>
<b>7.3 Ações de longo prazo.....</b>	<b>97</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>99</b>
ANEXO A – Autorização para a pesquisa.....	104

## 1 INTRODUÇÃO

A iniciativa em definir estratégias de proteção para os ambientes legalmente protegidos certamente envolvem o monitoramento das atividades humanas. Para tanto, um dos instrumentos mais utilizados para alcançar esse propósito é o estudo de impacto ambiental.

Tal estudo, por envolver o meio ambiente – que é um sistema complexo e de muitas interações – exige que as diretrizes de trabalho sejam definidas a partir de prioridades e de escolhas. Sánchez (2013), diz que, ao planejar um estudo de impacto ambiental, o analista depara-se com a necessidade de estabelecer critérios para incluir ou excluir determinado impacto potencial da relação daqueles que merecerão estudos e levantamentos detalhados durante a sua preparação.

Obedecendo a essa lógica de pensamento, nesta pesquisa, que tem como propósito monitorar os resíduos de radiossondagem e avaliar os seus impactos para os ambientes insulares e protegidos, foram definidos alguns temas prioritários para serem abordados na dissertação. Tal escolha objetiva limitar as perspectivas sobre a prática e, conseqüentemente, apontar o estudo para as externalidades que decorrem dos seus lançamentos em locais diferenciados.

Embora o apelo ambiental seja o grande norte para este estudo, na metodologia sugerida para o monitoramento da carga residual derivada da atividade, considerou-se também a possibilidade de recuperação e reutilização dos objetos recolhidos. Se não para utilização nos fins mais nobres para os quais são destinados (aviação, científicos, militares, entre outros), ao menos, para o aproveitamento em setores de menor poder de escala e de baixas implicações (instruções e treinamentos, por exemplo).

Além disso, há a expectativa de quebrar alguns paradigmas sobre os lançamentos. Um deles é o fato de, até então, os mantenedores da prática realizarem o acompanhamento da trajetória percorrida pelo conjunto de voo somente até o momento do estouro do balão na atmosfera (o que ocorre na maioria das vezes em altitude superior a 20 km), desprezando o acompanhamento do conjunto de voo após o acionamento dos paraquedas. Tal atitude remete a questionamentos, afinal, dificulta a aferição da local de queda dos resíduos envolvidos e, conseqüentemente, a estruturação de um plano de ação ambiental capaz de recolhê-los do meio ambiente natural.

Outro paradigma é a informação de que a sonda utilizada não é passível de reparo e de reutilização. Essa assertiva poderia ser comprovada se houvesse o monitoramento de toda a trajetória realizada pelo conjunto de voo na atmosfera, a identificação do local de queda, o seu recolhimento e a análise apropriada por especialistas independentes.

Neste cenário de questionamentos e levantamentos de possíveis ajustes de condutas na atividade, vale saber que há centenas de estações de lançamentos de radiossondas espalhadas pelo planeta, sendo algumas delas instaladas em ambientes insulares. Em função disso, nota-se ser fundamental estabelecer um mecanismo apropriado que permita um acompanhamento mais efetivo para a prática do início ao fim do processo (do berço ao túmulo), de forma a evitar que este aspecto ambiental – a radiossondagem – não se transforme em impacto ambiental para esses ambientes diferenciados, que apresentam importância estratégica para manutenção do capital natural ainda existente.

Nessa perspectiva, realizou-se um estudo de caso da atividade realizada no arquipélago Fernando de Noronha. A partir dos dados de lançamentos ocorridos na Ilha no período de 2010 a 2014 pelo Destacamento de Controle do Espaço Aéreo (DTCEA) local, disponibilizados pelo Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III), foram levantadas as eventuais implicações que os resíduos da radiossondagem podem motivar nas espécies legalmente protegidas nas Unidades de Conservação (UC) circunvizinhas à base de lançamento no Arquipélago, a saber: a Área de Proteção Ambiental e o Parque Nacional Marinho.

Com o estudo, o anseio que integra é despertar o assunto junto à comunidade científica e aos atores envolvidos no processo, de forma que se analise, projete, desenvolva e aplique melhorias no que for necessário para a atividade.

## **1.1 Situação problema**

O paradigma do desenvolvimento sustentável e as relações harmônicas entre o homem e o meio ambiente – ambos tão necessários para o contexto planetário vigente – ainda carecem de planejamento, reflexões e novas formas de agir e pensar. Nesse sentido, Branco (1999), diz que “o ser humano, com toda a sua consciência e capacidade de projetar, não elaborou, entretanto, o seu objetivo explícito, a sua meta, a sua diretriz em relação à natureza: não foi capaz, ainda, de propor um projeto a longo prazo”.

Nesse contexto, percebe-se que as atividades antrópicas crescem sobre o meio ambiente natural de forma vertiginosa, sem obediência a uma lógica de adaptação, de respeito

à capacidade de resiliência do ambiente. Ao retomar a temática, Branco (1999) diz que:

Enquanto as interferências de origem geo-astronômica se fazem de maneira extremamente lenta e segundo uma certa tendência probabilística, ambos fatores permitindo uma adaptação progressiva orientada pela “vontade própria”, ou pela seleção dos ensaios e experiências que se demonstraram mais “convenientes”, a atuação do homem é muito rápida e sem qualquer direção previsível”.

Note-se que a radiossondagem pode ser considerada como um desses casos de rápida atuação humana, pois, no caso de Fernando de Noronha, não houve análise prévia e nem foi considerado as externalidades que a atividade poderia trazer para o meio ambiente natural protegido.

Por outro lado – até de forma dicotômica – desenvolver um mecanismo que realize o monitoramento ambiental da radiossondagem, com vistas a identificar o provável local de queda dos resíduos e mensurar as eventuais implicações existentes para as unidades de conservação envolvidas, representa uma tomada de decisão efetiva.

Com a perspectiva de preocupação ambiental, é relevante saber que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10004/2004, define os resíduos perigosos (Classe I) como aqueles que apresentam periculosidade (risco à saúde pública ou risco ao meio ambiente), ou uma das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Por sua vez, a mesma norma diz que os resíduos não inertes (Classe IIA) são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (perigosos) ou de resíduos classe IIB (inertes) e podem ter propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Já os de classe IIB, ainda conforme NBR 10004/2004, são quaisquer resíduos que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Assim, ao considerar a norma supracitada, percebe-se que os resíduos derivados da radiossondagem abrangem todas as classificações possíveis: classe I (perigosos), de classe IIA (não inertes) e de classe IIB (inertes), conforme observado no Quadro 1. Isso ratifica a importância e a necessidade de monitorá-los, pois os impactos para os ambientes protegidos podem ser consideráveis.

Quadro 1. Resíduos da radiossondagem pela norma ABNT 10004/2004

Resíduo	Classe I (perigosos)	Classe IIA (não inertes)	Classe IIB (inertes)
Eletroeletrônico	X		
Baterias	X		
Plástico			X
Nylon			X
Barbante		X	
Borracha natural		X	
Borracha sintética			X
Metal			X

Fonte: elaborado pelo autor, 2015.

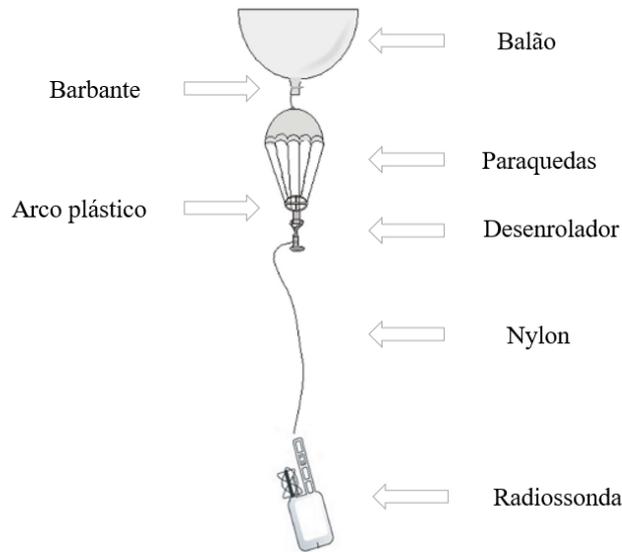
Embora os resíduos da radiossondagem apresentem classificações e diferentes graus de impacto para o meio ambiente de forma pré-estabelecida, ao levar em consideração as espécies protegidas no Arquipélago, esses também incorporam outra implicação. Por exemplo, se para uma estrela-do-mar o plástico não representa um risco imediato, para as tartarugas marinhas tal resíduo pode ser fatal.

Assim, em se tratando de meio ambiente, cadeia alimentar e relações entre as espécies, todos os fatores que decorrem do descarte inadequado de resíduos devem ser levados em apreciação. No mais, se há o agravante de haver espécies legalmente protegidas e reconhecidas como ameaçadas de extinção, como é o caso de Fernando de Noronha, tomar ações preventivas para evitar, reduzir ou remediar os eventuais impactos que possam advir das atividades humanas nesses meios remete a melhor estratégia na luta pela manutenção do capital natural existente.

## 1.2 Justificativa para a pesquisa em Fernando de Noronha

O conjunto de voo utilizado na radiossondagem em Fernando de Noronha envolve o balão meteorológico, o paraquedas e a radiossonda, além do nylon, o desenrolador, o arco plástico e o barbante (Figura 1).

Figura 1. Objetos utilizados na radiossondagem

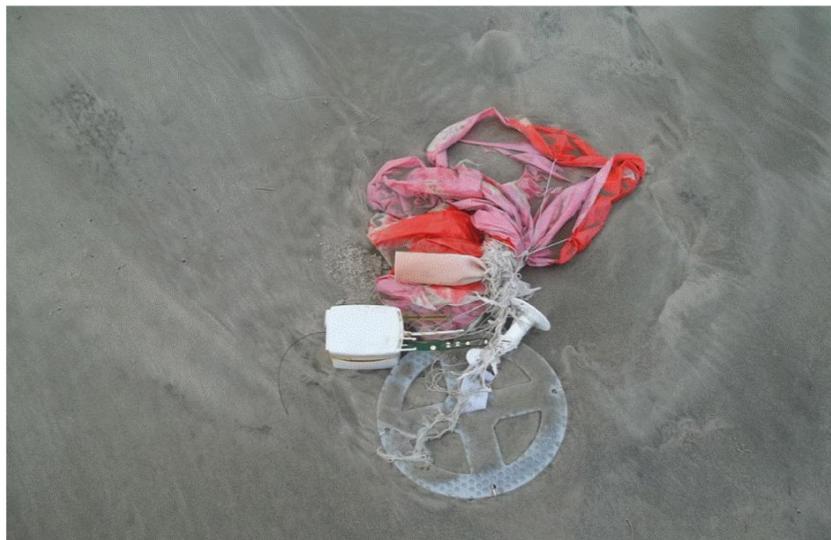


Fonte: elaborado pelo autor, com base no manual técnico da sonda RS92-SGP.

Assim, considerando-se o impacto que esses resíduos no pós-lançamentos (Figura 2) podem motivar nos ambientes insulares e protegidos, bem como o rigor da legislação quando se trata de destinação ambientalmente adequada de eletroeletrônicos, por exemplo, já denota a importância do estudo ora proposto.

No mais, o horizonte para a atividade corrobora com a necessidade de adoção de práticas sustentáveis para a mesma. Nesses casos, compatibilizar os interesses da segurança aeronáutica – e das próprias atividades econômicas que utilizam esses dados para os seus negócios – com os aspectos ambientais, faz parte da melhor solução.

Figura 2. Resíduos da atividade de radiossondagem



Fonte: Jonatas Matias, 2015.

Além disso, vale saber que os fatores levantados até então sobre a radiossondagem realizada em Fernando de Noronha são representativos não somente pelos impactos que já podem ter causado aos ecossistemas naturais, mas, sobretudo, pelos impactos que ainda podem causar. Por ser uma atividade essencial e de importância estratégica para a segurança aérea e para as pesquisas climatológicas, a expectativa é de que a mesma seja duradoura.

Isso posto, contextualizando o estudo com as informações do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que é o responsável pela gestão do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMARFN), levantou-se que no bioma marinho costeiro protegido do Arquipélago há 16 espécies ameaçadas de extinção (Quadro 2) sujeitas aos resíduos da radiossondagem. Note-se que há espécies de diversas naturezas catalogadas como protegidas pelo ICMBio no PARNAMARFN (corais, aves, moluscos, répteis, crustáceos etc), o que denota a importância em avaliar os eventuais impactos que decorrem dos resíduos da atividade.

Quadro 2. Espécies protegidas catalogadas pelo ICMBIO no PARNAMARFN

	Espécie	Nome Científico
1	Tartaruga-cabeçuda	<i>Caretta caretta</i>
2	Tartaruga-verde	<i>Chelonia mydas</i>
3	Cebito	<i>Elaenia ridleyana</i>
4	Estrela-do-mar	<i>Echinaster (Othilia) guyanensis</i>
5	Ouriço-satélite	<i>Eucidaris tribuloides</i>
6	Tartaruga-de-pente	<i>Eretmochelys imbricata</i>
7	Caranguejo	<i>Johngarthia lagostoma</i>
8	Tartaruga-oliva	<i>Lepidochelys olivácea</i>
9	Coral-de-fogo	<i>Millepora alcicornis</i>
10	Tubarão-limão	<i>Negaprion brevirostris</i>
11	Rabo de palha de bico vermelho	<i>Phaethon aethereus</i>
12	Caranguejo	<i>Percnon gibbesii</i>
13	Gorgônia	<i>Phyllogorgia dilatata</i>
14	Rabo de junco de bico laranja	<i>Phaethon lepturus</i>
15	Pardela de asa-larga	<i>Puffinus lherminieri</i>
16	Juruviara-de-noronha	<i>Vireo gracilirostris</i>

Fonte: ICMBio, 2015.

Deste modo, ao atentar para as espécies supracitadas, percebe-se que algumas apresentam maior probabilidade de sofrer danos ao entrar em contato com os resíduos da radiossondagem, seja pelo fato de ingeri-los – ao se confundir com alimento – ou mesmo pela possibilidade de se enroscar no emaranhado de fios de nylon e de barbantes utilizados no conjunto de voo.

É de conhecimento geral relatos sobre aves marinhas encontradas impactadas pelo fato de terem se alimentado de rastros de resíduos encontrados nos oceanos (Figura 3), bem como é comum a notícia de serem localizadas tartarugas marinhas mortas pelo fato de se enroscarem e ficarem presas em redes de pesca (Figura 4).

Figura 3. Rastros de resíduos no estômago de aves marinhas



Fonte: Catraca Livre, reprodução, 2016.

Figura 4. Tartaruga marinha encontrada morta enroscada em rede de pesca



Fonte: ECOD, reprodução Flávia Guebert, 2016.

Ao contextualizar com a área de estudo, um exemplo de espécie sujeita aos resíduos de radio sondagem é o rabo de palha de bico vermelho (Figura 5). Por ser uma ave tropical que voa baixo para pegar pequenos peixes e moluscos, é possível que a espécie confunda parte desse material com o seu alimento natural. Do mesmo efeito sofre a pardela de asa-larga (Figura 6).

Figura 5. Rabo de palha de bico vermelho



Fonte: Internet (autor desconhecido), 2016.

Figura 6. Pardela de asa-larga



Fonte: Internet (autor desconhecido), 2016.

Por sua vez, as tartarugas marinhas protegidas no PARNAMAR de Fernando de Noronha, entre elas a tartaruga-cabeçuda (Figura 7), a tartaruga-verde (Figura 8), a tartaruga-de-pente (Figura 9) e a tartaruga-oliva (Figura 10), tanto podem sofrer com a ingestão inadequada dos resíduos sólidos quanto pelo enroscamento nos fios existentes.

Figura 7. Tartaruga-cabeçuda



Fonte: Projeto TAMAR, 2015.

Figura 8. Tartaruga-verde



Fonte: Projeto TAMAR, 2015.

Figura 9. Tartaruga-de-pente



Fonte: Projeto TAMAR, 2015.

Figura 10. Tartaruga-oliva



Fonte: Projeto TAMAR, 2015.

Assim, percebe-se a importância e a necessidade em verificar as implicações que os resíduos da radiossondagem (plásticos, baterias, cordas, eletroeletrônicos, nylon, entre outros) podem motivar nas espécies protegidas na área do Arquipélago, de forma que se evite, reduza ou mitigue os eventuais impactos que possam existir.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Monitorar os resíduos da atividade de radiossondagem em ambientes insulares e protegidos, como forma de garantir a natureza intocada ou de uso sustentável desses locais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Reproduzir 200 lançamentos de radiossondas em Fernando de Noronha, 40 por ano, no período de 2010 a 2014
- Elaborar mapas temáticos
- Investigar uma metodologia para o monitoramento ambiental da radiossondagem realizada em ambientes insulares e protegidos
- Inferir eventuais impactos da atividade para as espécies protegidas nas unidades de conservação locais
- Sugerir melhorias na atividade

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A proposta do corrente tópico é apresentar a radiossondagem, bem como destacar a importância dos ambientes protegidos para a preservação e conservação das espécies, refletindo sob a prerrogativa da efetividade dos Planos de Manejo que os sustentam.

Nesse contexto, priorizou-se destacar características do arquipélago Fernando de Noronha, já que é a área de estudo desta lide.

#### 3.1 A radiossondagem

A atmosfera terrestre possui uma estrutura vertical extremamente variável quanto a inúmeros aspectos: composição, temperatura, umidade, pressão, movimentos etc (VIANELLO, 2000). Assim, para obtenção dos dados meteorológicos dessa região, houve aperfeiçoamento muito expressivo no tipo e na precisão dos instrumentos criados para esse fim. Atualmente, é crescente o uso de radiossonda, utilizada para obtenção de dados das características da atmosfera superior (AYOADE, 1996).

No início, o processo de radiossondagem envolvia apenas a monitoração da velocidade do vento com o auxílio de um teodolito<sup>1</sup>, por via de enchimento, soltura e observação da ascensão de um balão de borracha preenchido com hidrogênio. Posteriormente, novos dispositivos eletrônicos foram agregados ao mecanismo, trazendo maior precisão e maior número de dados coletados.

Esses primeiros dispositivos implementados ao conjunto de voo foram sensores de pressão, umidade e temperatura do ar, que eram medidos e transmitidos via rádio para uma estação terrestre. No entanto, os grandes desafios para os mantenedores da prática continuavam a ser mensurar a direção e velocidade do vento – que ainda era realizado por meios visuais – de forma relacionada com as coordenadas geográficas da trajetória realizada.

O primeiro sistema de navegação utilizado para promover tal intenção foi baseado em oito estações transmissoras terrestres, que permitiam as sondas informarem dados de posicionamento quando em deslocamento sobre o planeta. Posteriormente, fez-se necessário adotar outro sistema de localização, o GPS (Sistema de Posicionamento Global), que, sendo mais preciso, mostrava a posição exata das radiossondas durante o voo realizado (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

Dessa forma, a radiossondagem tornou-se mais eficaz no seu propósito, visto que, a

---

<sup>1</sup> Instrumento destinado a medir ângulos horizontais e verticais, bem como determinar distâncias e alturas.

partir de então, as coordenadas geográficas da trajetória do voo ficaram correlacionadas com as informações capturadas.

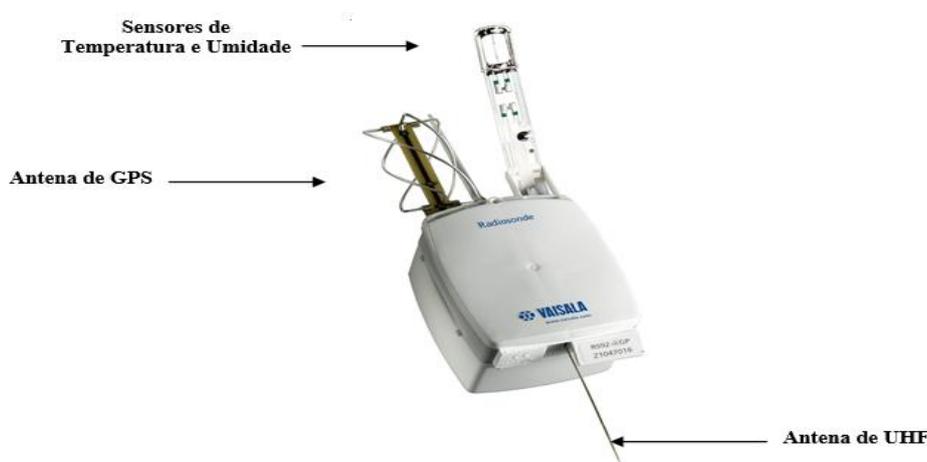
### 3.2 Radiossondagem na Aeronáutica

Diversos órgãos públicos e privados realizam a radiossondagem. Na aeronáutica, é a Estação Meteorológica de Altitude (EMA), instalada no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), que tem o propósito de coletar, processar e difundir essas informações.

Os parâmetros básicos medidos pela EMA são pressão, temperatura, umidade e vento. Essas informações, além de serem usadas em previsões meteorológicas, no auxílio à navegação, no monitoramento ambiental e em estudos climáticos no Brasil, são também enviadas para órgãos internacionais que processam esses dados, tal como a Organização Meteorológica Mundial (OMM).

O equipamento radioelétrico utilizado pela Força Aérea Brasileira (FAB) para obtenção dos dados da camada de ar superior é a radiossonda RS92-SGP, que é fabricado pela empresa Vaisala<sup>2</sup> (Figura 11). A opção por essa tecnologia se deu pela necessidade de confiabilidade e precisão nos dados coletados em diferentes camadas da atmosfera, pois essas informações são utilizadas na elaboração das cartas meteorológicas de área, que apoiam o planejamento dos voos, a fim de que ocorram com a maior segurança possível dentro do espaço aéreo brasileiro.

Figura 11. Radiossonda RS92-SGP utilizada pelo Comando da Aeronáutica



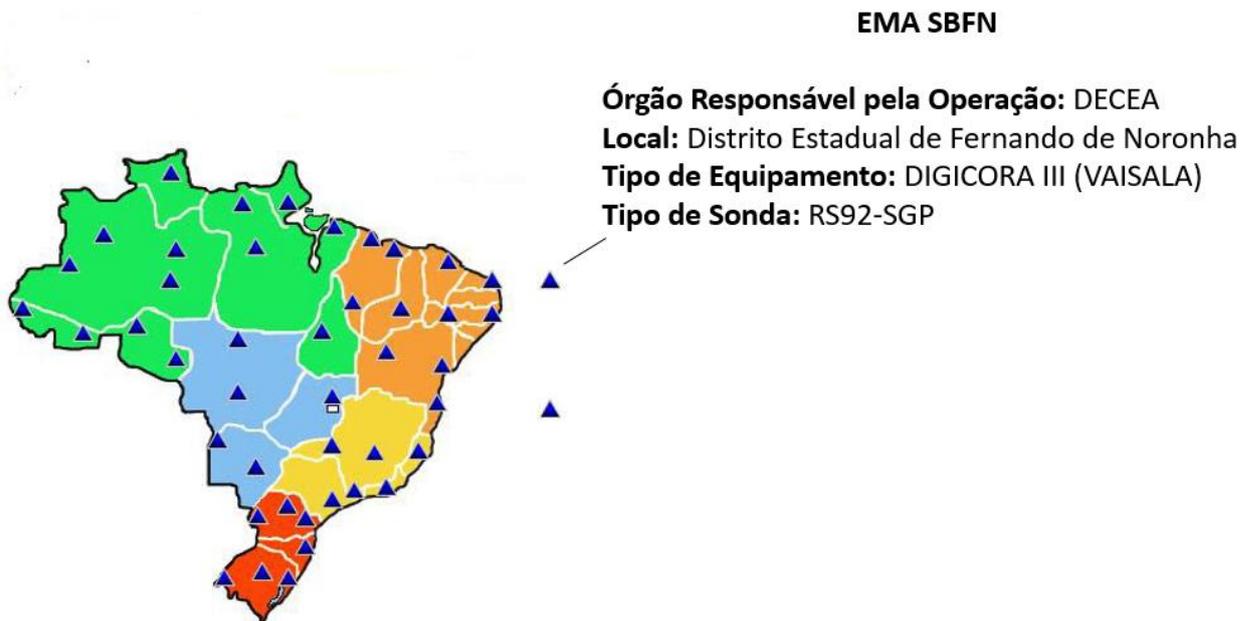
Fonte: Comando da Aeronáutica, 2013.

<sup>2</sup>

Empresa finlandesa, líder mundial em tecnologia de medições ambientais e climatológicas.

Assim, devido à importância da atividade para a segurança aeronáutica, as Estações Meteorológicas de Altitude do SISCEAB foram distribuídas em vários locais do país, ficando uma delas instalada na ilha principal do arquipélago Fernando de Noronha - PE (Figura 12).

Figura 12. Estações Meteorológicas de Altitude (EMA) no Brasil



Fonte: REDEMET (2015), adaptado pelo autor.

A EMA instalada no Arquipélago é operada por militares especialistas em meteorologia formados pela EEAR, habilitados pelo curso de Operação de Estação Meteorológica de Altitude. No local, os militares trabalham em regime de escala, diuturnamente, a fim de cumprir com os dois lançamentos diários recomendados pela OMM.

### 3.3 Particularidades da radiossondagem em Fernando de Noronha

Lançar balões meteorológicos em ambientes insulares traz uma conotação diferente à atividade se comparado ao lançamento a partir do continente, pois os equipamentos transportados (sensores, baterias, GPS, paraquedas etc) têm grande probabilidade de cair no oceano.

Assim, contextualizado a radiossondagem ao Arquipélago, que possui unidades de conservação estratégicas para a manutenção e preservação de espécies da fauna e da flora brasileira, os balões meteorológicos na localidade ganharam proporções emblemáticas. Isso pelo fato de, os dados levantados para a pesquisa junto ao Terceiro Centro Integrado de

Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III), indicarem que já houve mais de 10.000 lançamentos no Arquipélago desde a inauguração da estação no ano de 1999, e todos terem ocorridos sem que nenhum monitoramento do local de queda da carga residual fosse feito.

Essa foi a principal razão em escolher Fernando de Noronha para desenvolver a pesquisa, pois a localidade apresenta as condições ideais para o fim ao qual o estudo se propõe: monitorar os resíduos de radiossondagem em ambientes insulares com unidades de conservação no entorno à base de lançamento.

O apoio para o trabalho foi assegurado pelo Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Anexo A), visto que a proposta do estudo está apoiada no novo Regulamento de Administração da Aeronáutica divulgado em 2014, o qual diz ser necessário incentivar a prática da preservação ambiental e empregar os meios disponíveis, adotando medidas que evitem ou mitiguem a degradação do meio ambiente da Organização Militar e adjacências (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2014).

Assim, nesse cenário de estudo, a expectativa é tanto favorecer o responsável pelo lançamento – principalmente no que tange à utilização de equipamentos de menor poder de impacto para o meio ambiente – quanto os gestores dos ambientes protegidos, no sentido de acompanhar de forma mais efetiva o desenvolvimento da atividade.

### **3.4 Atividades humanas e o ambiente protegido de Fernando de Noronha**

A crise da biodiversidade atinge as diferentes escalas de organização biológica (genética, específica e ecossistêmica) nas mais diversas regiões do planeta (PIMM; RAVEN, 2000; LOYOLA; LEWINSON, 2009; LOREAU et al, 2006). Ao mesmo tempo, os indicadores de pressões sobre a biodiversidade (incluindo a conversão de habitats, o consumo de recursos, as espécies exóticas invasoras, a poluição por nitrogênio, a superexploração e os impactos das alterações climáticas), apesar de apresentarem declínio em algumas regiões, de forma geral continuam bastante elevados (BUTCHART et al, 2010).

Nesse sentido, estabelecer áreas protegidas foi uma das estratégias mais eficientes na contenção da crise da biodiversidade (BRUNER et al., 2001; BALMFORD et al., 2002; SINCLAIR et al., 2002). Para Ferreira (2011), no Brasil, foi a partir da consolidação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação em 2000 (SNUC – Lei 9.985 de 18 de julho de 2000) e do Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP – Decreto nº 5.758 de 13 de abril de 2006) que os ambientes protegidos aumentaram consideravelmente.

Note-se que, de acordo com a Lei nº 9.985/2000, as Unidades de Conservação são definidas da seguinte forma:

[...] espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Portanto, trata-se de um mecanismo legal para manutenção, conservação e preservação de biodiversidade em ambiente natural, em desfavor ao modo predatório com que a civilização moderna explora e utiliza o capital natural.

Diferentes fatores estão atrelados às unidades de conservação e que precisam ser observados. Por exemplo, se para Araújo, Melo e Souza (2012), a criação de Unidades de Conservação (UC) tem o propósito de consolidar a sustentabilidade entre o ser humano e a natureza em áreas de relevância natural, sob outro olhar, o sumário executivo da UNEP/WCMC (MEDEIROS et al, 2011), que trata da contribuição das unidades de conservação para a economia nacional, diz que essas cumprem uma série de funções cujos benefícios são usufruídos por grande parte da população brasileira.

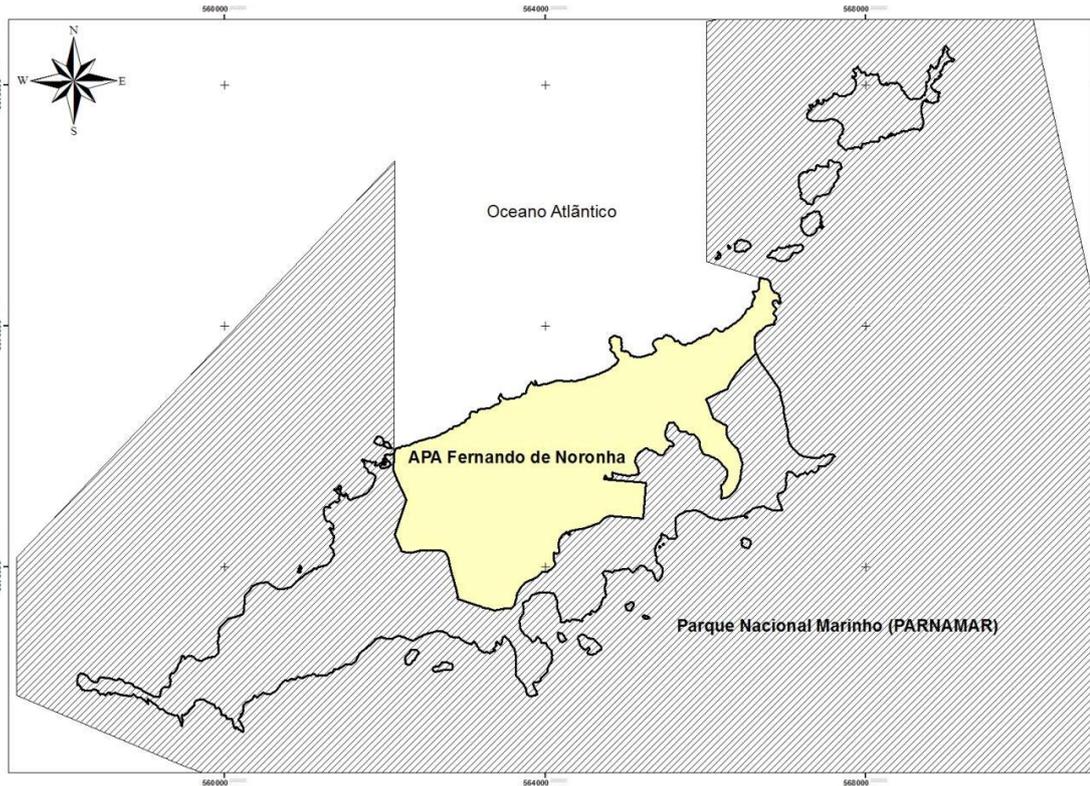
Assim, para que ocorra a gestão efetiva das unidades de conservação sob a perspectiva para o qual elas foram criadas, é necessário o envolvimento de aspectos técnicos, políticos e econômicos (tais como desenho e conectividade, planejamento, capacidade institucional, aspectos legais, programas de desenvolvimento regional, fiscalização, dentre outros), sendo essas condições essenciais para o cumprimento dos seus objetivos (FARIA, 2004; HOCKINGS et al., 2006).

Todavia, modernamente, as formas de uso e manejo disponíveis não têm garantido que esses recursos naturais estejam efetivamente protegidos. Segundo Araújo, Melo e Souza (2012), é necessário criar formas sustentáveis de interação com essas áreas protegidas, condizentes com a realidade local. Isso remete à gestão eficiente dos ambientes, à capacitação técnica dos gestores envolvidos, à equipe multidisciplinar de planejamento e atuação, além de recursos e instrumentos tecnológicos capazes de monitorar e gerenciar adequadamente o objeto estabelecido.

Como em Fernando de Noronha há importantes unidades de conservação, a utilização de instrumentos para controle ambiental, no que diz respeito ao monitoramento contínuo das atividades antrópicas que podem gerar impactos ambientais, é fundamental. Isto pelo fato de, do ponto de vista das espécies ameaçadas de extinção, o Parque Nacional Marinho possuir 16 delas (ICMBIO, 2015).

Entende-se que os limites das unidades de conservação homologadas na área de influência do Arquipélago são consideráveis (Figura 13) e sujeitas a falhas de fiscalização. Assim sendo, as tecnologias ambientais, os instrumentos e os mecanismos que facilitem a efetiva gestão dessas UCs devem ser incitados.

Figura 13: Unidades de conservação homologadas em Fernando de Noronha



Fonte: GEOSERE, adaptado SECTMA (2006).

Além disso, sob a expectativa de que as UCs existentes na área de influência do Arquipélago efetivamente sejam territórios fundamentais para a manutenção da biodiversidade e para a criação de corredores ecológicos não passíveis de sofrerem com invasões e ações degradadoras em função da pressão antrópica no seu entorno (JATOBÁ; CIDADE; VARGAS, 2009), conservá-las e preservá-las passa a ser estratégico.

Desta forma, viabilizar o controle das atividades humanas no local, com vistas a promover um melhor equilíbrio entre os atores locais e o meio ambiente natural, trata-se de uma iniciativa adequada para que as UCs possam cumprir com os seus serviços ambientais.

### 3.5 Unidades de conservação e a efetividade do Plano de Manejo

A criação das Unidades de Conservação trata-se de uma das estratégias da administração pública para proteger o meio ambiente natural. Estabelecido a partir da Lei nº 9.985/2000, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) define os ambientes protegidos em duas categorias: o de proteção integral e o de uso sustentável.

As Unidades de Proteção Integral têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na lei, enquanto que as Unidades de Uso Sustentável têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso direto de parcela dos seus recursos naturais (IBAMA, 2006).

No entanto, de acordo com Maganhotto et al. (2014), a efetiva gestão das unidades de conservação passa por vários problemas. Além da regularização fundiária, da falta de funcionários, de infraestrutura e de planos de manejo, há ainda a insuficiência de investimentos.

O orçamento para as unidades federais é praticamente o mesmo desde 2001, cerca de 300 milhões/ano. Em 2009 houve um aumento de 9% em relação ao ano anterior, mas voltou a cair em 2010 e 2011. Por outro lado, a área total das Unidades de Conservação teve uma expansão de 83,5%, ou seja, os recursos alocados por hectare federal protegido sofreram uma redução da ordem de 40% de 2001 a 2010 (MEDEIROS et al., 2011; WWF, 2014).

Assim, em resposta à ausência dos recursos para administrar de forma efetiva esses ambientes protegidos, passa a ser uma estratégia de gestão elaborar um Plano de Manejo que contemple e monitore o maior número possível de aspectos ambientais<sup>3</sup> que possam revelar impactos ambientais significativos para esses meios.

Nessa perspectiva, os procedimentos que assegurem a conservação e a preservação da diversidade biológica e dos ecossistemas presentes nesses locais devem ser sistematicamente garantidos.

Brandon (1998), diz que há um grande número de desafios frente ao sistema de unidades de conservação: alguns intrínsecos a cada unidade; outros ao sistema; e, ainda, outros em oposição ao conjunto de ações humanas que as unidades de conservação são destinadas a bloquear.

---

<sup>3</sup> Elemento de atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (ISO 14001: 2004).

Ampliando essa ideia, Fávero et al. (2007) destacam que a conservação da natureza pressupõe o reconhecimento dos seus limites à apropriação de bens e serviços, bem como as suas diferentes condições de adaptabilidade, de forma a garantir sua integridade com estratégias de uso fundamentadas no conhecimento científico das funções e dinâmicas naturais. Esses conhecimentos, aliados ao manejo integrado e articulado à participação das populações locais, são decisivos no planejamento da exploração e proteção de determinado local (MAGANHOTTO et al., 2014).

Nesse cenário de participação dos atores envolvidos para consolidação de boas práticas de proteção ambiental para as Unidades de Conservação, as Corporações são elementos essenciais no processo. Isso pelo fato de as suas práticas tanto poderem favorecer a gestão efetiva desses ambientes quanto poderem comprometer a qualidade ambiental desses meios. Nesse viés, Sánchez (2013, p.22), diz que “uma das maneiras de estudar os impactos ambientais que as atividades antrópicas promovem é entender como as ações humanas afetam os processos naturais”.

No Brasil, algumas atividades são reguladas por lei e devem seguir condicionantes estabelecidas para sua operação. A resolução CONAMA 1/86 prevê que deverá passar pelo processo de licenciamento ambiental qualquer empreendimento capaz de gerar impacto significativo. Esses, para receber as licenças previstas, dependem de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), entre outros, submetidos à aprovação do órgão competente. Contudo, nem todas as atividades são explicitamente contempladas nessa conjuntura de impactos significativos.

Há questionamentos que precisam ser esclarecidos sobre o tema, pois, embora alguns impactos possam ser mensurados a partir de indicadores, na prática, nem todos são passíveis de descrição adequada por meio deles (SÁNCHEZ, 2013). Talvez, a capacidade de um sistema natural se recuperar de uma perturbação imposta por um agente externo (ação humana, por exemplo) possa ser um norte para mensurar um impacto como significativo ou não.

É notório que quando se visualiza a gestão de UCs, procura-se equilibrar planejamento, coordenação e controle entre os componentes políticos, técnicos e operacionais e os diversos atores sociais, de modo a obter-se a eficácia requerida de gestão. Nessa intenção, o ideal é que exista sempre uma espontaneidade e uma sinergia conjunta para proteção ambiental por parte de todos os atores que interagem com o meio.

### **3.6 Sustentabilidade e o ambiente diferenciado em Fernando de Noronha**

Em documento elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente no ano de 2002, denominado “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha”, o arquipélago Fernando de Noronha foi classificado como área de extrema importância biológica para a conservação da zona marinha. Tal fato é justificado pelas inúmeras espécies endêmicas encontradas no local, bem como pelo refúgio que a região oferta para as espécies que se encontram em rotas migratórias ou em processos reprodutivos.

Não obstante as incertezas que há sobre os possíveis impactos que as atividades humanas podem prover em meios considerados de relevante beleza cênica e com grande biodiversidade atrelada – tal como é Fernando de Noronha –, agir de forma preventiva e sustentada nesses meios passa a ser estratégico. A exploração direta e indireta nesses locais devem ser continuamente mensurada e avaliada, para que se possa mitigar, logo no início, qualquer indício de degradação ambiental que eventualmente possa existir. Isso pelo fato de se saber que a perda da diversidade vem crescendo na medida em que sistemas naturais são reduzidos, transformados e destruídos (HOROWITZ; BURSZTYN, 2003).

Modernamente, os impactos motivados pelas atividades humanas em ambientes diferenciados, estimulados por fatores de produção e consumo, que implicam ao longo do tempo em escassez de recursos, destruição dos habitats naturais e perda de qualidade de vida humana, culminando em uma crise sistemática (BRANDON et al., 2005), até pela crise de biodiversidade que há, não devem ser tolerados.

Assim, ao analisar a situação discutida na pesquisa e saber que Fernando de Noronha está inclusa no rol desses ambientes diferenciados, tem-se a certeza de que as gerações futuras não podem ser privadas de um ambiente de tamanha relevância cênica e biológica. Tal fato faz crer que a sustentabilidade nesse âmbito deve ser o grande norte a ser seguido por todos que estão envolvidos com o Arquipélago – seja ele do setor público ou privado –, de maneira que se tenha o ambiente natural perpetuado e com o equilíbrio harmônico necessário.

### **3.7 As pilhas utilizadas na radiossondagem e as suas implicações para o meio natural**

Os resíduos envolvidos na radiossondagem apresentam potenciais diferentes de impactos ao meio ambiente. Tomando inicialmente como exemplo as pilhas que estão presentes na prática, sabe-se que essas são classificadas como primárias ou secundárias, ou de acordo com o seu sistema químico, espécie reduzida ou oxidada e eletrólito (Quadro 3).

Quadro 3. Classificação de pilhas e baterias portáteis

<b>PRIMÁRIAS (DESCARTÁVEIS)</b>			
<i>Sistema químico</i>	<i>Espécie Reduzida</i> (cátodo)	<i>Espécie Oxidada</i> (ânodo)	<i>Eletrólito</i> (Condutor de corrente elétrica)
Zinco-carbono	MnO <sub>2</sub>	Zn	NH <sub>4</sub> Cl
Zinco-cloreto	MnO <sub>2</sub>	Zn	Zn Cl <sub>2</sub>
Manganês (Alcalino)	MnO <sub>2</sub>	Zn em pó	KOH
Óxido de mercúrio	HgO	Zn em pó	NaOH ou KOH
Óxido de prata	Ag <sub>2</sub> O	Zn em pó	NaOH ou KOH
Zinco-ar	O <sub>2</sub> (do ar)	Zn em pó	KOH
Lítio	MnO <sub>2</sub>	Li	Alcalino ou solvente orgânico
<b>SECUNDÁRIAS (RECARREGÁVEIS)</b>			
<i>Sistema químico</i>	<i>Espécie Reduzida</i> (cátodo)	<i>Espécie Oxidada</i> (ânodo)	<i>Eletrólito</i> (Condutor de corrente elétrica)
Níquel-Cádmio	NiO <sub>2</sub>	Cd	NaOH ou KOH
Chumbo-ácido	PbO <sub>2</sub>	Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Níquel - Metal Hidreto	Ni (OH) <sub>2</sub>	M (liga absorvente de H)	Solução constituída principalmente de KOH
Lítio-íon	LiCoO <sub>2</sub>	Carbono cristalizado	Solvente orgânico otimizado por carbono

Fonte: Adaptado de CEMPRE (1995), CETEM (1999), ABINEE (1994), CFETEQ -RJ (2000), BYD (2001), REIDLER e GUNTHER (2003).

Para entendimento dos impactos que tais resíduos podem promover ao meio ambiente natural, vale saber o que Reidler e Gunther (2003) dizem a respeito. De acordo com os autores, a mobilidade de um metal varia com o grau de turbulência do meio aéreo e aquático. Os metais pesados, quando no ar ou na água, são sujeitos ao fenômeno de deposição, ou seja: sedimentação gravitacional; precipitação; impactação; adsorção; e troca química. Seu comportamento em águas naturais é diretamente influenciado pela quantidade e qualidade do material em suspensão presente. Uma parte dos metais é adsorvida aos sólidos em suspensão, originando-se uma fase particulada e uma fase dissolvida do metal.

Ainda na análise do impacto ambiental motivado pelo descarte inadequado das pilhas e das baterias, a destruição de espécies naturais dos ecossistemas pode ser causada por determinados compostos metálicos, podendo ocorrer uma seleção dos organismos capazes de sobreviver à ação dessas substâncias. Muitas plantas e animais desenvolvem tolerância para um particular metal em excesso, que acaba sendo utilizado para seu desenvolvimento normal, podendo causar um problema ambiental ao transferir o metal acumulado a organismos mais suscetíveis ao seu efeito, por meio da cadeia alimentar (FIRJAN, 2000; GÜNTHER, 1998).

Assim, contextualizando as pilhas presentes no equipamento de radiossondagem utilizado na Estação Meteorológica de Altitude de Fernando de Noronha (Figura 14), que são do tipo AA, alcalina, com peso médio de 23g, percebe-se que podem apresentar poder de

impacto no local de queda, principalmente pela possibilidade de serem ingeridas.

Figura 14. Alimentação utilizada na radiossondagem em Fernando de Noronha



Fonte: elaborado pelo autor, com base no manual técnico da sonda RS92-SGP.

Além disso, para efeito de cálculo e análise quantitativa de possível impacto, ao considerar o dia de início dos lançamentos no Arquipélago como 01/05/1999 e o término como 01/05/2016, estima-se que houve 12.410 lançamentos completos de radiossondas na atmosfera, sendo cada uma delas alimentadas por 6 pilhas do tipo AA, perfazendo 74.460 pilhas, o que geraria uma carga residual de 1.712 kg, aproximadamente, o que motiva preocupações.

### **3.8 Os plásticos utilizados na radiossondagem e as suas implicações para o meio natural**

As características dos materiais plásticos envolvidos na radiossondagem, tal como durabilidade, resistência e leveza, devem ser consideradas como elementos impactantes para as espécies ameaçadas de extinção nas unidades de conservação envolvidas no estudo.

Para Laist (1997), mamíferos marinhos, tartarugas e aves, são animais altamente migratórios e muito vulneráveis à contaminação por resíduos sólidos. Os resíduos flutuantes ingeridos pelas tartarugas são aparentemente confundidos com seu alimento natural (LAIST, 1987). Aves marinhas e costeiras também são suscetíveis à contaminação em diferentes graus, devido à ampla diversidade nas formas de alimentação, comportamento e morfologia de cada grupo de espécies (AZZARELLO; VANVLEET, 1987).

Vários estudos reportam a ingestão de resíduos por tartarugas marinhas do Atlântico Norte (BARREIROS; BARCELOS, 2001), Atlântico Sul (BUGONI et al., 2001; MASCARENHAS et al., 2004), Mar Mediterrâneo (TOMAS et al., 2002), dentre outros. No Brasil, a ocorrência de lixo (fragmentos plásticos rígidos e moles) no conteúdo estomacal de tartarugas marinhas já foi reportada no Rio Grande do Sul (BUGONI et al., 2001) e Paraíba

(MASCARENHAS et al., 2004).

Seis das sete espécies de tartarugas marinhas existentes já foram encontradas enredadas ou com resíduos em seu conteúdo estomacal (LAIST, 1997). Estudos realizados com a tartaruga cabeçuda na Flórida comprovam que a ingestão de resíduos compromete a sobrevivência desta espécie, diminuindo a absorção de nutrientes e resultando em menores taxas de crescimento, menor procura de alimento e fuga de predadores (MCCAULEY; BJORN DAL, 1999). No litoral do Rio Grande do Sul, em pesquisa similar, cerca de 60% das tartarugas encontradas mortas estavam contaminadas por resíduos, principalmente plásticos e outros materiais sintéticos (BALBÃO; CASTRO, 2001; BUGONI et al., 2001).

Goldberg (1995) definiu as principais características que potencializam os efeitos de poluentes no ambiente marinho como sendo o tempo de residência, a taxa de acumulação, o aumento do fluxo com o tempo e a dispersão para outras áreas. No contexto do estudo, como a atividade de radiossondagem em Fernando de Noronha ocorre há mais de 15 anos, as implicações decorrentes desses resíduos podem ser consideráveis.

## 4 MATERIAS E MÉTODOS

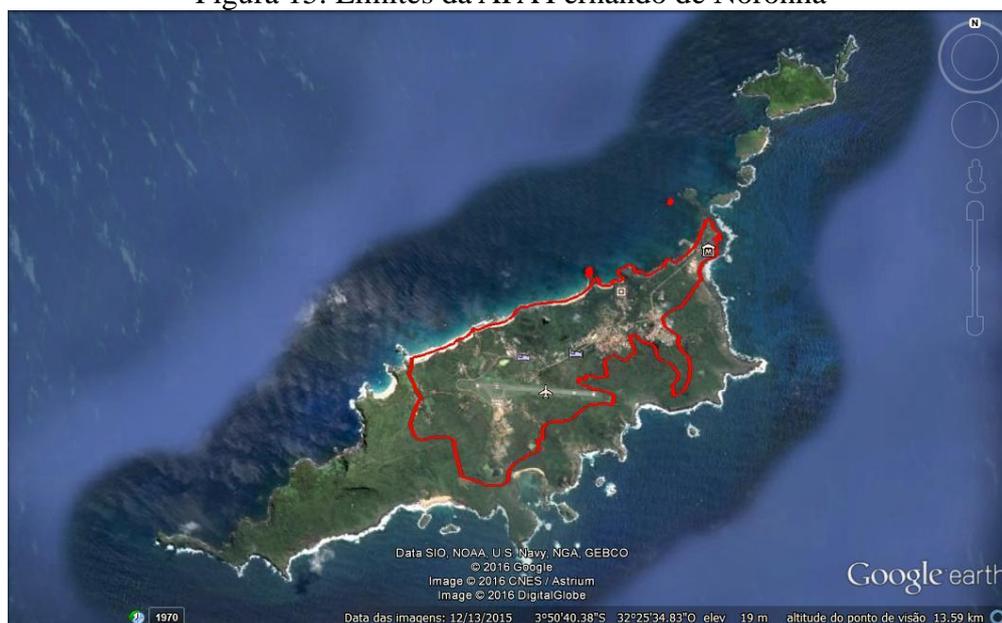
### 4.1 Caracterização da área de estudo

O Arquipélago Fernando de Noronha localiza-se nas coordenadas 3°54' S de latitude e 32°25' W de longitude a 545 km de Recife, capital do Estado de Pernambuco, e a 360 km de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte. Formado pelo topo das montanhas de uma cordilheira de origem vulcânica, sua base localiza-se a cerca de 4.000 m de profundidade, a Dorsa Mediana do Atlântico, e é constituído por 21 ilhas, rochedos e ilhotas, no total aproximado de 26 km<sup>2</sup>, tendo a ilha principal 17 km<sup>2</sup> de área. O clima é tropical, com franco domínio oceânico e duas estações bem definidas, enquanto a pluviometria média é de 1.300 mm anuais, com período chuvoso entre março e julho e estiagem de agosto a fevereiro, com umidade relativa bastante constante, com média anual de 81% e temperatura média de 25,4 °C (NASCIMENTO, 2002).

Importantes Unidades de Conservação são encontradas no arquipélago de Fernando de Noronha, contudo, apenas as que estão sob a responsabilidade federal serão objetos desta lide.

A primeira delas é a APA Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo (Figura 15), que foi criada por meio do Decreto Lei nº 92.755, de 5 de junho de 1986 e abrange 30% do Arquipélago. Nela são encontrados vestígios de Mata Atlântica insular, com único manguezal oceânico do Atlântico Sul.

Figura 15. Limites da APA Fernando de Noronha



Fonte: ICMBio, adaptado pelo autor, 2016.

A segunda é o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (Figura 16), que foi criado pelo Decreto nº 96.693, de 14 de setembro de 1988, e abrange 70% do Arquipélago. Esse Parque compreende aproximadamente 50% da área da ilha de Fernando de Noronha, todas as demais 20 ilhotas secundárias do Arquipélago e a maior parte das águas adjacentes, até a profundidade de 50 metros, totalizando uma área de 112,7 km<sup>2</sup>.

Figura 16. Limites do PARNAMAR Fernando de Noronha



Fonte: ICMBio, adaptado pelo autor, 2016.

É nesse contexto que ocorre a radiossondagem no Arquipélago, realizada pelo Destacamento de Controle do Espaço Aéreo local. A base que faz o lançamento dos balões meteorológicos fica localizada nas coordenadas geográficas de latitude 03 51 00 S e longitude 32 25 00 W. A partir dela, diariamente, são realizados dois lançamentos, em horários pré-determinados pela Organização Meteorológica Mundial: 0000UTC e 1200UTC.

#### 4.2 Materiais utilizados

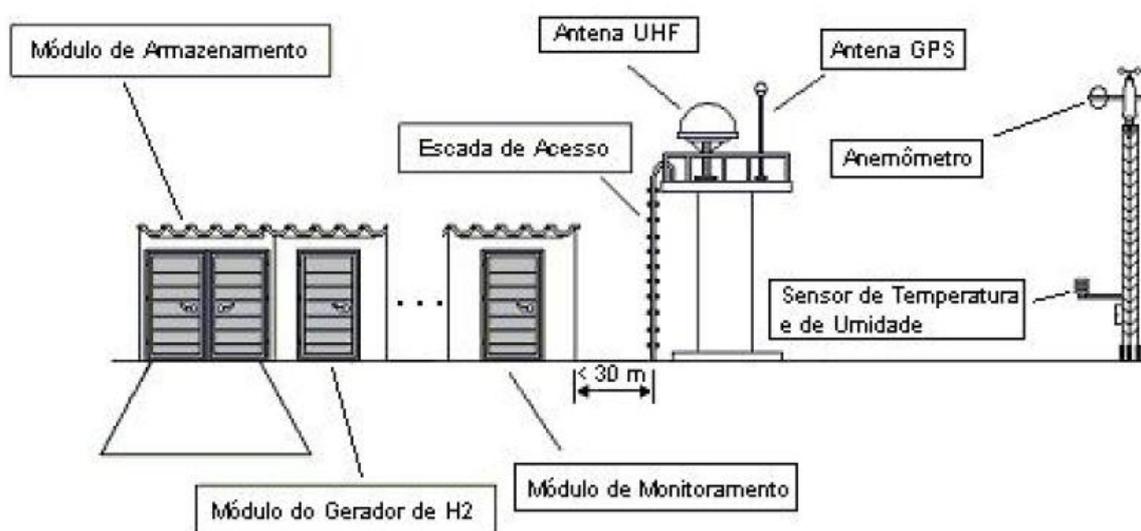
A Estação Meteorológica de Altitude é o ambiente onde estão instalados todos os meios necessários à realização de observação meteorológica do ar superior, por meio da radiossondagem. De acordo com o Manual do Comando da Aeronáutica 101-1, que trata da instalação de estações meteorológicas de superfície e de altitude, as bases operacionais da EMA deverão ser compostas das seguintes edificações: módulo de monitoramento e

suprimento, módulo de gás ou central de gás engarrafado, módulo de armazenamento de gás e enchimento dos balões e área de lançamento.

As edificações da EMA deverão constituir um ambiente padronizado, facilmente acessível por via transitável em qualquer época do ano e sob todas as condições climáticas, e que contemple as particularidades dos serviços inerentes às atividades de radiossondagem.

Na figura 17, observa-se uma sugestão de modelo básico para disposição das instalações da EMA.

Figura 17 – Disposição básica de edificações da EMA



Fonte: Manual do Comando da Aeronáutica 101-1, 2015.

#### 4.2.1 MÓDULO DE MONITORAMENTO DA EMA

O compartimento principal da Estação Meteorológica de Altitude é denominado módulo de monitoramento, pois é nele que ocorre a recepção do sinal das radiossondas desde o seu preparo até o fim da radiossondagem. Nesse ambiente ficam instalados o bastidor de recepção e processamento do sinal e o computador, com o *software* específico para sua realização.

O equipamento de verificação da sonda em solo (*Ground Check*), que é utilizado para ajuste de leitura dos sensores antes do lançamento, também deve ser instalado no módulo de monitoramento (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

#### 4.2.2 MÓDULO GERADOR DE HIDROGÊNIO

Trata-se de um ambiente destinado à instalação do bastidor elétrico/eletrônico e do sistema de produção de hidrogênio pertencentes a um gerador eletrolítico, cuja função é produzir gás para enchimento do balão. Deverá possuir as dimensões mínimas suficientes para permitir a instalação das partes do gerador, bem como disponibilizar uma área de circulação ao redor do gerador de, pelo menos 1 m de largura para abertura das portas do bastidor e para o livre acesso do técnico a todos os seus lados durante os procedimentos de manutenção (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

Esse módulo não deverá possuir cobertura de laje, tão somente telhado com cobertura de telhas cerâmicas, fibrocimento ou similar. O sistema de iluminação deverá ser apropriado ao trato com sistemas de fácil combustão, devendo possuir lâmpadas instaladas dentro dos invólucros de vidro, interruptores à prova de explosão e cablagens embutidas em rede de eletrodutos aparentes e vedados, conforme prevê a NBR 6146 e a NBR 5418 (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

#### 4.2.3 MÓDULO DE ARMAZENAMENTO E ENCHIMENTO DOS BALÕES

Este ambiente possui duas destinações nas EMAs dotadas de geradores: abrigar o tanque de armazenamento do gás produzido e permitir a inspeção e o enchimento do balão. Com vistas à segurança do equipamento e das equipes de operação durante o manuseio do gerador de gás, as paredes que o isolarão do compartimento seguinte e do ambiente externo deverão ser de concreto armado, com exceção de uma parede onde se encontra a porta de acesso, que deverá ter baixa resistência mecânica e ser devidamente sinalizada, visando possibilitar o deslocamento de produto de eventual explosão do tanque de armazenamento para área de não permanência (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

A estrutura não deverá possuir cobertura de laje, tão somente telhado com cobertura de telhas cerâmicas, fibrocimento ou similar. Em todos os sistemas de gás é obrigatória a instalação de válvula reguladora de pressão (máximo de 10 PSI) para o enchimento dos balões. Na sala de enchimento dos balões deverá existir uma mesa de fibra de vidro ou plástico PVC, preferencialmente na cor branca, destinada à inspeção e ao enchimento dos balões (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

#### 4.2.4 ÁREA DE LANÇAMENTO

No tocante à área de lançamento, a mesma deve ser um local apropriado para o lançamento do balão, compreendendo uma área ao redor do prédio da EMA, livre de obstáculos, tais como postes, construções e arvoredos (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

#### 4.2.5 DADOS DE RADIOSSONDAGEM

Os arquivos de extensão “dc3db” que são gerados na estação de solo em cada lançamento de balões meteorológicos armazenam todas as informações referentes à radiossondagem, desde os dados coletados (pressão, temperatura e ventos) até as coordenadas geográficas da trajetória do voo realizada.

Há um modelo padrão desenvolvido pelo fabricante para nomear e classificar os arquivos no computador de solo onde fica o módulo de monitoramento. Eles se iniciam pelo indicador de localidade do lançamento – que é o padrão utilizado pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) –, seguido do ano, do mês, do dia, bem como da hora, do minuto e do segundo em que a atividade foi iniciada (Ex. SBFN\_20140701\_115525.dc3db, refere-se ao lançamento em Fernando de Noronha, no dia 01 de julho de 2014, iniciado às 11h 55min e 25seg).

### **4.3 EMA DIGICORA III em Fernando de Noronha**

As instalações onde ocorrem os lançamentos de radiossondas em Fernando de Noronha ficam localizadas no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo local (Figura 18). De acordo com a OMM, o ideal é que sejam realizadas quatro sondagens por dia, nos horários 00:00, 06:00, 12:00 e 18:00 UTC (Tempo Universal Coordenado) para uma observação mais precisa do movimento de massa atmosférica. No entanto, as EMAs do SISCEAB só realizam duas sondagens diárias 00:00 e 12:00 UTC, que é o padrão mínimo exigido pela OMM para integrar a rede mundial de meteorologia (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

Figura 18 – Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fernando de Noronha



Fonte: autor, 2016

A EMA DIGICORA III utilizada em Fernando de Noronha se trata de um sistema semiautomático que monitora os dados enviados por sondas lançadas na atmosfera e que informam continuamente, em tempo real, os parâmetros meteorológicos até o rompimento do balão. Sua queda é amenizada por paraquedas e após o seu uso são considerados inservíveis (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

Todos os procedimentos técnicos necessários para efetuar o lançamento em Fernando de Noronha são feitos na instalação de armazenamento (Figura 19). É nele que o equipamento é calibrado, o balão é preenchido com gás hidrogênio e os demais componentes do conjunto de voo (paraquedas, arco plástico, cordas, entre outros) são ajustados para a liberação na atmosfera.

Figura 19 – Módulo de armazenamento de Fernando de Noronha



Fonte: o autor, 2016.

Depois de realizado o procedimento necessário nos equipamentos para a soltura, segue-se para a área de lançamento e, sob a coordenação com a Estação Rádio de Fernando de Noronha, a mesma que realiza o AFIS, realiza-se a liberação do conjunto de voo na atmosfera (Figura 20).

Figura 20 – Conjunto de voo pronto para soltura na atmosfera



Fonte: o autor, 2016.

#### **4.4 Finalidades da radiossondagem em Fernando de Noronha**

A radiossondagem pode ser feita para diversas finalidades, porém são sempre dirigidas para três campos de aplicação: científico, balístico e sinóptico. As sondagens para fins científicos e balísticos são realizadas ocasionalmente, como resultado de necessidades observadas nos meios científicos militares. As sondagens sinópticas são realizadas como resultado de acompanhamento permanente das condições atmosféricas para fornecimento de informação em tempo real e previsões aos usuários das diversas aplicações envolvidas (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

Para aplicações aeronáuticas de locais como Fernando de Noronha, tais informações residem, basicamente, na coleta de dados de vento e de temperatura nos níveis de voo, de turbulência, de formação de gelo, de cálculo da probabilidade de trovoadas e formação de nuvens, de trilhas de condensação e, mais recentemente, nas avaliações do movimento e da dispersão de cinzas vulcânicas e de nuvens radioativas (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

#### **4.5 O balão e o paraquedas do conjunto de voo**

De acordo com o material da instrução ministrado no curso de Manutenção da Estação Meteorológica de Altitude DIGICORA III, turma 2, em outubro de 2013, elaborado pela Seção de Instrução e Atualização Técnica do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro, os balões utilizados nas radiossondas são os de 350 gramas para as sondagens sinópticas com GPS e os de 800 gramas para as sondagens de ozônio.

Os balões são feitos de borracha natural ou de borracha sintética. A espessura normal de um balão inflado para lançamento é de 0,05 a 0,1 mm, diminuindo para 0,003 mm na altitude de estouro. O diâmetro do balão é de 1 a 1,5 m no lançamento e de 5 a 10 m antes do estouro (Figura 21).

Figura 21 – Balão utilizado no conjunto de voo das sondagens



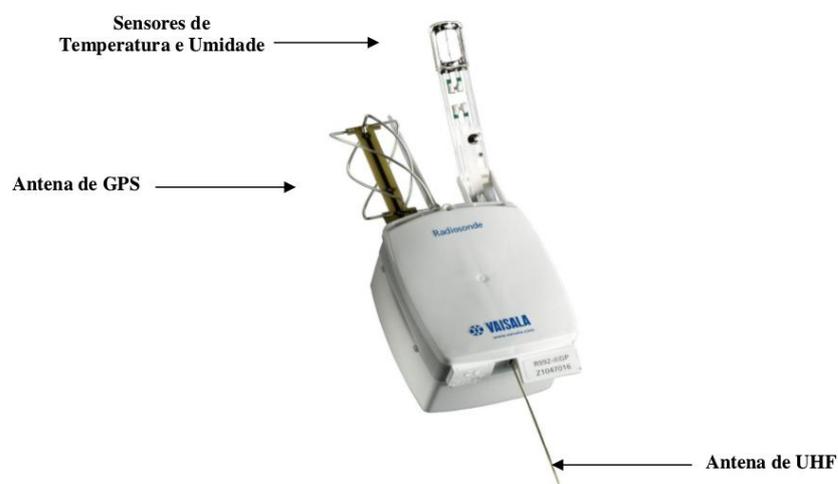
Fonte: Comando da Aeronáutica, 2016.

Um pequeno paraquedas de plástico ou de papel especial tem a finalidade de diminuir a velocidade da radiossonda no momento da ruptura do balão, evitando assim, a possibilidade de danos por ocasião da queda ao atingir o solo. Esse dispositivo é atado ao conjunto de voo, ficando a 1,50m abaixo do balão.

#### 4.6 A radiossonda RS92-SGP e o conjunto de antenas envolvidas na atividade

A radiossonda RS92-SGP (Figura 22) possui um receptor de GPS, um transmissor de telemetria, uma bateria e os sensores de pressão, temperatura e umidade (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

Figura 22 – Radiossonda RS92-SGP, sensores e antenas



Fonte: Comando da Aeronáutica, 2013.

O conjunto de antenas que é envolvido na atividade de radiossondagem é composto pela antena de UHF, que tem como função captar sinais da radiossonda na banda meteorológica de 400 a 406 MHz e enviá-los ao bastidor DIGICORA III, bem como pela antena de GPS, que tem como função captar os sinais GPS. Esses sinais são conduzidos, pelo conector GPS antena até o bastidor, a fim de ser obtida a referência de posicionamento da estação para cálculo da direção e da velocidade de vento nos diversos níveis (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2013).

#### **4.7 Princípios básicos de funcionamento das radiossondagens**

Para compreender o princípio básico de funcionamento da radiossondagem realizada pela Força Aérea Brasileira, utilizou-se como referência as informações constantes no curso de Manutenção da Estação Meteorológica de Altitude DIGICORA III, turma 2, realizado em outubro de 2013, elaborado pela Seção de Instrução e Atualização Técnica do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro

De acordo com o material supracitado, à medida que o balão se eleva na atmosfera, o grupo de sensores da sonda colhe informações de pressão (P), temperatura (T) e umidade (U) que, após sofrerem um processo de multiplexação pelo processador de intercalação, enviam os dados ao receptor de Terra.

Por meio da antena de GPS, a sonda recebe as informações dos satélites e as processa em seu receptor de GPS; obtendo assim, a localização absoluta do balão. Essa informação, enviada ao receptor de Terra juntamente com os dados de PTU, é processada em conjunto com os dados de posicionamento da Estação.

De acordo com o material do curso anteriormente citado, a sonda pode capturar as informações de até 12 satélites, sendo necessário, entretanto, apenas quatro satélites para que a mesma possa determinar a sua localização espacial tridimensional (latitude, longitude e altitude).

Os dados meteorológicos captados pela sonda são “empacotados” e transmitidos ininterruptamente e em tempo real, para o receptor de Terra na faixa de frequência de 400 a 406 MHz pela antena de UHF da sonda. O receptor de Terra, Antena de UHF (RB31), envia os dados para o bastidor SPS311, que ao receber essas informações as processa e as apresenta em formato tabular ou gráfico, na tela do computador. Com as informações de localização do balão, o sistema de processamento de terra, que também possui um receptor GPS local,

calcula a velocidade de deslocamento do balão e a direção que o equipamento de voo está seguindo. Essas informações são, em última instância, a direção e a velocidade do vento.

O processo segue ininterruptamente até que, em virtude da pressão interna do balão tornar-se maior do que a da atmosfera em grandes altitudes, o balão se rompe e cai. Isso faz com que as indicações de pressão enviadas pela sonda voltem a aumentar; o que é detectado automaticamente pelo sistema de processamento que, então, encerra a sondagem.

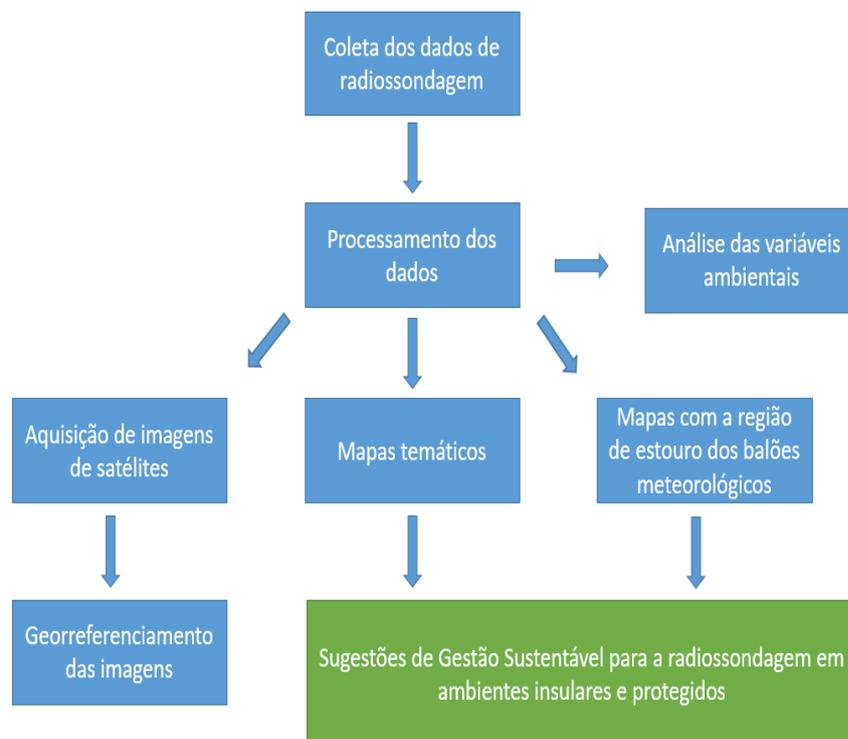
Tipicamente, o rompimento do balão se dá numa altitude média de 25 km acima do nível do mar, variando, entretanto, com as condições climáticas, período do dia e quantidade de gás utilizada para o seu enchimento.

O período de tempo de uma sondagem gira em torno de duas horas.

#### 4.8 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho para alcançar o propósito de apresentar um mecanismo de monitoramento ambiental para os resíduos de radiossondagem em ambientes insulares e protegidos seguiu as etapas delineadas no fluxograma da Figura 23.

Figura 23. Fluxograma metodológico para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: o autor, 2015.

#### 4.8.1 COLETA DOS DADOS DE RADIOSSONDAGEM

Inicialmente, realizou-se a coleta dos dados junto ao Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Fernando de Noronha – que é subordinado ao Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo –, a fim de realizar as análises necessárias.

Foram recolhidos os arquivos de sondagens dos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014 (Quadro 4), de forma a realizar a análise sobre 200 deles. A escolha dos dias de lançamento para o estudo variou minimamente, em função de fatores que comprometem o lançamento dos balões, tal como a inoperância da central de armazenamento de gás, a falta de material para lançamento, entre outros fatores atrelados.

Quadro 4. Arquivos de sondagens levantados no período de 2010 a 2014

<b>Ano</b>	<b>Quantitativo</b>
2010	508
2011	683
2012	716
2013	584
2014	488
<b>Total levantado no período</b>	<b>2979</b>

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

#### 4.8.2 ETAPA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS

Já com a consolidação da coleta dos dados da radiossondagem finalizada, iniciou-se a parte de processamento dos dados a partir de notebook com o pacote *Office* instalado. Para tanto, utilizou-se o aplicativo “*Access*” para explorar as tabelas que existem nos arquivos de extensão “*dc3db*”, de forma a realizar as análises necessárias.

Vale saber que as informações de latitude, de longitude, de altura atingida pelo balão meteorológico e de todos os demais parâmetros meteorológicos coletados pelas radiossondas são encontradas nos arquivos de extensão “*dc3db*”, o que permite simular plenamente o lançamento em laboratório.

Para identificar a distância entre as coordenadas geográficas da Estação Meteorológica de Altitude de Fernando de Noronha e a posição do estouro do balão meteorológico na

atmosfera utilizou-se a calculadora geográfica de medição *on line*<sup>4</sup> disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os 200 arquivos selecionados de radiossondagem realizadas em Fernando de Noronha para a análise no estudo obedeceram – dentro do possível – à lógica dos dias, dos meses e das estações do ano. Os dados foram tabulados com suas respectivas coordenadas de estouro do balão meteorológico na atmosfera, bem como com sua distância relativa até a base de lançamento.

#### 4.8.3 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS PARA ANÁLISE

Para elaboração dos mapas temáticos utilizou-se as coordenadas geográficas dos 200 arquivos selecionados de extensão “dc3db”, 40 por ano, escolhidos por estação do ano, entre 2010 a 2014, bem como os arquivos “kml” referentes aos limites geográficos do PARNAMARFN e da APAFN disponibilizados pelo ICMBio. A partir das ferramentas disponibilizadas pelo *Google Earth*, confeccionaram-se os mapas relativos.

Os dados de radiossondagem também foram analisados a partir da conversão dos arquivos de extensão “dc3db” para o formato “kmz”. Esse formato de arquivo é reconhecido pela ferramenta gratuita de navegação *Google Earth*. A partir dessa conversão, tanto se consegue realizar a simulação completa do lançamento, como se estivesse acoplado ao balão meteorológico e com ele subindo, quanto se percebe todas as coordenadas geográficas percorridas de forma interativa com o aplicativo.

Os arquivos de sondagem utilizados para criação dos mapas temáticos referentes ao período mostraram a posição exata onde houve o estouro dos balões na atmosfera. As imagens foram elaboradas com base nas estações do ano, sendo dispostas na seguinte ordem: verão(V), outono(O), inverno(I) e primavera(P), devidamente identificadas nos mapas produzidos. Tal escolha se deu pelo fato de acreditar que há um comportamento diferenciado das correntes de vento circulantes na atmosfera em cada estação do ano.

As posições dos balões foram numeradas nos mapas temáticos e correlacionadas com as tabelas montadas. Ressalte-se que a plotagem das coordenadas geográficas estão projetadas como se estivessem na superfície do mar. Ao final de cada análise anual, foram sobrepostas todas as posições dos balões meteorológicos analisados, a fim de se obter a visão espacial da distribuição dos estouros na atmosfera e a posição relativa às UCs de cada um deles.

---

<sup>4</sup> <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>

Ao concluir as etapas supracitadas, foi possível identificar a região onde houve o estouro do balão atmosférico na atmosfera, bem como mensurar a sua distância em relação à base de lançamento em Fernando de Noronha.

#### 4.8.4 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Na tentativa de mensurar os eventuais impactos que os resíduos da radiossondagem podem motivar para as espécies protegidas da Área de Proteção Ambiental e do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha, elaborou-se uma matriz de interação, pois essa é uma das metodologias de determinação e avaliação de impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2013).

A matriz foi elaborada com duas colunas dispostas em eixos perpendiculares. No primeiro eixo foram enumeradas as espécies ameaçadas de extinção e, no segundo, os principais componentes constantes na atividade de radiossondagem. O cruzamento dos eixos para cada elemento listado representou uma célula da tabela.

A interação entre os componentes influenciados e os resíduos considerados permitiu ter uma visão ampliada e estabelecer a gravidade no contexto analisado. A avaliação feita, descrita com base na escala de impacto (insignificante, pequeno, alto e muito alto), proporcionou estimar o grau de impacto de cada resíduo em função da vulnerabilidade da espécie.

A análise foi fundamentada no que afirmam as autoridades no assunto sobre o impacto dos plásticos e das pilhas para as espécies marinhas. Para a definição dos valores atribuídos na matriz de impactos, considerou-se a relação existente entre o tamanho dos resíduos e a capacidade de ingestão das espécies analisadas. Também a possibilidade de enroscamento nos fios de nylon e de barbante, de forma relacionada ao fato das espécies envolvidas serem natatórias ou não.

No que se refere às eventuais implicações que decorrem dos elementos químicos das pilhas – concentração do eletrólito, da espécie reduzida e da espécie oxidada – entrarem em contato com os oceanos, esses não foram considerados no estudo. Isso pela dificuldade em mensurar o poder de acumulação no local, seja em função do volume de água envolvido no processo ou mesmo pela presença de correntes marítimas circulantes que dispersam os componentes no meio.

Para referência dos fatores ambientais, utilizou-se as 16 espécies definidas pelo ICMBio como ameaçadas de extinção no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha.

#### 4.8.5 MELHORIAS POSSÍVEIS OBSERVADAS PARA A ATIVIDADE

Consolidada as etapas anteriores, algumas recomendações foram definidas para a atividade, de forma a torná-la mais previsível, controlada e sustentável do ponto de vista ambiental.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo, a partir dos mapas temáticos elaborados, extrapolaram-se as implicações que a atividade de radiossondagem pode motivar no ambiente protegido de Fernando de Noronha. Também foi apresentada a disposição do estouro dos balões e a sua posição relativa às UCs circunvizinhas à base de lançamento.

Conforme especificado na metodologia, a identificação do local de estouro dos balões meteorológicos seguiu a sequência das estações do ano – verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P) –, de forma correlacionada com a tabela.

Fundamentado no que é observado nos mapas, percebeu-se que os balões apresentam posições diferenciadas de estouro. Mesmo considerando as mesmas datas de lançamento e as mesmas estações de anos sucessivos (de 2010 a 2014), as imagens mostraram que houve trajetórias e localizações de estouro distintas entre si.

Para fins de possíveis ajustes na atividade, também foi apresentada a maneira como a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) – órgão que trata de assuntos relativos à meteorologia, aos oceanos, à atmosfera e ao clima – realiza alguns dos seus lançamentos.

O objetivo é evidenciar a possibilidade de acompanhamento da atividade do início ao fim do processo, de forma que favoreça inferir o local de queda dos resíduos envolvidos na radiossondagem.

### **5.1 Mapas da região de estouro dos balões meteorológicos em Fernando de Noronha**

No intuito de facilitar a visualização da posição de estouro dos 200 arquivos de sondagens realizados em Fernando de Noronha no período de 2010 a 2014, a seguir serão apresentados os mapas em que constam os resultados dos levantamentos da última coordenada geográfica recebida pela estação de solo e a respectiva projeção espacial relativa ao Arquipélago e às unidades de conservação.

Importa saber que o GPS do conjunto de voo continua emitindo a sua posição absoluta para a estação de solo enquanto houver capacidade de energia das pilhas ou das baterias, no entanto, por motivos operacionais específicos das Estações Meteorológicas de Altitude, o sistema em solo descarta a recepção e o armazenamento desses dados nos arquivos de sondagem (dc3db).

### 5.1.1 MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2010

Tabela 1. Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2010  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2010					
Estação do Ano: Verão					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20100225_103528	-3,86	-32,43	1848	8794
2	SBFN_20100226_113344	-3,98	-32,26	22567	23954
3	SBFN_20100227_115610	-3,85	-32,47	5923	7948
4	SBFN_20100228_114502	-3,9	-32,4	5830	23418
5	SBFN_20100301_114100	-3,9	-32,43	5723	23776
6	SBFN_20100302_113922	-3,9	-32,54	14771	24744
7	SBFN_20100304_124151	-3,84	-32,41	1330	23215
8	SBFN_20100305_113727	-3,83	-32,47	6323	25019
9	SBFN_20100307_121437	-3,8	-32,44	6106	23584
10	SBFN_20100308_113912	-3,68	-32,61	28554	25804

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 24. Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2010



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 2. Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2010  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2010					
Estação do Ano: Outono					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20100323_113643	-3,81	-32,47	7393	24216
2	SBFN_20100324_114821	-3,87	-32,45	4312	24849
3	SBFN_20100325_114301	-3,98	-32,3	19351	22580
4	SBFN_20100327_113040	-3,99	-32,4	15591	24374
5	SBFN_20100328_114539	-3,91	-32,41	6675	25133
6	SBFN_20100329_114832	-3,85	-32,47	5923	23894
7	SBFN_20100331_114527	-3,81	-32,41	4484	23999
8	SBFN_20100401_113549	-3,73	-32,47	14532	24764
9	SBFN_20100402_113827	-3,71	-32,57	23018	25001
10	SBFN_20100404_115222	-3,86	-32,51	10425	23784

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 25. Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2010



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 3. Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2010  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2010					
Estação do Ano: Inverno					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20100702_120944	-3,85	-32,72	33691	24260
2	SBFN_20100703_113151	-3,85	-32,66	27027	25395
3	SBFN_20100704_114603	-3,9	-32,5	10780	21299
4	SBFN_20100705_113149	-3,92	-32,54	15732	20849
5	SBFN_20100706_113456	-3,87	-32,72	33762	25694
6	SBFN_20100707_114720	-3,92	-32,67	29179	25873
7	SBFN_20100708_113804	-3,86	-32,73	34818	24112
8	SBFN_20100709_113559	-3,77	-32,66	28441	19494
9	SBFN_20100710_120712	-3,83	-32,65	26011	21698
10	SBFN_20100711_115542	-3,84	-32,61	21502	22185

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 26. Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2010



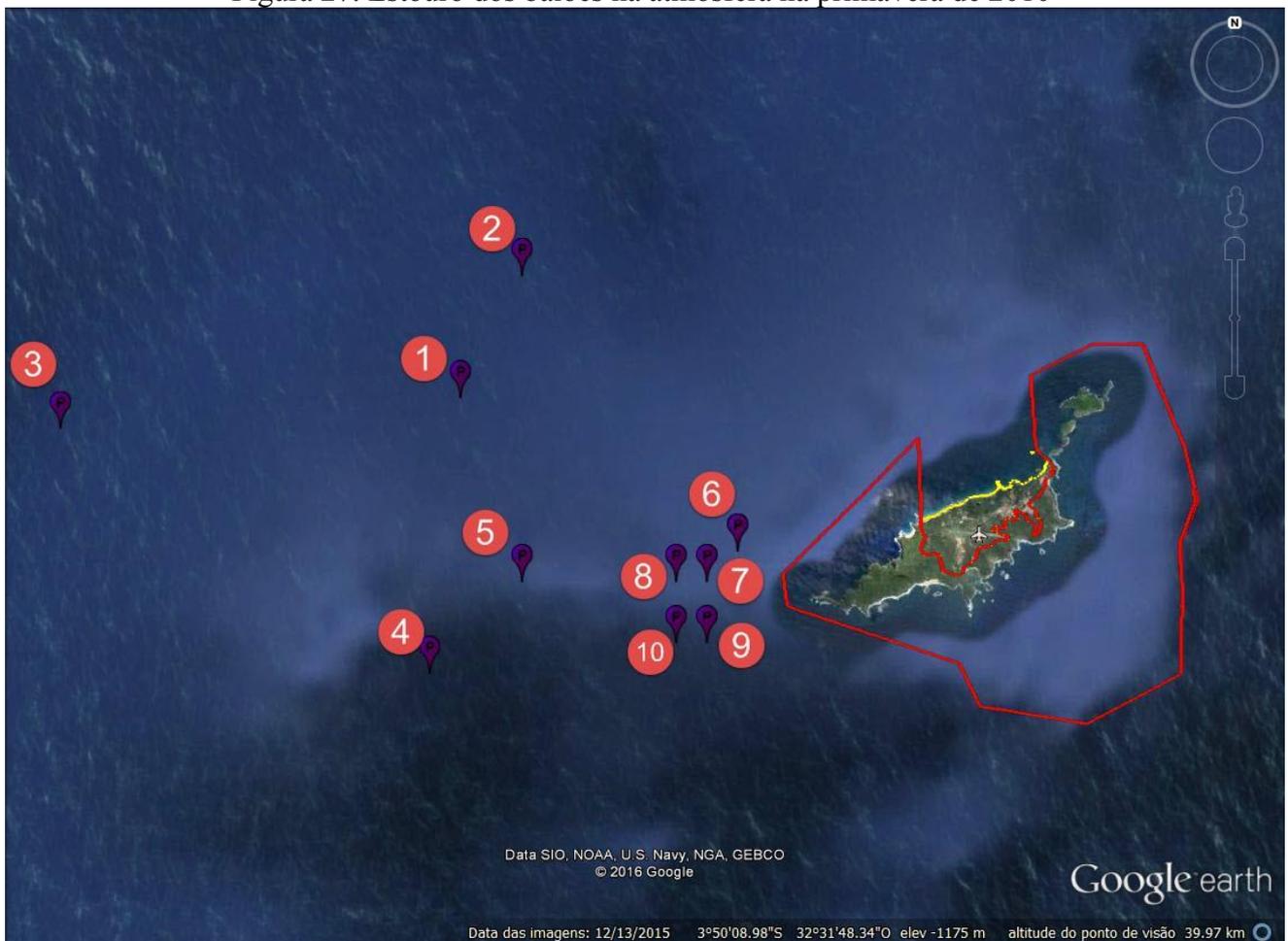
Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 4. Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2010  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2010					
Estação do Ano: Primavera					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20101001_113359	-3,81	-32,59	19755	23074
2	SBFN_20101002_113831	-3,77	-32,57	19193	24224
3	SBFN_20101003_114335	-3,82	-32,72	33856	22105
4	SBFN_20101004_114034	-3,9	-32,6	21098	22574
5	SBFN_20101005_113924	-3,87	-32,57	17173	21451
6	SBFN_20101006_113350	-3,86	-32,5	9321	22996
7	SBFN_20101007_113526	-3,87	-32,51	10599	23409
8	SBFN_20101008_113830	-3,87	-32,52	11688	23746
9	SBFN_20101009_114002	-3,89	-32,51	11270	22671
10	SBFN_20101010_112859	-3,89	-32,52	12299	25553

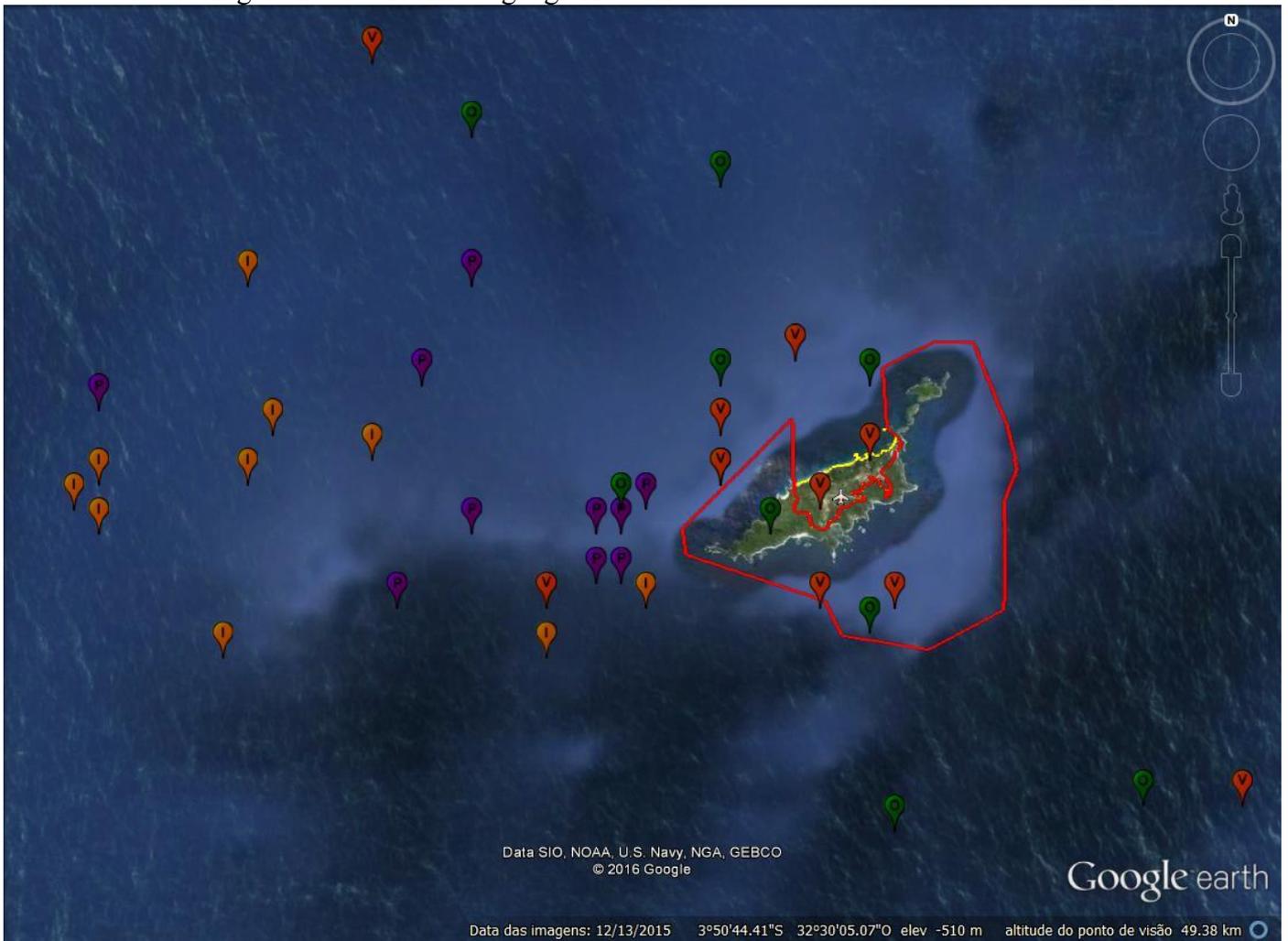
Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 27. Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2010



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 28. Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2010



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

### 5.1.2 MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2011

Tabela 5. Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2011  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2011					
Estação do Ano: Verão					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20110225_114333	-3,95	-32,46	12059	23403
2	SBFN_20110226_113101	-3,89	-32,41	4484	23341
3	SBFN_20110227_113141	-3,88	-32,42	3337	24370
4	SBFN_20110228_113058	-3,83	-32,41	2332	24231
5	SBFN_20110301_113346	-3,8	-32,42	5541	23860
6	SBFN_20110302_113411	-3,89	-32,45	5768	19650
7	SBFN_20110303_113034	-3,89	-32,46	6536	23696
8	SBFN_20110304_114114	-3,89	-32,45	5768	22009
9	SBFN_20110305_113131	-3,85	-32,46	4813	23315
10	SBFN_20110306_113722	-3,85	-32,52	11477	21428

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 29. Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2011



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 6. Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2011  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2011					
Estação do Ano: Outono					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20110323_113049	-3,84	-32,52	11530	23336
2	SBFN_20110324_113046	-3,89	-32,54	14394	24609
3	SBFN_20110325_113108	-3,86	-32,52	11530	23689
4	SBFN_20110326_121703	-3,89	-32,38	6012	24540
5	SBFN_20110327_113839	-3,87	-32,34	8797	23474
6	SBFN_20110328_114101	-3,79	-32,4	6888	23619
7	SBFN_20110329_113130	-3,81	-32,32	11612	24957
8	SBFN_20110330_114045	-3,81	-32,32	11612	23241
9	SBFN_20110331_113716	-3,82	-32,32	11238	23316
10	SBFN_20110401_113045	-3,81	-32,4	4794	23595

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 30. Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2011



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 7. Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2011  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2011					
Estação do Ano: Inverno					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20110702_114115	-3,76	-32,38	10753	24770
2	SBFN_20110703_114406	-3,74	-32,46	13081	22608
3	SBFN_20110704_113208	-3,8	-32,5	10782	24023
4	SBFN_20110705_113146	-3,72	-32,52	18396	24828
5	SBFN_20110706_113341	-3,78	-32,59	20752	21953
6	SBFN_20110707_113438	-3,81	-32,5	10931	23361
7	SBFN_20110708_114358	-3,81	-32,52	12300	24119
8	SBFN_20110709_113150	-3,84	-32,46	4938	24904
9	SBFN_20110710_115452	-3,81	-32,51	11271	25783
10	SBFN_20110711_114357	-3,77	-32,43	8969	25052

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 31. Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2011



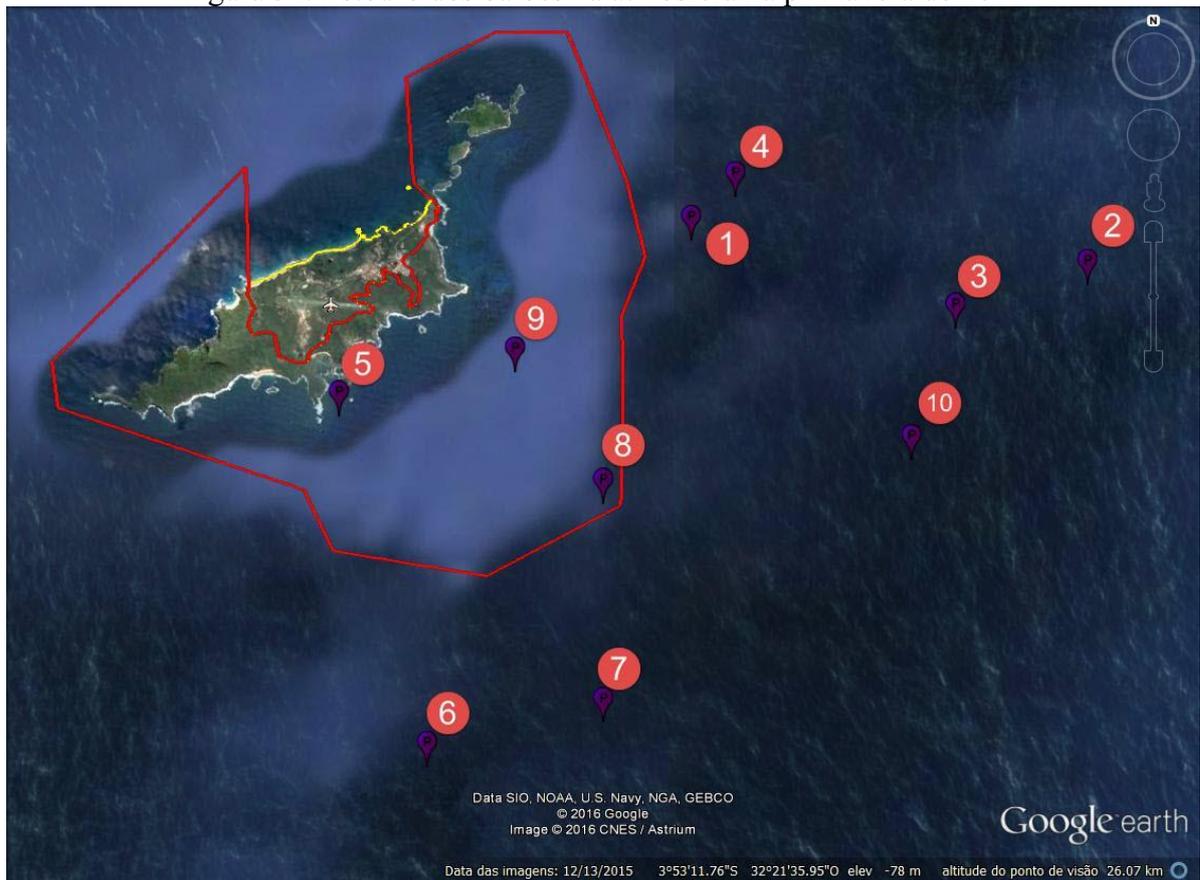
Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 8. Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2011  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2011					
Estação do Ano: Primavera					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20111001_113237	-3,84	-32,34	8587	16984
2	SBFN_20111002_114914	-3,85	-32,25	18511	23314
3	SBFN_20111003_113107	-3,86	-32,28	15219	25129
4	SBFN_20111004_113209	-3,83	-32,33	9877	21086
5	SBFN_20111005_113549	-3,88	-32,42	3337	17241
6	SBFN_20111006_113216	-3,96	-32,4	12303	25603
7	SBFN_20111007_113039	-3,95	-32,36	12723	21055
8	SBFN_20111008_114354	-3,9	-32,36	8377	20748
9	SBFN_20111009_113051	-3,87	-32,38	4634	18949
10	SBFN_20111010_121244	-3,89	-32,29	14746	21838

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 32. Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2011



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 33. Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2011



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

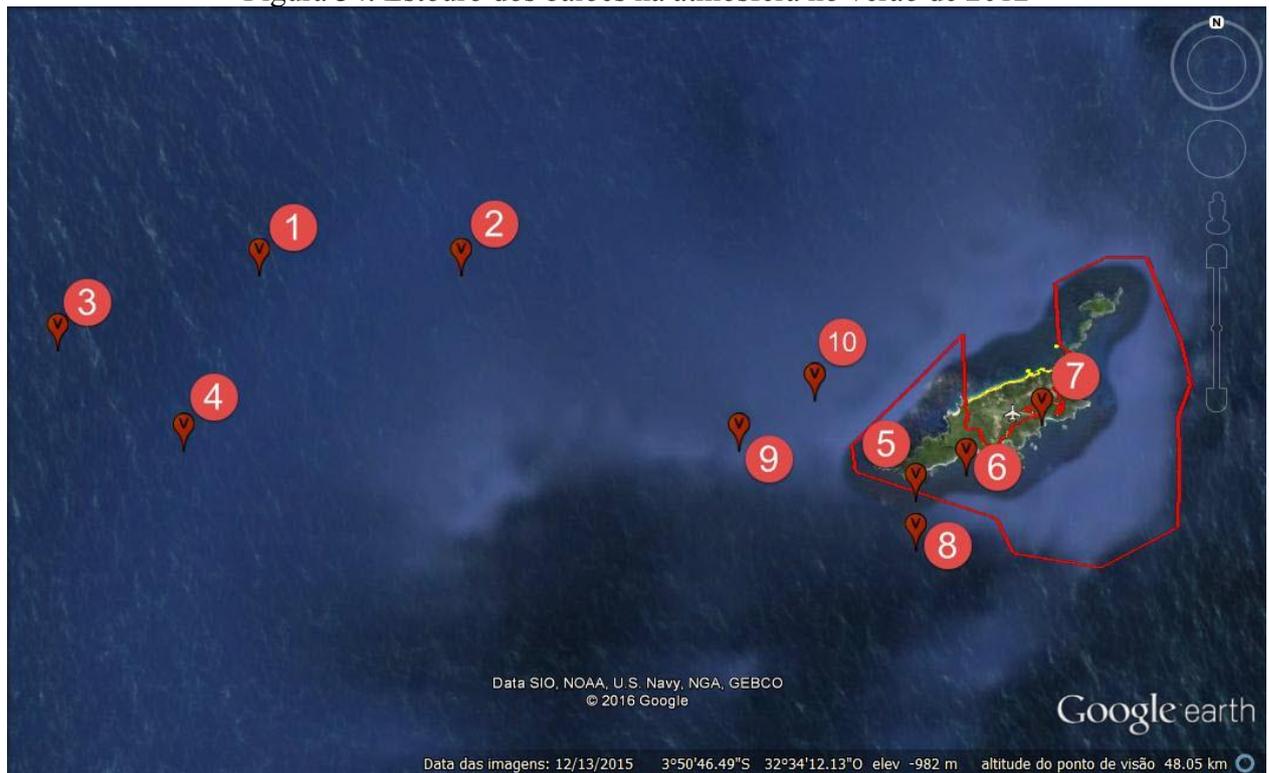
### 5.1.3 MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2012

Tabela 9. Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2012  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2012					
Estação do Ano: Verão					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20120226_113208	-3,8	-32,72	34144	25414
2	SBFN_20120227_113247	-3,8	-32,64	25416	23801
3	SBFN_20120228_114352	-3,83	-32,8	42635	23526
4	SBFN_20120301_113759	-3,87	-32,75	37088	21341
5	SBFN_20120310_113036	-3,89	-32,46	6536	22806
6	SBFN_20120311_113019	-3,88	-32,44	4209	20679
7	SBFN_20120312_112945	-3,86	-32,41	1330	20704
8	SBFN_20120313_113242	-3,91	-32,46	8196	23128
9	SBFN_20120314_113004	-3,87	-32,53	12780	23446
10	SBFN_20120315_113037	-3,85	-32,5	9255	22729

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 34. Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2012



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 10. Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2012  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2012					
Estação do Ano: Outono					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20120323_113007	-3,87	-32,66	27116	22311
2	SBFN_20120324_113034	-3,86	-32,57	17066	16879
3	SBFN_20120325_114519	-3,87	-32,52	11688	22256
4	SBFN_20120326_113010	-3,84	-32,45	3864	2977
5	SBFN_20120326_120618	-3,86	-32,49	8219	12361
6	SBFN_20120327_113333	-3,94	-32,26	20043	22773
7	SBFN_20120328_113026	-3,92	-32,38	8746	23257
8	SBFN_20120329_113233	-3,86	-32,49	8219	13122
9	SBFN_20120330_113015	-3,9	-32,5	10780	22676
10	SBFN_20120331_113240	-3,86	-32,43	1848	56

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 35. Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2012



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 11. Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2012  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2012					
Estação do Ano: Inverno					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20120702_113004	-3,98	-32,63	27710	24858
2	SBFN_20120703_113025	-3,92	-32,64	25982	24141
3	SBFN_20120704_113356	-3,88	-32,51	10883	21223
4	SBFN_20120705_113721	-3,79	-32,68	29994	25235
5	SBFN_20120706_113024	-3,78	-32,52	13844	20041
6	SBFN_20120707_113037	-3,87	-32,56	16072	23458
7	SBFN_20120708_113029	-3,97	-32,54	19069	22792
8	SBFN_20120709_113036	-3,89	-32,55	15454	13490
9	SBFN_20120710_113009	-3,9	-32,52	12738	23347
10	SBFN_20120711_113017	-3,94	-32,54	16930	24274

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 36. Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2012



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 12. Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2012  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3,85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2012					
Estação do Ano: Primavera					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20121001_122901	-3,85	-32,54	13698	24779
2	SBFN_20121002_113407	-3,91	-32,53	14228	23809
3	SBFN_20121003_113014	-4,03	-32,42	19907	19605
4	SBFN_20121004_113020	-4	-32,44	16788	21193
5	SBFN_20121005_113046	-3,95	-32,67	30228	23780
6	SBFN_20121006_113038	-3,91	-32,91	55189	23090
7	SBFN_20121007_113109	-3,86	-32,5	9321	23476
8	SBFN_20121008_113127	-3,94	-32,31	15471	22855
9	SBFN_20121009_113034	-3,96	-32,27	20328	20943
10	SBFN_20121010_113029	-3,98	-32,37	15280	20967

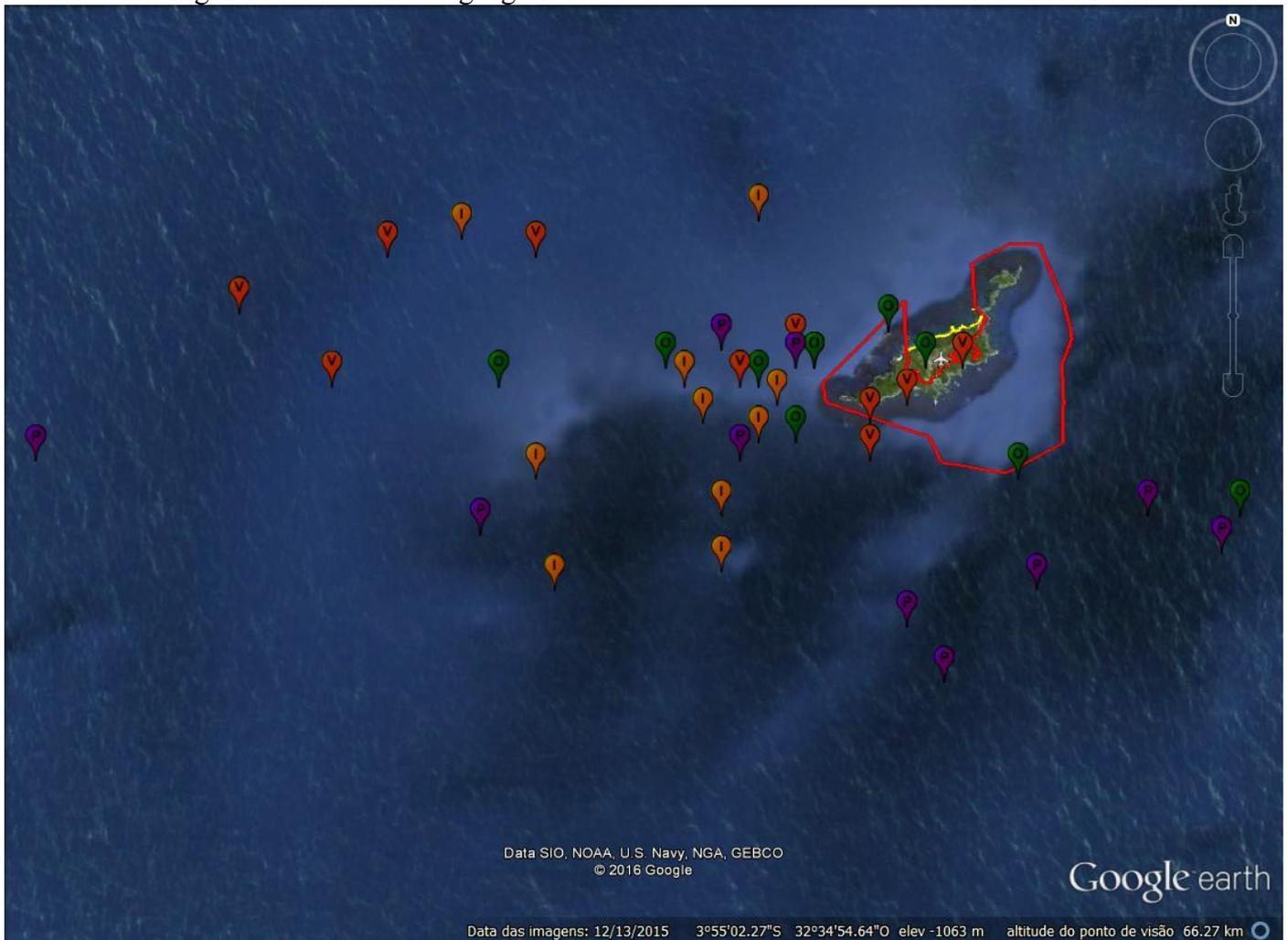
Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 37. Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2012



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 38. Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2012



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

## 5.1.4 MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2013

Tabela 13. Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2013  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2013					
Estação do Ano: Verão					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20130226_113047	-3,81	-32,51	11271	24109
2	SBFN_20130227_113051	-3,77	-32,51	13629	24833
3	SBFN_20130228_113111	-3,84	-32,44	2817	25377
4	SBFN_20130301_113037	-3,89	-32,45	5768	25693
5	SBFN_20130302_113126	-3,86	-32,49	8219	24736
6	SBFN_20130303_113110	-3,86	-32,49	8219	22844
7	SBFN_20130304_120800	-3,78	-32,47	9747	25189
8	SBFN_20130305_113119	-3,82	-32,38	5252	25174
9	SBFN_20130306_113142	-3,82	-32,35	6789	25145
10	SBFN_20130307_113057	-3,85	-32,44	2591	23635

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 39. Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2013



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 14. Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2013  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2013					
Estação do Ano: Outono					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20130323_113327	-3,89	-32,44	5126	25674
2	SBFN_20130324_113029	-3,92	-32,44	8162	21556
3	SBFN_20130325_113026	-3,86	-32,5	9321	21479
4	SBFN_20130326_113026	-3,93	-32,56	18210	25638
5	SBFN_20130327_113020	-3,96	-32,6	23715	23449
6	SBFN_20130328_113029	-3,88	-32,56	16261	25010
7	SBFN_20130329_114018	-3,81	-32,54	14395	21353
8	SBFN_20130330_113021	-3,81	-32,48	8309	18239
9	SBFN_20130331_113018	-3,82	-32,58	18443	25073
10	SBFN_20130401_113026	-3,82	-32,43	3632	18833

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 40. Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2013



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 15. Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2013  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2013					
Estação do Ano: Inverno					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20130704_122235	-3,85	-32,39	2961	24118
2	SBFN_20130705_113018	-3,78	-32,46	9115	23199
3	SBFN_20130706_113148	-3,75	-32,73	36522	25870
4	SBFN_20130707_113015	-3,84	-32,33	9689	17300
5	SBFN_20130708_113601	-3,84	-32,22	21872	20848
6	SBFN_20130709_113026	-3,89	-32,28	15809	23341
7	SBFN_20130710_113042	-3,84	-32,33	9689	25486
8	SBFN_20130711_113031	-3,73	-32,3	18548	25170
9	SBFN_20130712_113020	-3,7	-32,3	21050	19484
10	SBFN_20130713_113031	-3,78	-32,34	21096	24978

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 41. Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2013



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 16. Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2013  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2013					
Estação do Ano: Primavera					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20131001_113022	-3,92	-32,43	7880	23546
2	SBFN_20131002_113026	-3,94	-32,34	13097	22773
3	SBFN_20131003_113620	-3,92	-32,26	19043	19415
4	SBFN_20131004_113019	-3,91	-32,34	10794	22413
5	SBFN_20131005_113019	-3,88	-32,37	6153	17581
6	SBFN_20131006_113031	-3,86	-32,43	1848	23189
7	SBFN_20131007_112947	-3,91	-32,41	6675	23025
8	SBFN_20131008_113950	-3,92	-32,34	11506	19219
9	SBFN_20131009_113050	-3,82	-32,38	5252	19883
10	SBFN_20131010_113017	-3,75	-32,57	20308	24209

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 42. Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2013



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 43. Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2013



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

### 5.1.5 MAPAS TEMÁTICOS DOS LANÇAMENTOS SIMULADOS DO ANO DE 2014

Tabela 17. Dados de sondagens da EMAFN, estação verão do ano de 2014  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2014					
Estação do Ano: Verão					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20140226_114344	-3,8	-32,58	18966	24255
2	SBFN_20140227_113251	-3,81	-32,6	20839	21046
3	SBFN_20140228_113710	-3,85	-32,58	18141	21536
4	SBFN_20140301_113445	-3,89	-32,62	23011	24509
5	SBFN_20140302_113130	-3,88	-32,6	20630	25482
6	SBFN_20140303_113235	-3,86	-32,53	12636	18117
7	SBFN_20140304_113908	-3,92	-32,54	15732	24371
8	SBFN_20140305_114054	-3,8	-32,44	6106	22944
9	SBFN_20140306_112943	-3,75	-32,48	13106	24417
10	SBFN_20140307_113201	-3,79	-32,47	8894	24344

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 44. Estouro dos balões na atmosfera no verão de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 18. Dados de sondagens da EMAFN, estação outono do ano de 2014  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2014					
Estação do Ano: Outono					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20140323_113300	-3,84	-32,34	8587	22740
2	SBFN_20140324_114919	-3,93	-32,43	8969	22264
3	SBFN_20140325_113428	-3,85	-32,48	7034	21625
4	SBFN_20140326_113317	-3,84	-32,49	8220	21636
5	SBFN_20140327_113016	-3,93	-32,49	12024	23489
6	SBFN_20140328_113024	-3,97	-32,38	13880	18860
7	SBFN_20140329_113417	-3,96	-32,4	12303	22536
8	SBFN_20140416_113123	-3,82	-32,33	10182	25285
9	SBFN_20140417_113038	-3,85	-32,37	5183	22962
10	SBFN_20140418_113039	-3,85	-32,33	9626	22785

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 45. Estouro dos balões na atmosfera no outono de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 19. Dados de sondagens da EMAFN, estação inverno do ano de 2014  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3.85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2014					
Estação do Ano: Inverno					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20140702_113223	-3,86	-32,35	7486	24730
2	SBFN_20140703_114852	-3,86	-32,44	2817	22941
3	SBFN_20140704_113009	-3,87	-32,41	2332	24456
4	SBFN_20140705_113131	-3,86	-32,44	2817	25219
5	SBFN_20140706_114609	-3,82	-32,56	16262	23604
6	SBFN_20140708_113014	-3,78	-32,5	12066	24629
7	SBFN_20140709_112959	-3,84	-32,59	19284	20164
8	SBFN_20140710_113130	-3,88	-32,43	3632	24977
9	SBFN_20140711_113646	-3,86	-32,36	6390	24827
10	SBFN_20140713_114144	-3,85	-32,42	370	24754

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 46. Estouro dos balões na atmosfera no inverno de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tabela 20. Dados de sondagens da EMAFN, estação primavera do ano de 2014  
Base EMA - latitude 03 51 00S (3,85S) - longitude 32 25 00W (32,41W)

ANO 2014					
Estação do Ano: Primavera					
Item	Nome do arquivo	Latitude	Longitude	Distância da base(m)	Altura (m)
1	SBFN_20141001_113644	-3,95	-32,31	16204	25060
2	SBFN_20141002_115606	-3,87	-32,37	5635	23688
3	SBFN_20141003_113314	-3,85	-32,48	7034	22471
4	SBFN_20141004_113520	-3,81	-32,46	6537	24550
5	SBFN_20141005_113334	-3,75	-32,5	14421	24426
6	SBFN_20141006_120214	-3,7	-32,56	22993	23805
7	SBFN_20141007_113434	-3,74	-32,49	14639	24416
8	SBFN_20141008_113414	-3,71	-32,57	23018	23127
9	SBFN_20141009_113042	-3,72	-32,46	15160	25650
10	SBFN_20141010_113035	-3,72	-32,48	16004	21901

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 47. Estouro dos balões na atmosfera na primavera de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Figura 48. Coordenadas geográficas analisadas dos estouros dos balões em 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

## 5.2 Principais variáveis envolvidas na trajetória de voo dos balões meteorológicos

Os arquivos de extensão “dc3db” de cada lançamento em Fernando de Noronha acumulam todas as informações meteorológicas capturadas pelos sensores envolvidos na radiossondagem. Dentre essas informações, estão o intervalo de medição dos dados, o azimute, as coordenadas geográficas da trajetória percorrida, a altura, a direção e a velocidade dos ventos.

Por meio desses parâmetros, inicialmente imaginou ser possível inferir o local da queda dos resíduos envolvidos na atividade, contudo, após a análise dos dados, percebeu-se que a última coordenada geográfica captada pela estação de solo ocorre a altitudes superiores a 20 km (88% dos arquivos analisados).

Sendo assim, considerando o dinamismo observado nos parâmetros de azimute, direção e velocidade dos ventos, mesmo quando se trabalha com dias similares de anos sucessivos, pelo método de análise adotado nesta pesquisa, não foi possível inferir a região de queda da carga residual.

Como exemplo dessa intensa inconstância de parâmetros, foram acrescentados na tabela 21 os valores da direção dos ventos (DV), da velocidade dos ventos (VV) e do azimute (AZ), observados na estação verão, dos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, no momento em que houve o rompimento do balão na atmosfera.

Tabela 21. Parâmetros influenciáveis na posição do balão meteorológico na atmosfera

<b>Fernando de Noronha</b>								
<b>Estação do Ano: Verão de 2010</b>								
Item	Nome do arquivo	Latitude estouro	Longitude estouro	Distância da base(m)	Altura (m)	DV (graus)	VV (m/s)	AZ (graus)
1	SBFN_20100225_103528	-3,86	-32,43	1848	8794	276	18,9	204
2	SBFN_20100226_113344	-3,98	-32,26	22567	23954	83	24,7	127
3	SBFN_20100227_115610	-3,85	-32,47	5923	7948	276	21,6	282
4	SBFN_20100228_114502	-3,9	-32,4	5830	23418	90	19,8	149
5	SBFN_20100301_114100	-3,9	-32,43	5723	23776	96	34,1	181
6	SBFN_20100302_113922	-3,9	-32,54	14771	24744	97	37	247
7	SBFN_20100304_124151	-3,84	-32,41	1330	23215	89	22,7	47
8	SBFN_20100305_113727	-3,83	-32,47	6323	25019	87	27,4	304
9	SBFN_20100307_121437	-3,8	-32,44	6106	23584	81	31,7	349
10	SBFN_20100308_113912	-3,68	-32,61	28554	25804	96	33,9	314

<b>Fernando de Noronha</b>								
<b>Estação do Ano: Verão de 2011</b>								
Item	Nome do arquivo	Latitude estouro	Longitude estouro	Distância da base(m)	Altura (m)	DV (graus)	VV (m/s)	AZ (graus)
1	SBFN_20110225_114333	-3,95	-32,46	12059	23403	235	5,7	199
2	SBFN_20110226_113101	-3,89	-32,41	4484	23341	211	2,7	152
3	SBFN_20110227_113141	-3,88	-32,42	3337	24370	257	24,9	163
4	SBFN_20110228_113058	-3,83	-32,41	2332	24231	269	16	31

Tabela 21 – Continuação

5	SBFN_20110301_113346	-3,8	-32,42	5541	23860	229	7,6	4
6	SBFN_20110302_113411	-3,89	-32,45	5768	19650	216	6,5	217
7	SBFN_20110303_113034	-3,89	-32,46	6536	23696	107	7,1	227
8	SBFN_20110304_114114	-3,89	-32,45	5768	22009	241	7,1	206
9	SBFN_20110305_113131	-3,85	-32,46	4813	23315	270	2,8	282
10	SBFN_20110306_113722	-3,85	-32,52	11477	21428	283	9,6	271

<b>Fernando de Noronha</b>								
<b>Estação do Ano: Verão de 2012</b>								
Item	Nome do arquivo	Latitude estouro	Longitude estouro	Distância da base(m)	Altura (m)	DV (graus)	VV (m/s)	AZ (graus)
1	SBFN_20120226_113208	-3,8	-32,72	34144	25414	89	28,5	282
2	SBFN_20120227_113247	-3,8	-32,64	25416	23801	55	24,6	284
3	SBFN_20120228_114352	-3,83	-32,8	42635	23526	98	15	274
4	SBFN_20120301_113759	-3,87	-32,75	37088	21341	289	4	268
5	SBFN_20120310_113036	-3,89	-32,46	6536	22806	70	18,6	223
6	SBFN_20120311_113019	-3,88	-32,44	4209	20679	135	6,2	216
7	SBFN_20120312_112945	-3,86	-32,41	1330	20704	55	3,4	104
8	SBFN_20120313_113242	-3,91	-32,46	8196	23128	77	11,8	210
9	SBFN_20120314_113004	-3,87	-32,53	12780	23446	81	21,3	264
10	SBFN_20120315_113037	-3,85	-32,5	9255	22729	76	10,2	277

<b>Fernando de Noronha</b>								
<b>Estação do Ano: Verão de 2013</b>								
Item	Nome do arquivo	Latitude estouro	Longitude estouro	Distância da base(m)	Altura (m)	DV (graus)	VV (m/s)	AZ (graus)
1	SBFN_20130226_113047	-3,81	-32,51	11271	24109	195	3,8	298
2	SBFN_20130227_113051	-3,77	-32,51	13629	24833	184	3,2	317
3	SBFN_20130228_113111	-3,84	-32,44	2817	25377	133	8,9	318
4	SBFN_20130301_113037	-3,89	-32,45	5768	25693	227	4,4	209
5	SBFN_20130302_113126	-3,86	-32,49	8219	24736	33	10,4	262
6	SBFN_20130303_113110	-3,86	-32,49	8219	22844	96	5,8	265
7	SBFN_20130304_120800	-3,78	-32,47	9747	25189	311	3,4	327
8	SBFN_20130305_113119	-3,82	-32,38	5252	25174	247	14,8	49
9	SBFN_20130306_113142	-3,82	-32,35	6789	25145	256	19,3	62
10	SBFN_20130307_113057	-3,85	-32,44	2591	23635	93	6,6	297

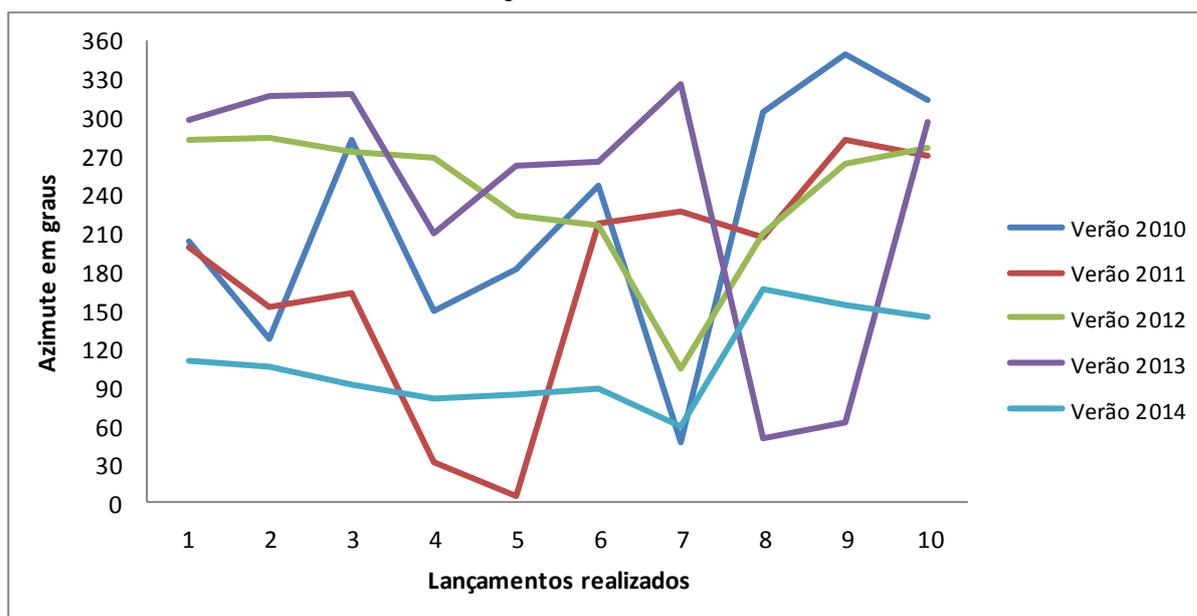
<b>Fernando de Noronha</b>								
<b>Estação do Ano: Verão de 2014</b>								
Item	Nome do arquivo	Latitude estouro	Longitude estouro	Distância da base(m)	Altura (m)	DV (graus)	VV (m/s)	AZ (graus)
1	SBFN_20140226_114344	-3,8	-32,58	18966	24255	288	17,1	110
2	SBFN_20140227_113251	-3,81	-32,6	20839	21046	263	12	105
3	SBFN_20140228_113710	-3,85	-32,58	18141	21536	253	7,1	92
4	SBFN_20140301_113445	-3,89	-32,62	23011	24509	289	9	81
5	SBFN_20140302_113130	-3,88	-32,6	20630	25482	151	8,6	83
6	SBFN_20140303_113235	-3,86	-32,53	12636	18117	109	10,7	89
7	SBFN_20140304_113908	-3,92	-32,54	15732	24371	269	7,3	59
8	SBFN_20140305_114054	-3,8	-32,44	6106	22944	279	7,3	166
9	SBFN_20140306_112943	-3,75	-32,48	13106	24417	203	6	154
10	SBFN_20140307_113201	-3,79	-32,47	8894	24344	82	4,4	144

Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Esses levantamentos de direção, de velocidade do vento e de azimute, descritos na Tabela 21, foram projetados em forma de gráficos.

Os azimutes – esses considerados pela posição da EMA de Fernando de Noronha em relação ao balão meteorológico – foram apresentados no Gráfico 1. A partir dele, notou-se a variação dos valores capturados pela estação de solo, no momento em que houve estouro do balão meteorológico na atmosfera.

Gráfico 1. Azimute nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014

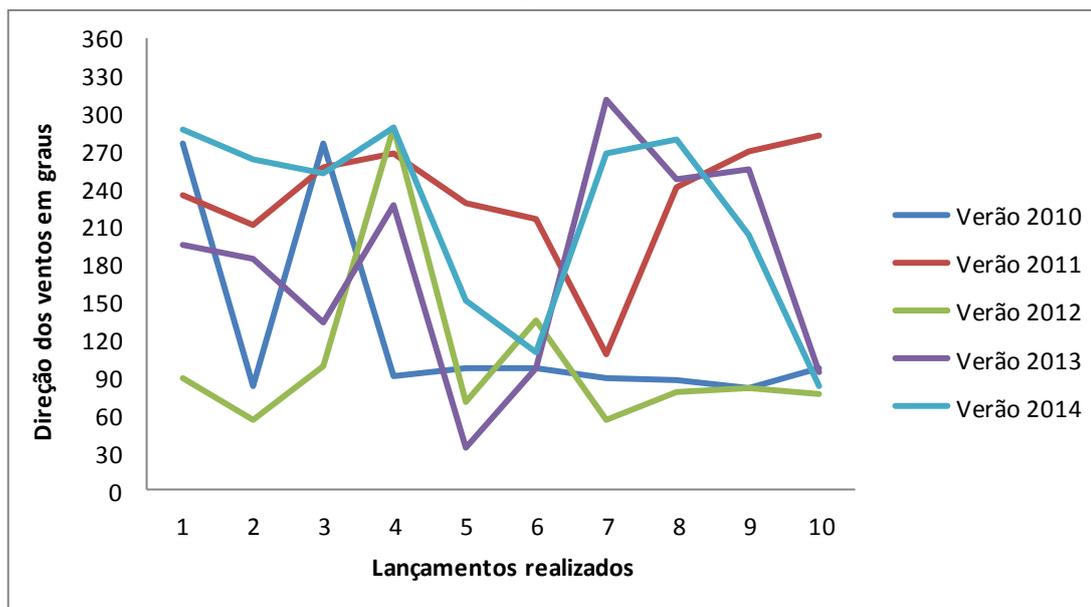


Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Por sua vez, no Gráfico 2, construído com base nos 10 lançamentos analisados e realizados no verão dos anos de 2010 a 2014, também considerando o momento em que houve o estouro do balão na atmosfera, observou-se os valores da direção dos ventos no período.

Inicialmente, de acordo com o gráfico, foram notados valores não regulares e divergentes ano a ano, o que permitiu inferir, por ora, que há um comportamento não uniforme para a direção dos ventos. Contudo, essa assertiva carece de comprovação – que foge ao escopo deste trabalho –, a partir de estudos mais complexos, com estatísticas e computações mais elaboradas, de forma a construir uma percepção mais apropriada para o parâmetro em questão.

Gráfico 2. Direção dos ventos nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014

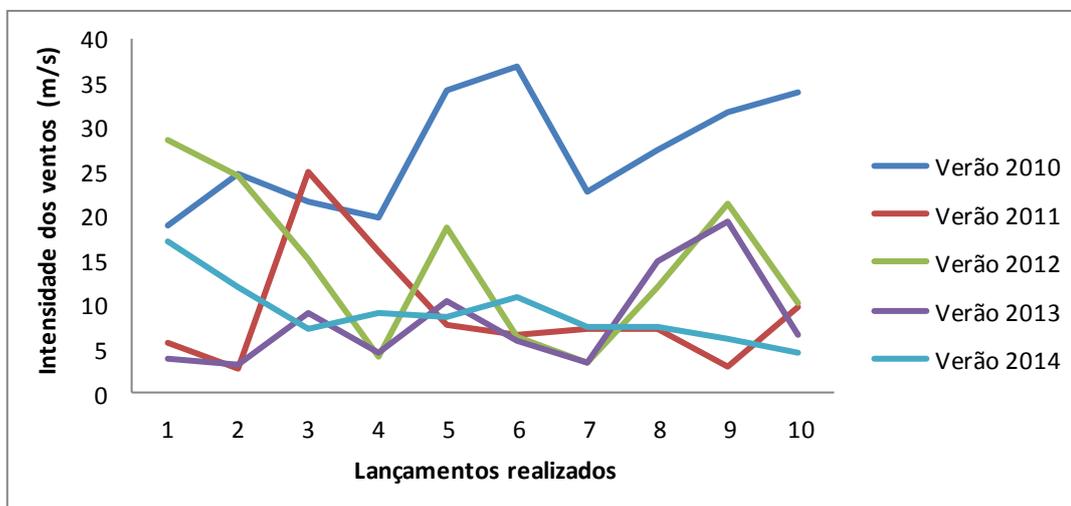


Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Também a intensidade dos ventos apresentou necessidades de estudos mais detalhados para se chegar a resultados mais conclusivos sobre o seu comportamento e a sua influência na trajetória dos balões meteorológicos.

No entanto, de acordo com o Gráfico 3, por ora observou-se que houve variação de valores de intensidade dos ventos ano a ano. Tal fato trouxe dificuldades em inferir a provável posição final dos balões meteorológicos, afinal esse é um dos principais parâmetros que influenciam no deslocamento horizontal dos mesmos, motivando um maior (ou menor) afastamento do conjunto de voo em relação à base de lançamento.

Gráfico 3. Intensidade dos ventos nos arquivos analisados do verão de 2010 a 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Essas variações de azimute, de direção e de velocidade dos ventos em dias similares de anos sucessivos observadas nos gráficos anteriores, bem como a sua influência no posicionamento final dos balões meteorológicos na atmosfera, pode ser notada na Figura 49.

Note-se que há um lançamento em 28 de fevereiro de 2012, em que o balão estourou a uma altura de 23.526m e a uma distância de 42.635m da base de lançamento, e outro, realizado no dia 08 de março de 2010, que, embora tenha atingido uma altura maior que o anterior (28.554m), percorreu uma distância relativa à base menor (25.804m).

Figura 49. Distribuição espacial dos estouros no verão dos anos de 2010 a 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

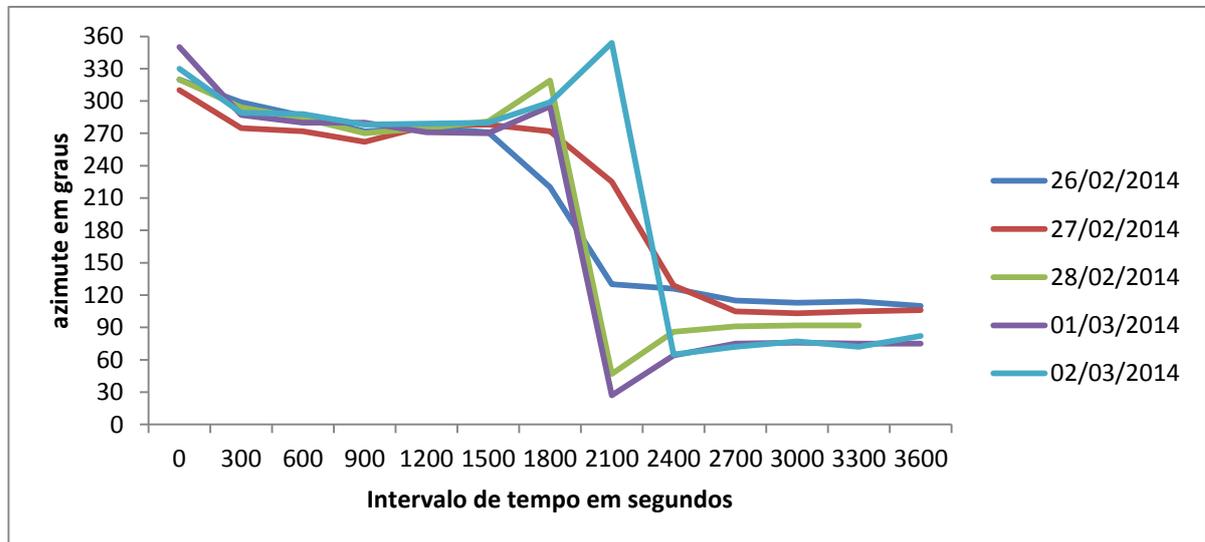
Ao analisar os arquivos e imagens referentes às demais estações abordadas nesta pesquisa (outono, inverno e primavera) no período de 2010 a 2014, notou-se a mesma particularidade.

No entanto, ao observar lançamentos sucessivos em um mesmo período do ano, no caso, o verão de 2014, percebeu-se, pelo método utilizado para elaboração dos gráficos, certo grau de comportamento para o azimute, a direção e a intensidade dos ventos.

Por via dos Gráficos 4, 5 e 6, elaborados com os lançamentos dos dias 26, 27, 28 de fevereiro de 2014 e 1 e 2 de março do mesmo ano, percebeu-se que os parâmetros analisados variaram com alguma similaridade no período considerado. Todavia, mesmo assim, houve

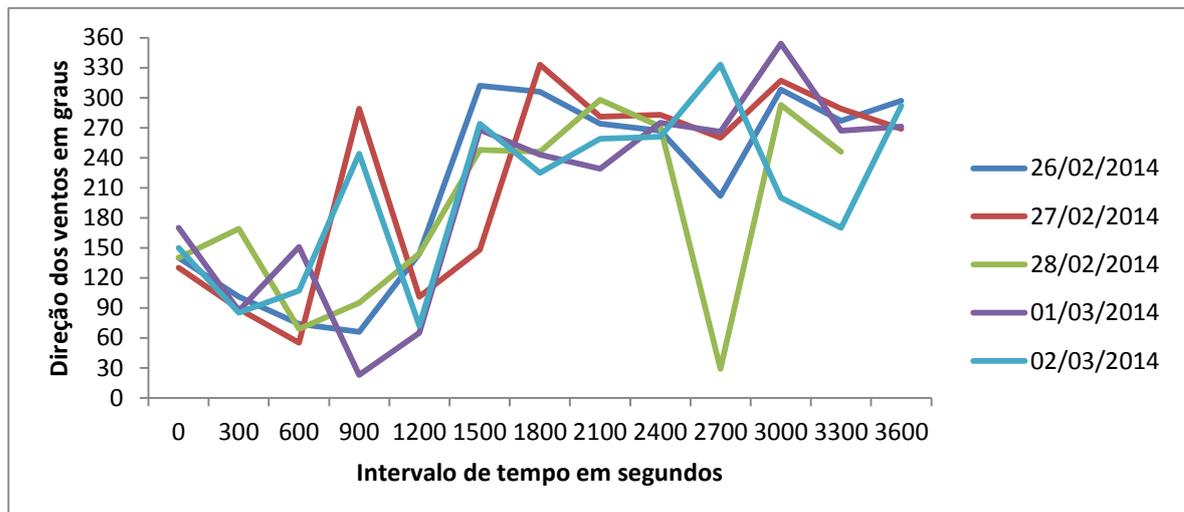
comportamentos diferentes de trajetória e de localização final do estouro do balão na atmosfera.

Gráfico 4. Azimute em dias sucessivos do verão de 2014



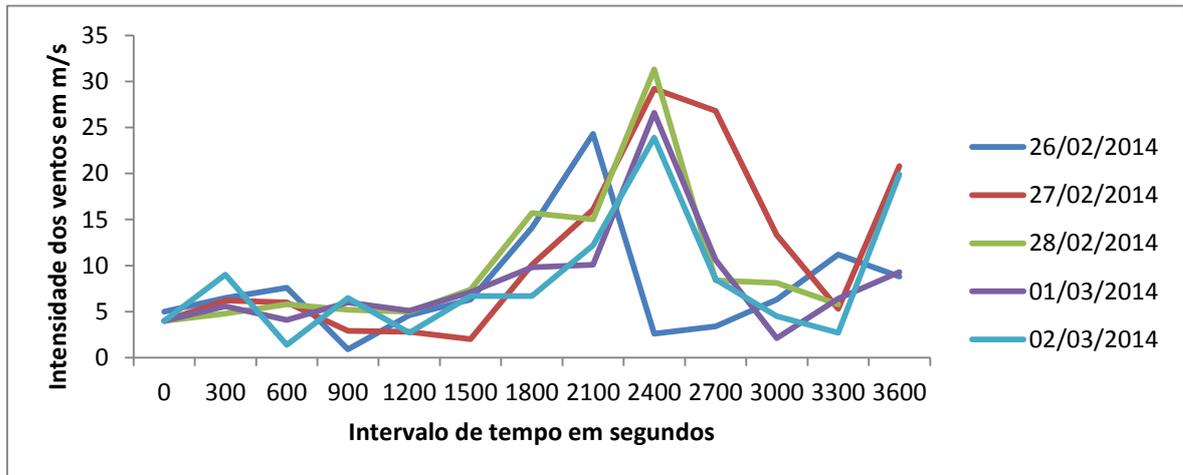
Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Gráfico 5. Direção dos ventos em dias sucessivos do verão de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Gráfico 6. Intensidade dos ventos em dias sucessivos do verão de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Assim, mesmo considerando na pesquisa os valores levantados em períodos sucessivos de um mesmo ano para tentar prever o local de queda dos resíduos envolvidos não seria suficiente, pois bastaria variar minimamente um dos parâmetros de azimute, direção ou intensidade dos ventos para que a posição final do conjunto de voo fosse diferente do previsto.

Para exemplificar, por meio da ferramenta régua do *Google Earth*, levantou-se que a menor distância entre os balões foi de 2,46 km (entre os dias 1 e 2 de março) e o maior 10,82 km (entre os dias 26 de fevereiro e 1 de março), mesmo com os valores similares de azimute, de direção e de intensidade observados nos lançamentos.

Tal distribuição espacial dos estouros sucessivos de 2014 pode ser vista na Figura 50.

Figura 50. Estouros sucessivos do ano de 2014



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

### 5.3 Análises das variáveis ambientais *versus* resíduos da radiossondagem

Os resultados construídos da análise das variáveis ambientais em função dos resíduos da radiossondagem estão descritos na Matriz 1. A base metodológica utilizada para classificar os impactos nas espécies envolvidas são os argumentos comumente descritos pelos autores que trabalham com a temática, quais sejam: a capacidade de ingestão e a possibilidade de enroscamento em fios.

Matriz 1. Classificação do potencial de impacto dos resíduos de radiossondagem

Resíduos de radiossondagem	Elementos ambientais passíveis de serem afetados															
	1 - Tartaruga-cabeçuda	2 - Tartaruga-verde	3 - Cebito	4 - Estrela-do-mar	5 - Ouriço-satélite	6 - Tartaruga-de-pente	7 - Caranguejo ( <i>Johngarthia lagostoma</i> )	8 - Tartaruga-oliva	9 - Coral-de-fogo	10 - Tubarão-limão	11 - Rabo de palha de bico vermelho	12 - Caranguejo ( <i>Percnon bibbessi</i> )	13 - Gorgônia	14 - Rabo de junco de bico laranja	15 - Pardela de asa-larga	16 - Junviara-de-noronha
Arco plástico	4	4	1	1	1	4	1	4	1	3	1	1	1	1	1	1
Balão	4	4	1	1	1	4	2	4	1	3	2	2	1	2	1	1
Barbante	3	3	1	1	1	3	2	3	1	2	1	2	1	1	1	1
Baterias	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1
Desenrolador	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Nylon	3	3	1	1	1	3	2	3	1	2	2	2	1	2	1	1
Radiossonda	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1
<b>Somatório</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de SÁNCHEZ (2013).

Pelo somatório da matriz, percebeu-se que as espécies mais sujeitas aos resíduos de radiossondagem no Arquipélago são as tartarugas marinhas, os tubarões e as aves, afinal, entre as espécies selecionadas, são as que apresentam maior capacidade de mobilidade e a maior probabilidade de ingerir os resíduos.

Vale saber que, recentemente, mais precisamente no ano de 2014, houve a morte de uma tartaruga de pente na ilha de Fernando de Noronha. O animal foi encontrado debilitado

na praia do Sueste e, depois de receber os cuidados localmente, foi enviado para o continente para tratamento especializado, conforme noticiado pelo portal G1 – Pernambuco – Viver Noronha, em 09 de junho de 2014.

De acordo com o portal, o veterinário Carlos Diógenes realizou a necropsia do animal na Universidade Federal Rural de Pernambuco e encontrou uma grande quantidade de lixo ingerido, causando uma grave enterite (inflamação do intestino). Entre o lixo consumido pela espécie foram identificados canudos, plástico de tampinha de garrafa, linha de pesca, lacre e plástico de carteira de cigarros (Figura 51).

Figura 51. Lixo encontrado no estômago da tartaruga em Fernando de Noronha



Fonte: Portal G1 – Pernambuco – Viver Noronha, Marinho (2014).

#### 5.4 A NOAA e a radiossondagem

A NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica) é um órgão que trata de assuntos relativos à meteorologia, aos oceanos, à atmosfera e ao clima. Suas pesquisas buscam compreender melhor o meio ambiente e observar os aspectos que estão correlacionados com as mudanças climáticas. Para tanto, a sua equipe faz uso de diversos recursos tecnológicos para levantamento de dados meteorológicos e monitoramento ambiental, inclusive a radiossondagem.

Observando o lançamento de balões meteorológicos praticados pela NOAA, a partir de simulações de lançamentos realizados pela mesma no ano de 2008, observou-se que os

mantenedores têm a prática de acompanhar o balão meteorológico até o momento em que o mesmo fica próximo a superfície do mar (Figura 52).

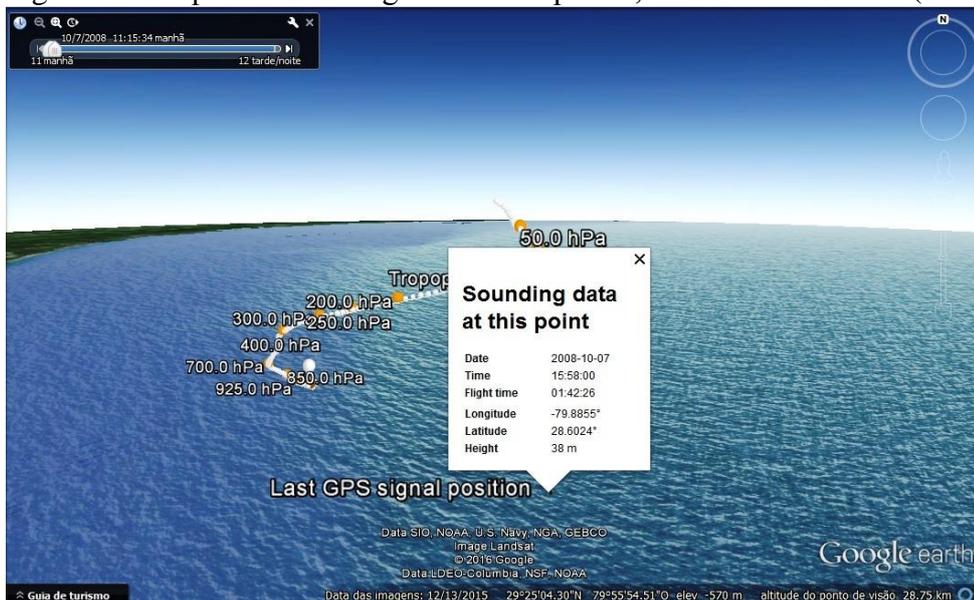
Figura 52. Trajetória de voo e coordenada final da radiossonda NOAA (07/10/2008)



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

Tal fato é confirmado pelas informações constantes na etiqueta “*Sounding data at this point*” (Figura 53), que mostra a data do lançamento, a hora, o tempo de voo, a longitude e a latitude da radiossonda, e ainda a altura do equipamento em relação à superfície do mar (38m).

Figura 53. Etiqueta “*Sounding data at this point*”, radiossonda NOAA (07/10/2008)



Fonte: elaborado pelo autor, 2016.

O fato de a NOAA utilizar equipamento de radiossondagem similar à Força Aérea Brasileira demonstra ser possível configurar o software de monitoramento para não descartar as informações de coordenadas geográficas após o estouro do balão na atmosfera.

Agir de forma análoga à NOAA, inclusive, é uma das ações possíveis de melhoria para a radiossondagem em Fernando de Noronha, pois permitiria precisar o local de queda do conjunto de voo e, conseqüentemente, conjecturar as ações possíveis para mitigar os eventuais impactos negativos existentes.

## 6 CONCLUSÕES

O estudo ora finalizado permitiu concluir alguns pormenores a respeito da radiossondagem em Fernando de Noronha, bem como as suas implicações para as espécies protegidas nas unidades de conservação local. Também ao seu término, após a análise dos 200 arquivos de radiossondagens realizadas entre os anos de 2010 a 2014, pode-se perceber o comportamento dos parâmetros de azimute, de direção e de intensidade dos ventos nas camadas de ar superior na atmosfera próxima ao Arquipélago.

De pronto, de acordo com os gráficos elaborados e a metodologia adotada para esta pesquisa, notou-se ser de alto grau de dificuldade inferir o provável local de queda dos balões meteorológicos lançados em Fernando de Noronha, principalmente por dois fatores atrelados à prática: a variação dos parâmetros que influenciam na trajetória do balão (azimute, direção e velocidade dos ventos) e a altura alcançada pelo conjunto de voo no momento do estouro na atmosfera (superior a 20 km em 88% dos arquivos analisados). Estudos futuros, com maior propriedade matemática e aprofundamento nos dados, certamente trarão melhores assertivas a esse respeito.

Por sua vez, percebeu-se que elaborar um modelo matemático capaz de considerar os dados do próprio arquivo de sondagem (dc3db) capturados na subida para projetar o provável local de queda do conjunto de voo na descida, por ora, não foi possível. A percepção é de que, com a sugerida captura dos parâmetros de localização final da radiossonda, após o estouro do balão na atmosfera, será possível construir um modelo matemático apropriado para tal fim.

Sob a perspectiva da análise ambiental – via Matriz de Interação, que foi o instrumento escolhido para análise de impacto –, concluiu-se que as espécies marinhas natatórias (tartarugas e tubarões), bem como a avifauna, estão mais sujeitas aos resíduos da radiossondagem. A maior vulnerabilidade dessas espécies está associada ao fato de apenas ter sido considerado dois fatores para atribuição de valores na matriz: a capacidade de ingerir os resíduos e (ou) se enroscar neles.

Vale ressaltar que não foi considerado o poder poluidor dos componentes químicos envolvidos nas pilhas, em função da dificuldade de mensurar a sua concentração no meio, seja pelo volume de água existente no oceano ou mesmo pelo movimento promovido pelas correntes marinhas.

Por fim, ao término do trabalho, concluiu-se que a forma como a NOAA realiza a sua radiossondagem pode ser considerado um referencial de conduta para a prática da atividade em Fernando de Noronha. O *benchmarking* ambiental nesse caso é perfeitamente aplicável,

visto que permite o acompanhamento do processo do início ao fim, viabilizando ações de prevenção e precaução para os ambientes locais protegidos.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Algumas ações possíveis para a radiossondagem em Fernando de Noronha foram delineadas no decorrer da pesquisa. Todas elas foram motivadas pela preocupação em realizar o monitoramento ambiental dos resíduos envolvidos, com vistas a evitar impactos para as espécies protegidas das unidades de conservação circunvizinhas à base de lançamento.

As ações sugeridas de melhoria para a atividade foram categorizadas em três tipos: de curto, de médio e de longo prazo, descritas a seguir. O fator tempo foi determinante na definição dessas ações, pois até então não se sabe onde a carga residual da atividade está sendo acumulada e nem tão pouco as suas implicações para o meio ambiente natural.

### 7.1 Ações de curto prazo

- Criar um banco de informações do local de queda do conjunto de voo. Para tanto, basta auferir a última coordenada geográfica emitida pela radiossonda próximo à superfície – de modo análogo a NOAA –, visto que esse ajuste permitiria um maior controle sobre a mesma e ainda possibilitaria realizar eventuais recolhimentos dos resíduos de lançamentos que eventualmente caíssem próximo à Ilha. Durante o estudo realizado, não houve dúvidas de que configurar o equipamento para recebimento das coordenadas geográficas do conjunto de voo na descida seria a conduta mais fácil de ser adotada, pois não envolveria custos adicionais e retornaria os melhores resultados imediatos para o monitoramento ambiental dos resíduos da prática.
- Verificar a possibilidade de recolhimento dos resíduos que caíam na área do Parque Nacional Marinho e na área da Área de Proteção Ambiental do Arquipélago, quando as coordenadas geográficas do local de queda dos resíduos auferidas pelo sistema de solo assim o informarem.
- Levantar a possibilidade de captação de investimentos de empresas que apoiam projetos ambientais, a fim de montar uma estrutura de logística para recolhimento dos resíduos da atividade em Fernando de Noronha.
- Realizar contato com o fabricante do equipamento e demonstrar interesse na aquisição de materiais diferenciados e mais sustentáveis (do ponto de vista ambiental) para o desenvolvimento da prática no local. Sobre isso, é fundamental tornar conhecida para o fabricante as particularidades das unidades de conservação circunvizinhas à base de

lançamento, bem como as externalidades que os resíduos dos equipamentos envolvidos motivam no ambiente natural.

## **7.2 Ações de médio prazo**

- Definir em editais de licitações que os equipamentos implicados no conjunto de voo – que não a radiossonda propriamente dita –, tal como o paraquedas, o arco plástico, as baterias, o nylon, o balão de borracha, entre outros, sejam licitados individualmente e especificados com critérios de sustentabilidade, visando um menor poder de impacto negativo para o ambiente insular protegido de Fernando de Noronha (biodegradabilidade, por exemplo).
- Realizar uma análise mais específica nos equipamentos resgatados por empresas capacitadas e habilitadas, a fim de verificar a possibilidade de recuperação da radiossonda para utilização em fins menos nobres.

## **7.3 Ações de longo prazo**

- Estabelecer parcerias com Instituições Públicas Federais de ensino e pesquisa para desenvolver uma análise mais específica dos impactos que cada resíduo da prática pode motivar nas espécies mais frágeis do ambiente insular.
- Verificar a possibilidade de projetar, desenvolver e implementar um sistema embarcado nas radiossondas, capaz de trazê-la de volta para a base de lançamento ou mesmo destiná-la para um local apropriado, de forma que viabilize o seu recolhimento. Tal prática certamente proporcionaria o reaproveitamento do que for possível do conjunto de voo (menor custo econômico no processo), bem como evitaria que esses resíduos ficassem depositados no meio ambiente natural (menor custo ambiental do processo).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Outras ilhas oceânicas no Brasil e no mundo realizam a atividade de radiossondagem em condições similares as de Fernando de Noronha, ou seja, sem o devido monitoramento ambiental dos resíduos decorrentes da prática. O custo ambiental do processo, até então não verificado, precisa ser mensurado, internalizado e revisado periodicamente.

Assim, que a partir deste estudo, seja percebida a importância em monitorar o conjunto de voo do início ao fim do processo, a fim de evitar que os resíduos decorrentes dos lançamentos comprometam os serviços ecológicos ofertados pelos locais legalmente reconhecidos como protegidos. Nessa perspectiva, o importante é que condutas sejam ajustadas, de forma a não comprometer os ambientes diferenciados que ainda nos restam.

A modo de conclusão do trabalho, a expectativa que fica é acreditar que, se não fomos capazes de começar corretamente a prática da radiossondagem em ambientes insulares e protegidos, que, a partir de agora, consigamos ajustá-la, tornando-a mais sustentável, previsível e segura do ponto de vista ambiental.

A presente e as futuras gerações agradecem.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS. **A evolução da indústria de Pilhas no Brasil**. ABINEE, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004** - Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 71p, 2004.
- ARAÚJO, L. R. R.; MELO e SOUZA, R.. Territorialidade, conflitos socioambientais e a atividade turística em unidades de Conservação: uma discussão conceitual. **Revista Nordestina de Ecoturismo**, Aquidabã, v.5, n.2, p.19-27, 2012.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1996.
- AZZARELO, M. Y; VANVLEET, E. S. Marine birds and plastic pollution. **Marine Ecology Progress Series**, n.37, p. 295-303, 1987.
- BALBÃO, T. C.; CASTRO, A. G. S. **Ocorrência de tartarugas marinhas no litoral norte do Rio Grande do Sul e evidências de ações antrópicas**. In: CASTRO, A. G. S. Por que animais marinhos morrem no litoral sul do Brasil? Resultados do Planbio-Sul. Porto Alegre, p. 31-35, 2001.
- BALMFORD, A.; BRUNER, A.; COOPER, P.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; GREEN, R. E.; JENKINS, M.; JEFFERISS, P.; JESSAMY, V.; MADDEN, J.; MUNRO, K.; MYERS, N.; NAEEM, S.; PAAVOLA, J.; RAYMENT, M.; ROSENDO, S.; ROUGHGARDEN, J.; TRUMPER, K.; TURNER, K. Economic reasons for conserving wild nature. **Science**, n.297, p. 950-953, 2002.
- BARREIROS, J. P.; BARCELOS, J. Plastic ingestion by a leatherback turtle *dermochelys coriacea* from the azores (ne atlantic). **Marine pollution bulletin**, n.42, p. 1196-1197, 2001.
- BRANCO, S. M. **Ecossistêmica. Uma abordagem integrada dos problemas de meio ambiente**. Editora Edgard Blücher Ltda, 2ª Edição, São Paulo, 1999.
- BRANDON, K. Perils to parks: the social context of threats. In. BRANDON, K. **Parks in peril: people, politics, and protected áreas**. p. 415-439. Island Press, Washington, D.C, 1998.
- BRANDON, K; FONSECA, G. A.; RYLANDS, A. B.; SILVA, J. M. Conservação brasileira: desafios e oportunidades. **Megadiversidade**, Vol. 1, n.1, p. 7-13, 2005.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- \_\_\_\_\_. **Decreto Federal n. 92.755, 5 de junho 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.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal n. 96.693, 14 de setembro de 1988.** Cria o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha.** Brasília: MMA/SBF, 180p, 2002.

BRUNER, A. G.; GULLISON, R. E.; FONSECA, G. A. B. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. **Science**, 291, p. 125-128, 2001.

BUGONI, L; KRAUSE, L.; PETRY, M. V. Marine debris and human impacts on sea turtles in southern brazil. **Marine pollution bulletin**, n.42, p. 1330-1334, 2001.

BUTCHART S. H. M.; WALPOLE, M.; COLLEN, B.; VAN STREIN, A.; CHARLEMANN, J. P. W.; ALMOND, R. E. A.; BAILLIE, J.; BOMHARD, B.; BROWN, C.; BRUNO, J.; CARPENTER, K.; CARR, G. M.; CHANSON, J.; CHENERY, C.; CSIRKE, J.; DAVIDSON, N. C.; DENTENER, F.; FOSTER, M.; GALLI, A.; GALLOWAY, J. N.; GENOVESI, P.; GREGORY, R.; HOCKINGS, M.; KAPOS, V.; LAMARQUE, J. F.; LEVERINGTON, F.; LOH, J.; MCGEOGH, M.; MCRAE, L.; MINASYAN, A.; MORCILLO, M. H.; OLDFIELD, T.; PAULY, D.; QUADER, S.; REVENGA, C.; SAUER, J.; SKOLNIK, B.; SPEAR, D.; STANWELL-SMITH, D.; SYMES, A.; SPEAR, D.; STUART, S.; TYRRELL, T. D.; VIE, J. C.; WATSON, R. Global biodiversity: indicators of recent declines. **Science**, n. 28, p. 1164-1168, 2010.

BYD. Batteries Co. Ltd. BYD. **Batteries Technical Handbook.** China, 2001.

CATRACA LIVRE. **Estudo aponta que 90% das aves marinhas têm plástico no estômago.** Estadão Conteúdo. Disponível em:

<<https://catracalivre.com.br/geral/sustentavel/indicacao/estudo-aponta-que-90-das-aves-marinhas-tem-plastico-no-estomago/>>. Acesso em 10 jun 2016.

CEMPRE. **Manual de Gerenciamento.** CEMPRE/IPT. São Paulo, 1995.

CETEM. **Reciclagem de Pilhas Secas.** Centro de Tecnologia Mineral. Relatório Interno. Rio de Janeiro, 1999.

CFETEQ –RJ. **Pilhas e Baterias.** Centro Federal de Escolas Técnicas – Escola de Química. Rio de Janeiro, 2000.

COMANDO DA AERONÁUTICA. **Curso de Manutenção da Estação Meteorológica de Altitude (NAV017) – Disciplina 1.** Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica. Seção de Instrução e Atualização Técnica, Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **Instalação de estações meteorológicas de superfície e de altitude.** Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **Regulamento de Administração da Aeronáutica (RADA).** Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica. Rio de Janeiro, 2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 1 out 2015.

ECOD. **Lixo Marinho: um alimento perigoso**. Ecodesenvolvimento. Disponível em: < <http://www.ecodesenvolvimento.org/colunas/lixo-marinho/lixo-marinho-um-alimento-perigoso>>. Acesso em 10 jun 2016.

FARIA, H. H. **Eficácia de gestão de unidades de conservação gerenciadas pelo Instituto Florestal de São Paulo**. Tese de Doutorado. UNESP-FCT, Presidente Prudente, SP. 401p, 2004.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. **Unidades de paisagem e zoneamento ambiental: subsídios para a gestão da floresta nacional de Ipanema – Iperó/SP**. Curitiba, Editora UFPR, n.14, p. 35-53, 2007.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias**. FIRJAN: Rio de Janeiro, 2000.

FERREIRA, M. N. **Planejamento sistemático das unidades de conservação do Estado de Tocantins**. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia, 2011.

GOLDBERG, E. D. Emerging problems in the coastal zone for the twenty-first century. **Marine Pollution Bulletin**, n.31, p. 152-158, 1995.

GÜNTHER, W. M. R. **Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos sólidos industriais tendo metais pesados: estudo de caso**. São Paulo (BR); [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo], 1988.

HOCKINGS, M.; STOLTON, S.; LEVERINGTON, F.; DUDLEY, N.; COURRAU, J. Evaluating effectiveness: a framework for assessing management effectiveness of protected areas. **Best Practice Protected Area Guidelines Series**, n° 14, WCPA. Suíça. 105p, 2006.

HOROWITZ, C.; BURSZTYN M. A. A. A perda da biodiversidade e o desafio da conservação. **TECBAHIA**, vol. 18, n.2-3, maio/dez, 2003.

IBAMA. **Curso de Capacitação do Analista Ambiental**. Módulo II – Unidades de Conservações Federais. Brasília: Edições IBAMA, 2006.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMAR-FN)**. Disponível em: <[JATOBÁ, S. U. S.; CIDADE, L. C. F.; VARGAS, G. M.. Ecologismo, Ambientalismo e Ecologia Política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. \*\*Revista Sociedade e Estado\*\*, Brasília, v. 24, n.1, p. 47-87, jan./abr, 2009.](http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2265-parna-marinho-de-fernando-de-noronha.html?highlight=WyJmZXJuYW5kbyIsImRliiwibm9yb25oYSIsImZlcm5hbmRvIGRliiwZmVybFuZG8gZGUgbm9yb25oYSIsImRliIG5vcm9uaGEiXQ==>. Acesso em 10 set 2015.</p></div><div data-bbox=)

LAIST, D. W. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin** , n.18, p. 319-326, 1987.

LAIST, D. W. Impacts of Marine debris: Entanglement of marine life in Marine Debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: J.M. Coe and D.B. Rogers (eds.), **Marine Debris: Sources, Impacts and Solutions**. Nova York: Springer-Verlag, p. 99-139, 1997.

LOREAU, M.; OTENG-YEBOAH, A.; ARROYO, M. T. K.; BABIN, D.; BARBAULT, R.; DONOGHUE, M.; GADGIL, M.; HÄUSER, C.; HEIP, C.; LARIGAUDERIE, A.; MA, K.; MACE, G.; MOONEY, H. A.; PERRINGS, C.; RAVEN, P.; SARUKHAN, J.; SCHEL, P.; SCHOLLES, R. J.; WATSON, R. T. Diversity without representation. **Nature**, n.442: p. 245-246, 2006.

LOYOLA, R. D. ; LEWINSOHN, T. M. Diferentes abordagens para a seleção de prioridades de conservação em um contexto macrogeográfico. **Megadiversidade**, 5 (1-2), p. 27-42, 2009.

MCCAULEY, S. J.; BJORN DAL, K. A. Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: Sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. **Conservation Biology**, n.13, p. 925-929, 1999.

MAGANHOTTO, R. Unidades de Conservação: limitações e contribuições para a conservação da natureza. **Revista Sustentabilidade em debate** – Brasília, v. 5, n.3, p. 203-221, set/dez, 2014.

MARINHO, A. C. Tartaruga encontrada doente em Noronha morre por conta do lixo. **G1 – Pernambuco – Viver Noronha**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/platb/pe-viver-noronha/2014/06/09/tartaruga-encontrada-doente-em-noronha-morre-por-conta-do-lixo/>>. Acesso em 01 mar 2015.

MASCARENHAS, R.; SANTOS, R.; ZEPPELINI, D. Plastic debris ingestion by sea turtle in paraiba, brazil. **Marine pollution bulletin**, n.49, p. 354-355, 2004.

MEDEIROS, R.; YOUNG; C. E. F.; PAVESE, H. B. & ARAÚJO, F. F. S. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo**. Brasília: UNEP-WCMC, 2011.

NASCIMENTO, C. W. A. Fertilidade dos solos da Ilha de Fernando de Noronha. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - FERTBIO, 25, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity: extinction by numbers. **Nature**, n.403, p. 843-845, 2000.

REDEMET. **Rede de Meteorologia da Aeronáutica**.

Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/>>. Acesso em 25 set 2015.

REIDLER, N. M. V. L.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v. 60, p. 20-26, 2003.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de textos, São Paulo, 2013.

SINCLAIR, A. R. E.; MDUMA, S. A. R.; ARCESE, P. Protected areas as biodiversity enclaves for human impact: agriculture and the Serengeti avifauna. Proceedings of the Royal Society of London Series B - **Biological Sciences**, n.269, p. 2401-2405, 2002.

TAMAR. Tartaruga Marinha (Projeto). **Tartarugas Marinhas**. Disponível em: <[www.tamar.org.br](http://www.tamar.org.br)>. Acesso em 1 out 2015.

TOMAS, J.; GUITART, R.; MATEO, R.; RAGA, J. A. Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta* from the western mediterranean. **Marine pollution bulletin**, n.44, p. 211-216, 2002.

VAISALA. **RS92 User's Guide**. Disponível em: <[http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/Vaisala%20Radiosonde%20RS92%20Users%20Guide\\_M210295EN-J.pdf](http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/Vaisala%20Radiosonde%20RS92%20Users%20Guide_M210295EN-J.pdf)> Acesso em 11 out 2015.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV. Viçosa, 2000.

**ANEXO A – Autorização para a pesquisa**

**MINISTÉRIO DA DEFESA**  
**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**TERCEIRO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO**  
**AÉREO**

**DECLARAÇÃO**

Protocolo COMAER nº 67614.008334/2015-79

Declaro para os fins de comprovação junto ao mestrado profissional em gestão ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, que o Suboficial Paulo Sérgio de Souza Matos é militar do efetivo do Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo - CINDACTA III e está autorizado a desenvolver o projeto de pesquisa sobre a atividade de radiossondagem em Fernando de Noronha - PE, que será utilizado para obtenção do grau de mestre em Gestão Ambiental pelo IFPE.

Recife, 24 de abril de 2015.

**PAULO EDUARDO AZEVEDO QUÊRQUE DE MAGELLA** Cel Aviador  
Comandante do CINDACTA III



Av. Centenário Alberto Santos Dumont, S/N Jordão Baixo - Recife - PE - CEP:51250-000 - Tel:  
(81)2129-8000 / FAX: (81)2129-8242 - Email: sdoc@cindacta3.aer.mil.br