



INSTITUTO FEDERAL
Fluminense
Campus Macaé

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA *CASUARINA EQUISETIFOLIA* L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL, A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBITADA COM VANT

ÁLVARO DOMINGUES DA SILVA

MACAÉ-RJ

2018

ÁLVARO DOMINGUES DA SILVA

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA *CASUARINA EQUISETIFOLIA* L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL, A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBITADA COM VANT

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental de Áreas Protegidas.

Orientador(a): Professor DSc. Victor Barbosa Saraiva
Coorientador(a): Professor DSc. Manildo Marcião de Oliveira

MACAÉ-RJ

2018

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

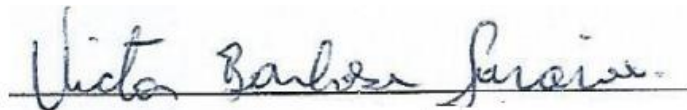
d586d	<p>da Silva, Álvaro Domingues DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA CASUARINA EUISETIFOLIA L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBTIDA COM VANT / Álvaro Domingues da Silva - 2018. 72 f.: il. color.</p> <p>Orientadora: Victor Barbosa Saraiva Coorientadora: Manildo Marcião de Oliveira</p> <p>Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2018. Referências: f. 55 a 72</p> <p>1. Vegetação exótica. 2. espécie invasora. 3. Sensoriamento remoto. 4. veículo aéreo não tripulado. 5. Ameaça a vegetação nativa. I. Saraiva, Victor Barbosa, orient. II. de Oliveira, Manildo Marcião, coorient. III. Título.</p>
-------	---

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Anton Dakitsch do IFF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

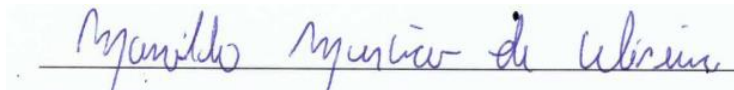
Dissertação intitulada **DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA *CASUARINA EQUISETIFOLIA* L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL, A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBTIDA COM VANT**, elaborada por **Álvaro Domingues da Silva** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental de Áreas Protegidas.

Aprovado em: 27 de setembro de 2018

Banca Examinadora:



Victor Barbosa Saraiva, Doutor em Ciências / Universidade Federal do Rio de Janeiro – (UFRJ), Brasil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Orientador



Manildo Marcião de Oliveira, Doutorado em Ciências/ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (UERJ), Brasil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Coorientador



André Luiz dos Santos Fonseca, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Brasil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família, minha noiva: Ruhama pela compreensão, meu pai: Carlos, pelo incentivo, minha irmã: Thais pelo apoio; e em especial a minha mãe: Maria Aparecida, que sempre acreditou em mim, mais até que eu próprio, que Deus a tenha em um lugar especial, saudades eternas!

AGRADECIMENTOS

Aminha Família e amigos que sempre me ajudaram nessa caminhada de estudos.

Ao professor, orientador Victor Barbosa Saraiva, pela dedicação de seu tempo e ensinamentos.

Ao Amigo Lucas que tanto me ajudou na utilização do equipamento.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do IFFluminense.

Ao Próprio Instituto Federal Fluminense por tornar possível a realização desta pesquisa.

EPIGRAFE

“Não sabendo que era impossível, foi lá e fez”

Jean Cocteau

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico com Artigos que abordam estudo sobre <i>Casuarina equisetifolia</i> L.....	12
Figura 2 – Três diferentes aplicações de Artigos que abordam a estudo sobre <i>Casuarina equisetifolia</i> L.....	14
Figura 1 – Imagem do aeromodelo RP-1.....	23
Figura 2 – AQM-34 Bug Lightning.....	24
Figura 3 – VANT americano " <i>Predator</i>	24
Figura 4 – BQM-1BR.....	25
Figura 5 – VANT do projeto acauã.....	26
Figura 6 – Gráficos com atributos mais importantes de um VANT.....	27
Figura 7 – Foto área de um O drone da Unasul.....	31
Figura 8 – Sistema Fotogramétrico VANT.....	32
Figura 9 – Drone Phantom 3 (quadricóptero).....	34
Figura 10 – Controle remoto do drone (com telefone acoplado)	35
Figura 11 – Localização da área de estudo 1.....	37
Figura 12 – Localização da área de estudo 1 delimitado em verde e indicando posicionamento e campo de visão do drone em vermelho.....	38
Figura 13 – Imagem do piano obtida a partir do drone a 85 metros de altura.....	39
Figura 14 –. Imagem do piano obtida a partir do drone a 35 metros de altura.....	39
Figura 15 – Imagem do piano obtida a partir do drone na altura de 85 metros, identificando as casuarinas (angulação sentido Arraial/Cabo Frio)	40
Figura 16 – Imagem do piano obtida a partir do drone na altura de 85meteros, identificando as casuarinas (angulação sentido Arraial/Cabo Frio)	41
Figura 17 – Localização da área de estudo 2 delimitado em roxo e indicando posicionamento e campo de visão do drone em vermelho	42
Figura 18 – Imagem da área de estudo 2 obtida pelo drone.....	43
Figura 19 – Imagem da área de estudo 2 obtida pelo drone.....	43
Figura 20 – Imagem da área do PIANO - Google Earth.....	45
Figura 21 – Imagem da área do PIANO – Drone.....	45
Figura 22 – Imagem da área do PIANO (2004 a 2011) - Google Earth.....	46
Figura 23 – Imagem da área do PIANO (2012 a 2017) - Google Earth.....	47

Figura 24 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 1 - Google Earth.....	48
Figura 25 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 1 – drone.....	49
Figura 26 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 2 - Google Earth.....	50
Figura 27 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 2 – drone.....	50
Figura 28 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 3 - Google Earth.....	51
Figura 29 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 3 – drone.....	51
Figura 30 – Imagem da área do fragmento Praia Grande (2004 a 2011) - Google Earth.....	52
Figura 31 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande (2012 a 2017) - Google Earth.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estudo abordando a <i>Casuarina equisetifolia</i> L. Publicações encontradas nas principais bases de dados e classificadas segundo o <i>Qualis</i> Capes por área e fator de impacto dos periódicos onde foram publicadas classificados segundo o <i>Journal Citation Reports</i>	7
Quadro 2 – Estudo filtrando três diferentes aplicações abordando a <i>Casuarina equisetifolia</i> L. Publicações encontradas nas principais bases de dados e classificadas segundo o <i>Qualis</i> Capes por área e fator de impacto dos periódicos onde foram publicadas classificados segundo o <i>Journal Citation Reports</i>	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
 INEA - Instituto Estadual do Ambiente;
 VANT - Veículos Aéreos Não Tripulados;
 CBT - Companhia Brasileira de Tratores;
 CTA - Centro Tecnológico da Aeronáutica
 DCTA - Departamento de Ciência e Tecnologia Aeronáutica;
 DSM - *Digital Surface Models*;
 DTM - *Digital Terrain Models*;
 GIS - *Mapeamento e Geographic Information System*;
 APP - Área de Preservação Permanente;
 RPA - *Remotely Piloted Aircraft*;
 RPAS- *Remotely Piloted Aircraft System*;
 ANAC - Agência Nacional da Aviação Civil;
 ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações;
 PECS - Parque Estadual da Costa do Sol.

RELEVÂNCIA DA PESQUISA SOBRE *CASUARINA EQUISETIFOLIA* L

RESUMO

A espécie arbórea *Casuarina equisetifolia* L têm sido estudada em função de seus atributos comerciais e seu potencial invasor e ameaçador às espécies nativas. Nesse contexto, um levantamento de trabalhos relacionados a essa espécie foi realizado através de Revisão sistemática e foram encontrados artigos que indicam a melhor forma de manejo para áreas que sofrem com a invasão da *Casuarina equisetifolia* L. Este trabalho objetivou avaliar a quantidade e qualidade de artigos relacionados à *C. equisetifolia* L, explicitando sua relevância acadêmica por meio da avaliação *Qualis Capes* e *do Journal Citation Reports* para a identificação de métodos que possam ser utilizados no controle da invasão de *Casuarina* no Parque Estadual da Costa do Sol - PECS. Foram elencados em bases de dados bibliográficos os artigos sobre a espécie vegetal. Ficou constatado que o tema possui grande relevância, pois em sua maioria, as publicações foram realizadas em revistas de grande abrangência científica nacional. Avanços tecnológicos têm sido usados a favor da proteção e conservação do meio ambiente em todo mundo, e no caso dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), ou seja, aeronaves que dispensam a utilização de pessoas embarcadas para serem pilotadas, não é diferente. O VANT apresenta diversas aplicações práticas, dentre elas é destacado neste trabalho, sua capacidade quanto ao sensoriamento remoto. Com auxílio de imagens aéreas obtidas por meio de um VANT, este trabalho apresenta métodos cujo o objetivo ajudar na conservação da vegetação nativa no PECS, determinando áreas prioritárias a serem controladas a dispersão de vegetação invasora *Casuarina equisetifolia* L. A pesquisa foi baseada em experimentos em dois fragmentos do PECS no município de Arraial do Cabo. Ambos os experimentos pautados em imagens aéreas obtidas pelo VANT e referenciadas geradas por meio de dados obtidos e trabalhados no Google Earth. Os resultados gerados destes experimentos foram fotos interpretados e expostos os resultados. A partir das imagens geradas, foi possível observar de modo mais claro e indicar a escolha de áreas prioritárias a serem escolhidas para controlar a dispersão da *casuarina* além confirmar hipóteses de alguns autores que escreveram artigos acerca do comportamento da vegetação invasora.

Palavras-chave: Vegetação exótica, espécie invasora, sensoriamento remoto, veículo aéreo não tripulado, ameaça a vegetação nativa.

RELEVANCE OF RESEARCH ON CASUARINA EQUISETIFOLIA L

ABSTRACT

The tree species Casuarina equisetifolia L has been studied in function of its commercial attributes and its potential invading and threatening native species. In this context, a survey of works related to this species was performed through a systematic review and articles were found that indicate the best management for areas suffering from invasion of Casuarina equisetifolia L. This study aimed to evaluate the quantity and quality of articles related to C. equisetifolia L, explaining its academic relevance through the Qualis Capes evaluation and the Journal Citation Reports for the identification of methods that can be used to control the invasion of Casuarina in the Parque Estadual da Costa do Sol- PECS. bibliographical data articles on the plant species. It was verified that the subject has great relevance, since in the majority, the publications were realized in magazines of great national scientific scope. Technological advances have been used to protect and conserve the environment around the world, and in the case of unmanned aerial vehicles (UAVs), ie aircraft that do not require the use of people on board to be piloted, is no different. The VANT presents several practical applications, among which is highlighted in this work, its capacity for remote sensing. With the help of aerial images obtained through a UAV, this work presents methods whose objective is to help the conservation of native vegetation in the PECS, determining the priority areas to be controlled for the dispersion of invasive vegetation Casuarina equisetifolia L. The research was based on experiments in two fragments of PECS in the municipality of Arraial do Cabo. Both experiments were based on aerial images obtained by the UAV and referenced generated through data obtained and worked in Google Earth. The results generated from these experiments were interpreted photos and exposed the results. From the generated images, it was possible to observer more clearly and to indicate the choice of priority areas to be chosen to control the casuarina dispersion, besides confirming the hypotheses of some authors who wrote articles about the behavior of the invasive vegetation.

Keywords: *Exotic vegetation, invasive species, remote sensing, unmanned aerial vehicle, threatened native vegetation.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
RESUMO.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: RELEVÂNCIA DA PESQUISA SOBRE CASUARINA EUISETIFOLIA L	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. MATERIAL E MÉTODO.....	04
2.1. Material.....	04
2.2. Métodos.....	04
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	05
4. CONCLUSÃO.....	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
ARTIGO CIENTÍFICO 2: DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA CASUARINA EUISETIFOLIA L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBITIDA COM VANT	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
3. MATERIAL E MÉTODO.....	33
3.1. Material.....	33
3.2. Método.....	35
4. EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
6. CONCLUSÃO.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

APRESENTAÇÃO

Segundo Galvão & Pereira (2014) revisões sistemáticas devem ter caráter amplo, não tendencioso desde sua concepção, certificando-se de que seus critérios adotados sejam explicitados para que outros pesquisadores possam refazer o procedimento, tais revisões devem servir para tomada de decisão. Por se tratar de método científico detalhado e amplamente divulgado, por vezes, demonstrando novos resultados, tal metodologia de pesquisa já é considerada como contribuição original na área da medicina.

Transportando tal metodologia para as outras áreas do saber, pode apresentar valia, sendo assim, o artigo 1 objetiva verificar, através da revisão sistemática de trabalhos publicados sobre *Casuarina equisetifolia* L, e mensurar a relevância das publicações para a comunidade científica.

Neste contexto foram feitas buscas em diversas bases acadêmicas e filtrado publicações compreendidas dos últimos 5 anos, em seguida foram concentrados em tabela específica.

Como resultado pôde-se verificar que a pesquisa com *Casuarina equisetifolia* L possui relevância acadêmica, pois nota-se que as suas publicações estão em sua maioria bem avaliadas dentro do critério *Qualis* Capes, assim como possuem uma boa média de fator de impacto segundo o *Journal Citation Reports*. Além disso, o artigo 1 serviu como aporte e arcabouço teórico quanto a espécie invasora, dando subsídio para confecção do artigo 2.

O Parque Estadual da Costa do Sol - PECS, Unidade de Conservação – UC, fragmentada em 43 áreas protegidas, com área total aproximada de 9.840,90 hectares ao longo dos seis municípios da região do costa do sol, concebido pelo Decreto Estadual nº 42.929, de 18 de abril de 2011, para preservar remanescentes da Mata Atlântica e ecossistemas locais (restingas, mangues, lagoas, dentre outros), viabilizando recuperar e preservar fauna e flora nativas (INEA, 2010). Tem sido ameaçado pela dispersão da espécie vegetal invasora em questão.

O artigo 2 pretende servir de base para tomada de decisão na superação desse desafio com a *Casuarina* dentro do PECS. As experiências se deram, mais especificamente, em dois fragmentos localizados no município de Arraial do Cabo – RJ.

Utilizando-se de Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, para aplicação de metodologia de captura de imagem aérea, referenciadas no Google Earth e fotos interpretadas para auxiliar no estudo do comportamento da espécie invasora no PECS e auxiliar na delimitação de áreas prioritárias para recuperação da vegetação nativa e controle da dispersão da vegetação exótica.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

RELEVÂNCIA DA PESQUISA SOBRE *CASUARINA EQUISETIFOLIA* L

Álvaro Domingues da Silva - IFFluminense/PPEA

Victor Barbosa Saraiva - IFFluminense/PPEA

Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA

RESUMO

A espécie arbórea *Casuarina equisetifolia* L têm sido estudada em função de seus atributos comerciais e seu potencial invasor e ameaçador às espécies nativas. Nesse contexto, um levantamento de trabalhos relacionados a essa espécie foi realizado através de Revisão sistemática e foram encontrados artigos que indicam a melhor forma de manejo para áreas que sofrem com a invasão da *Casuarina equisetifolia* L. Este trabalho objetivou avaliar a quantidade e qualidade de artigos relacionados à *C. equisetifolia* L, explicitando sua relevância acadêmica por meio da avaliação *Qualis* Capes e do *Journal Citation Reports* para a identificação de métodos que possam ser utilizados no controle da invasão de *Casuarina* no Parque Estadual da Costa do Sol. Foram elencados em bases de dados bibliográficos os artigos sobre a espécie vegetal. Ficou constatado que o tema possui grande relevância, pois em sua maioria, as publicações foram realizadas em revistas de grande abrangência científica nacional.

Palavras-chave: Vegetação exótica, espécie invasora, ameaça a vegetação nativa.

ABSTRACT

The tree species Casuarina equisetifolia L has been studied in function of its commercial attributes and its potential invasive and threatening native species. In this context, a survey of works related to this species was performed through a systematic review and articles were found that indicate the best management for areas suffering from invasion of Casuarina equisetifolia L. This work aimed to evaluate the quantity and quality of articles related to C. equisetifolia L, explaining its academic relevance through the Qualis Capes evaluation and the Journal Citation Reports for the identification of methods that can be used to control the invasion of Casuarina in the Parque Estadual da Costa do Sol. systematic review, where articles on plant species were listed in bibliographic databases. It was

verified that the subject has great relevance, since in the majority, the publications were realized in magazines of great national scientific scope.

Keywords: *Exotic vegetation, invasive species, threatens native vegetation.*

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica detém o título de segundo maior bioma do continente americano, que em sua origem ocupava toda a costa brasileira de forma contínua, adentrando próximo ao leste do Paraguai e nordeste da Argentina. Cobria aproximadamente de 1,5 milhões de quilômetros quadrados – sendo predominantemente em área Brasileira (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2001; GALINDO LEAL e CÂMARA, 2003).

O Bioma Mata Atlântica é considerado um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade, que segundo MYERS (1988), trata-se de áreas ricas em biodiversidade, especialmente em espécies endêmicas, mapeadas assim por ele, como as áreas no planeta, que precisariam, urgentemente, de atenção. Apesar de ter sido em grande parte devastada, esta área ainda possui aproximadamente 8.000 espécies endêmicas de flora e fauna (MYERS et al., 2000).

Segundo Tabarelli et al (2005), mesmo com o título de ameaçada, possuidora de mais de 8.000 espécies endêmicas e ter significância mundial em termos biodiversidade, a Mata Atlântica possui apenas em torno de 7% de sua floresta original. Em certas áreas de endemismo, tudo o que restou foi um conjunto de fragmentos pequenos e espaçados entre si.

O desmatamento foi apontado como o maior responsável por essa redução massiva de variedades de espécies na Mata Atlântica no Brasil, o que motivou diversos mecanismos para tentar solucionar e/ou mitigar esta situação, como: a integração dos diversos instrumentos regulatórios, políticas públicas, meios de incentivo para a proteção e restauração florestal, fomento de diversos projetos e programas independentes realizados pelos governos e organizações não governamentais (TABARELLI et al., 2005). Porém, para além da causa isolada do desmatamento, existem diversos outros fatores que também ameaçam os remanescentes da Mata Atlântica que, segundo Brooks e Balmford, (1996); Grelle et al., (1999); Cullen et al., (2000), trata-se da caça, os incêndios e as espécies invasoras.

Para Ziller (2004), as espécies exóticas têm um grande potencial de modificar sistemas naturais e é considerada a segunda maior ameaça à biodiversidade em âmbito planetário, sendo o primeiro a

ação antrópica direta. O Ministério do Meio Ambiente (2000), define espécies exóticas como organismos colonizadores de áreas fora do seu limite natural, sendo este, ocorrido ou não por ação do homem. No Brasil, a *Casuarina equisetifolia* L está apontada entre as principais espécies arbóreas invasoras (ZILLER 2001).

Nesse contexto, este artigo objetivou verificar publicações dos últimos 5 anos sobre *C. equisetifolia* L, valendo-se de análise sistemática. Avaliou-se a relevância das produções científicas, acessíveis em alguns dos principais bancos de dados acadêmicos, e os resultados obtidos poderão servir como base para a tomada de decisão do Instituto Estadual do Ambiente - INEA, na figura do Parque Estadual da Costa do Sol quanto ao controle do avanço da vegetação invasora em questão.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Material

Material utilizado na pesquisa são artigos científicos publicados entre 2012 e 2017, disponíveis nas principais bases de dados de buscas científicas.

2.2. Métodos

A diretriz desta pesquisa embasou-se na busca sistemática sobre artigos publicados nas bases de dados dos sites *Research Gate*, Google Acadêmico, Periódicos Capes, *Pubmed*, *Scopus* e *Scielo*, objetivando identificar estudos de relevância significativa publicados e disponíveis em meio eletrônico, dos últimos 5 anos e para tratamento e interpretação dos dados obtidos (ATALLAH et al., 1998). Tais dados foram classificados conforme critérios do *Qualis* Capes, a princípio, na área de avaliação “Interdisciplinar”, e os que não tinham esta avaliação, foram considerados na sequência de prioridade, as áreas: “biodiversidade”, “ciências agrárias”, “ciências agrárias I”, “engenharias II”, e em alguns casos específicos “materiais” e “farmácia”.

A classificação de periódicos pela *Qualis* Capes se distingue dependendo das áreas de avaliação e passa por processo anual de atualização. Os veículos são enquadrados em indicadores da qualidade - A1, o melhor qualificado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C – pior qualificado (peso zero). Em seguida, foi realizada a classificação em âmbito de relevância internacional dos periódicos por meio de critérios do

Journal Citation Reports, ISI Web Knowledge. Para seleção de artigos sobre a *C. equisetifolia* L, foram utilizadas as palavras-chave: “*Casuarina equisetifolia* L” e “*Casuarina equisetifolia*”.

Neste processo, foram seguidos alguns critérios de inclusão dos artigos, a saber: (a) artigos que abordam estudos sobre *Casuarina equisetifolia* L, (b) estudos que abordam *Casuarina equisetifolia*, (c) estudos que abordam a *Casuarina equisetifolia* L com outros estudos. Para a exclusão foram considerados os seguintes critérios: (a) aqueles que não estavam no idioma inglês ou português, (b) estudos datados antes dos anos 2012, (c) artigos que focavam somente outras espécies de *casuarina* (d) artigos cujas publicações não possuíam avaliação no *Qualis* Capes 2014.

Quanto à verificação se os artigos atendiam aos critérios de inclusão, os títulos de todos os trabalhos identificados foram avaliados assim como os seus resumos. Após leitura dos resumos, caso os mesmos não se apresentassem claros quanto aos critérios de busca, fazia-se então a leitura total do artigo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Morton (1980) a *Casuarina equisetifolia* L; conhecida popularmente como “Pinheiro Australiano” trata-se de uma árvore nativa do litoral de Queensland e ilhas próximas, Malásia, Sul da Ásia e Oceania; pode atingir de 30 a 45 m de altura e, na Flórida alcança de 18 a 24 m. Seu tronco pode ter até 1 m de diâmetro e apresenta significativa tolerância ao sal.

Apesar deste artigo tratar especificamente de uma única espécie, pode-se ressaltar que, segundo Woodall e Geary (1985), há 15 variações de *Casuarinas* distribuídas nas áreas tropicais, para Digiamberardino (1986), a *Casuarina equisetifolia* apresentava-se como potencial espécie mais invasora da parte sul da Flórida, pois ela se estabelece em áreas afetadas, e possivelmente inibe o desenvolvimento das demais espécies locais, costuma colonizar locais perturbados, como áreas inundadas, áreas próximas as rodovias, zonas desmatadas e espaços vagos. Apesar de adaptar-se bem a áreas inundadas, também apresenta resistência em áreas com alto teor de salinidade e se desenvolve em ritmo acelerado em épocas quentes. (DIGIAMBERARDINO, 1986)

Batra e Kuma (1993) estudaram os efeitos da variação do pH sobre a germinação de sementes da *Casuarina equisetifolia* L e notaram que a mesma é afetada em condições ácidas ou alcalinas. Tal efeito poder ser entendido como alelopático, que segundo Molisch (1937) significa do grego *allelon* = de um para outro, *pathós* = sofrer. Ou seja, versa sobre a influência de um indivíduo sobre o outro, que direta ou indiretamente, positiva ou negativamente, cause efeito por biomoléculas (aleloquímicas) e

(inclusive microrganismos) que exerça sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente (RICE 1984; RIZVI et al., 1992).

Nos estudos de Mack et al., (2000), as espécies invasoras são os principais agentes da mudança global, sendo tais invasões bióticas uma ameaça a biodiversidade no que tange aos processos em nível ecossistêmico, o que por sua vez, traduz-se em consequências econômicas, como exemplo tem-se as perdas nas culturas, pescas, silvicultura e capacidade de pastoreio.

A espécie *C. equisetifolia* já era considerada, consagradamente, como invasora, mas no Brasil, ainda detém carência de registro e informações quando ao seu potencial invasor (ZILLER 2001). Há relatos de que a introdução dessa árvore no Brasil se deu desde a época do Império, no Rio de Janeiro. E após a década de 50, intensificou-se seu plantio servindo de cerca viva, sobretudo em áreas de restingas, além de servir como fonte de combustível para geradores termoelétricos, nessa época, a degradação ambiental promovida pela instalação da Companhia Nacional de Álcalis, facilitou a disseminação dessa espécie (DUNLEY 2004).

Em um estudo para Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Ferreira (2004) descreve a *C. equisetifolia* no Brasil como árvores altas, vigorosas, de tronco retilíneo e pouco cilíndrico, podendo alcançar de 25 a 40 m de altura e entre 40 e 50 cm de diâmetro. Sua casca tem coloração pardo-clara, internamente tem coloração castanho-avermelhada. Suas folhas são rudimentares, com ausência de clorofila, escamiformes e verticiladas; tem aproximadamente 0,8 mm de largura. Possuem pequenos ramos, de 12 a 35 cm de comprimento e 1 mm de diâmetro, com articulações separados entre si. Estes pequenos ramos possuem clorofila e funcionam como folhas realizando a fotossíntese e elaboração de alimentos necessários para a planta. Possuem flores masculinas e femininas na mesma árvore, porém, algumas só produzem flores de cada gênero.

A *Casuarina equisetifolia* é apontada como uma espécie adaptada a regiões de secas prolongadas e tolerantes a grandes amplitudes térmicas, mas sensível a geadas. É muito utilizada como barreira para ventos, ao longo de continente, árvore de ornamentação, conservação e fixação solos. Além ainda de ser apontada como um promissor potencial indicado para regiões tropicais e subtropicais, no que tange a recuperação de solos degradados e no controle da erosão. E do ponto de vista econômica devido a sua madeira apresentar alto valor calorífico, passível de ser utilizada como combustível e por suas raízes darem abrigo a bactérias fixadoras de nitrogênio associado com seu sistema radicular profundo, permite a melhoria da característica do solo (FERREIRA, 2004)

Na visão de Espíndola (2005), algumas espécies consideradas contaminantes biológicas, ao exemplo da *Casuarina equisetifolia* L (invasora de restingas), estão sendo vistas no Brasil como espécies adequadas em utilização de processos de recuperação de áreas degradadas. Porém, essa prática pode ser considerada crime ambiental, uma vez que a *Casuarina equisetifolia* L contribui para

impedimento da sucessão ecológica não estabelecendo interações interespecíficas nos ecossistemas brasileiros, além de caracterizar-se pelo poder invasivo e agressivo não somente nas áreas inicialmente cultivadas, demonstrando uma ameaça às populações nativas. (ESPÍNDOLA, 2005),

Descobertas mais recentes apontam grandes achados científicos quanto à espécie invasora no que tange a experimentos que comprovam sua resistência e revelam suas fragilidades segundo apontado por Zimmermann et al., (2016, p. 13):

A persistência a longo prazo de sementes no solo, a capacidade de germinar em uma ampla gama de condições de temperatura e luz e a alta taxa de sobrevivência das plantas jovens em condições com irradiação moderada e alta com alta umidade do solo são fatores-chave que favorecem a Naturalização de *C. equisetifolia*. Assim, as áreas de restingas e nas planícies costeiras arenosas que apresentam condições de alta luminosidade e são perto de corpos d'água estão propensas à naturalização da população introduzida desta espécie. À medida que as plantas jovens apresentaram menor tolerância à sombra e ao estresse hídrico do que a germinação das sementes, mesmo que as sementes possam germinar, as plantas jovens não sobreviverão sob luz baixa (por exemplo, manchas de vegetação). (...). A alta integração fenotípica é um fator importante na ecologia evolutiva desta espécie porque pode facilitar a adaptação, melhorando assim as chances de esta espécie se tornar naturalizada em ambientes com condições adversas. Como *C. equisetifolia* não tolera a sombra e a seca e invade áreas principalmente degradadas, a conservação das restingas é crucial para limitar a invasão desta espécie (ZIMMERMANN et al., 2016, p. 13).

No quadro abaixo, em uma análise mais direta das principais publicações relativas a *Casuarinas*, podemos identificar o comportamento desse vegetal.

Quadro 1 - Estudo abordando a *Casuarina equisetifolia* L. Publicações encontradas nas principais bases de dados e classificadas segundo o *Qualis* Capes por área e fator de impacto dos periódicos onde foram publicadas classificados segundo o *Journal Citation Reports*.

Ano	Autor	Classificação Qualis Capes	Área de avaliação	ISSN	Revista	Fator de Impacto JCR 2015
2012	RODGERS & AMBINAKUDIGE, 2012	B1	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	0885-8608	NATURAL AREAS JOURNAL	0.626
2012	YE, ZHANG, et al, 2012	B1	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	0128-1283	JOURNAL OF TROPICAL FOREST SCIENCE	0.612
2012	THOMPSON, PAIVA et al, 2012	B4	INTERDISCIPLINAR	0975-8232	International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research	2.641

2012	ZHANG, SHAO, et al, 2012	B1	INTERDISCIPLINAR	0137-5881	ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM	1.563
2012	CHUANG, NI, et al, 2012	A1	INTERDISCIPLINAR	0191-2917	PLANT DISEASE	3.192
2012	KISHORE & RAHMAN, 2012	B4	INTERDISCIPLINAR	0975-8232	International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research	2.641
2012	LYNCH, EPPS et al, 2012	B1	BIODIVERSIDADE	0030-8870	PACIFIC SCIENCE	1.163
2012	HARDMAN, WILLIAMS et al, 2012	A2	INTERDISCIPLINAR	0030-6053	ORYX (OXFORD. PRINT)	2.053
2012	HATA, KATO, et al, 2012	B1	BIODIVERSIDADE	1341-6979	JOURNAL OF FOREST RESEARCH	0.929
2012	WISCHHOFF, MARQUES et al, 2012	B1	BIODIVERSIDADE	1559-4491	THE WILSON JOURNAL OF ORNITHOLOGY	0.553
2012	TUMWEBAZE, BEVILACQUA, et al, 2012	A2	INTERDISCIPLINAR	0167-4366	AGROFORESTRY SYSTEMS (PRINT)	0.910
2013	HIRSCH, ALVARADO, et al, 2013	C	BIODIVERSIDADE	2169-8287	Genome Announcements	1.180
2013	KARTHIKEYA, CHANDRASEKARAN, et al, 2013	B1	BIODIVERSIDADE	0250-5991	Journal of Biosciences	1.419
2013	DIAGNE, DIOUF, et al, 2013	A1	INTERDISCIPLINAR	0301-4797	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	3.131
2013	WANG, XU, et al, 2013	A1	INTERDISCIPLINAR	1932-6203	PLOS ONE	3.057
2013	: DHANARATHINAM, KOLAR, et al, 2013	A2	BIODIVERSIDADE	0016-2361	FUEL	3611

2013	DIAZ - MARTINEZ, Alarcon et al, 2013	B2	INTERDISCIPLINAR	0034- 7744	REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL	0.441
2013	WARRIER, PRIYADHARSHINI, et al, 2013	B2	INTERDISCIPLINAR	1007- 662X	JOURNAL OF FORESTRY RESEARCH	0.658
2013	RACHED - KA- NOUNI, ALATOU, et al, 2013	B3	INTERDISCIPLINAR	1857- 7431	EUROPEAN SCIENTIFIC JOURNAL	Não encontrad o
2013	TUMWEBAZE, BEVILACQUAET al, 2013	B1	INTERDISCIPLINAR	0167- 4366	AGROFORESTRY SYSTEMS	0.910
2013	RODGERS, 2013	B2	BIODIVERSIDADE	0008- 6452	CARIBBEAN JOURNAL OF SCIENCE	Não encontrad o
2013	AMIN, ANWAR et al, 2013	A2	INTERDISCIPLINAR	1420- 3049	MOLECULES	2.861
2013	SAMARAKOON, TANAKA, et al, 2013	A1	INTERDISCIPLINAR	0301- 4797	JOURNAL OF ENVIRONMENTA L MANAGEMENT	3.131
2013	LEELAMANIE , KARUBE, et al, 2013	B1	BIODIVERSIDADE	1747- 0765	SOIL SCIENCE AND PLANT NU- TRITION (ONLINE)	0.954
2014	UMA, SARAVANAN , et al, 2013	B1	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	0128- 1283	JOURNAL OF TROPICAL FOR- EST SCIENCE	0.612
2014	SUN, Shu. et al, 2014	A2	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	1437- 4781	FOREST PATHOLOGY (PRINT)	1.437
2015	AYIN, SCHLUB, et al, 2015	B1	INTERDISCIPLINAR	0815- 3191	AUSTRALASIAN PLANT PATHOLOGY	1.026

2015	DAHRI, KOOH. et al, 2015	B3	FARMACIA	1110-0168	ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL	Não encontrado
2015	HATA, KAWAKAMI, 2015	B1	BIODIVERSIDADE	0030-8870	PACIFIC SCIENCE	1.163
2015	OKU, INAFUKU, et al, 2015	B1	BIODIVERSIDADE	0918-9440	JOURNAL OF PLANT RESEARCH	1.684
2015	POLETTI, MACIEL, et al, 2015	A1	INTERDISCIPLINAR	0191-2917	PLANT DISEASE	3.192
2015	AYIN, SCHLUB, et al, 2015	B1	BIODIVERSIDADE	0815-3191	AUSTRALASIAN PLANT PATHOLOGY	1.026
2015	DIALLO, et al, 2015	B4	MEDICINA I	1370-6233	BIOTECHNOLOGIE, AGRONOMIE, SOCIÉTÉ ET ENVIRONNEMENT (PRINTED)	0.487
2016	ZIMMERMANN, ANDRADE, et al, 2016	A2	BIODIVERSIDADE	2041-2851	AOB PLANTS	2.079
2016	KOOH, DAHRI, et al, 2016	C	BIODIVERSIDADE	2331-1843	COGENT ENVIRONMENTAL SCIENCE	Não encontrado
2016	CHEN, CHEN, et al, 2016	A2	INTERDISCIPLINAR	0944-7113	PHYTOMEDICINE (STUTT GART)	2.937

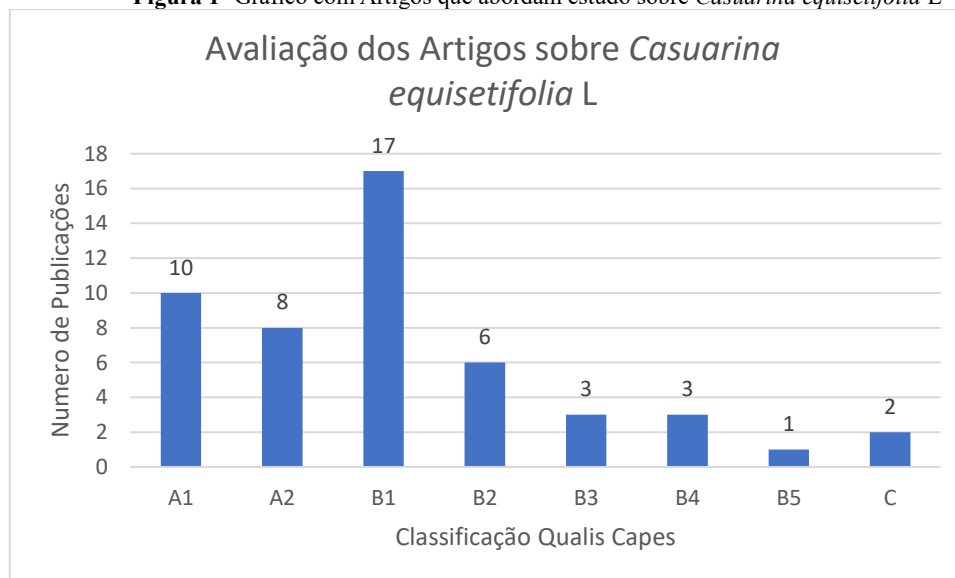
2016	MUTANDI, NAFUKU, et al, 2016	A1	INTERDISCIPLINAR	1352- 2310	ATMOSPHERIC ENVIRONMENT (1994)	3.459
2016	Ngom, Gray, et al, 2016	A1	INTERDISCIPLINAR	1664- 462X	FRONTIERS IN PLANT SCIENCE	4.495
2016	Selvakesavan, Dhanya, et al, 2016	B3	BIODIVERSIDADE	0334- 5114	Symbiosis	1.284
2016	MOKKAPATI, MOKKAPATI, et al, 2016	B2	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	1509- 8117	POLISH JOUR- NAL OF CHEMI- CAL TECHNOL- OGY	0.575
2016	Lim, 2016	B5	QUÍMICA	1687- 7985	Advances in Physical Chemistry	Não encontrad o
2016	LIYANAGE, LEELAMANIE, et al, 2016	B1	ENGENHARIAS I	0042- 790X	Journal of Hydrol- ogy and Hydrome- chanics	1.469
2016	PRASANTHI, JAYASRAVANTHI, et al, 2016	B2	BIODIVERSIDADE	0256- 1115	KOREAN JOUR- NAL OF CHEMI- CAL ENGINEER- ING (PRINT)	1.408
2016	YANG, ZHONGYANG, et al, 2016	A1	INTERDISCIPLINAR	1932- 6203	PLOS ONE	3.057
2017	KHAN RAO & KHATOON, 2017	A1	INTERDISCIPLINAR	0959- 6526	Journal of Cleaner Production	4.959
2017	ÖZGENÇ, DURMAZ, et al, 2017	B1	INTERDISCIPLINAR	0254- 6299	South African Jour- nal of Botany	1.244

2017	CHEN, HONG, et al, 2017	A1	ENGENHARIAS I	1439-0108	Journal of Soils and Sediments	2.206
2017	MENG, BAI, et al, 2017	B2	BIODIVERSIDADE	1612-4669	EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH (PRINT)	2.041
2017	LI, LI, et al, 2017	A2	INTERDISCIPLINAR	1614-2942	TREE GENETICS & GENOMES (PRINT)	2.132
2017	LIN, LI, et al, 2017	B1	BIODIVERSIDADE	0931-1890	TREES	1.931

Somatório dos fatores de impacto internacionais dividido pelo número de publicações que foram classificadas pelo JCR em 2015 (para efeito de cálculo foram desconsideradas as revistas que não foram encontradas as avaliações):

$$75.872 / 45 = 1.686$$

Figura 1- Gráfico com Artigos que abordam estudo sobre *Casuarina equisetifolia* L



Considerando o gráfico da figura acima, evidencia-se relevância do estudo de *Casuarina equisetifolia* L e suas variações que conforme o critério Qualis Capes, entre os 50 artigos, a maioria deles se enquadram entre os critérios A1 (10), A2(8), B1(17) e B2 (6). Com isso, infere-se o alto grau de relevância do estudo. E seu fator de Impacto JCR médio foi de 1.686.

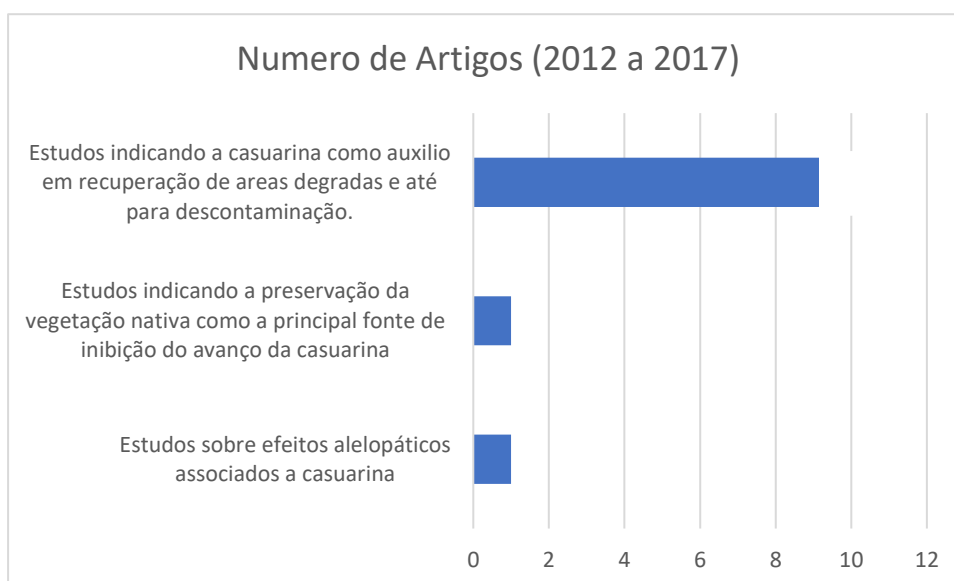
Desmembrando a pesquisa em três áreas específicas a saber no gráfico, podemos observar os seguintes resultados com relação a estudos com a *C. Equisetifolia*:

Quadro 2 - Estudo filtrando três diferentes aplicações abordando a *Casuarina equisetifolia* L. Publicações encontradas nas principais bases de dados e classificadas segundo o *Qualis* Capes por área e fator de impacto dos periódicos onde foram publicadas classificados segundo o *Journal Citation Reports*.

Estudos sobre efeitos alelopáticos associados à casuarina						
2012	THOMPSON, PAIVA et al, 2012	B4	INTERDISCIPLINAR	0975- 8232	International Journal of Pharmaceutical Sciences and Re- search	2.641
Estudos indicando a preservação da vegetação nativa como a principal fonte de inibição do avanço da <i>casuarina</i>						
2016	ZIMMERMANN, ANDRADE, et al, 2016	A2	BIODIVERSIDADE	2041- 2851	AOB PLANTS	2.079
Estudos indicando a <i>casuarina</i> como auxílio em recuperação de áreas degrada/ descontaminação.						
2013	DIAZ - MARTINEZ, ALARCON, et al, 2013	B2	INTERDISCIPLINAR	0034- 7744	REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL	0.441
2013	SAMARAKOON, TANAKA, et al, 2013	A1	INTERDISCIPLINAR	0301- 4797	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	3.131
2015	DAHRI, KOOH, et al, 2015	B3	FARMACIA	1110- 0168	ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL	Não encontrado
2016	KOOH, DAHRI, et al, 2016	C	BIODIVERSIDADE	2331- 1843	COGENT ENVIRONMENTAL SCIENCE	Não encontrado
2016	MOKKAPATI, MOKKAPATI, et al, 2016	B2	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	1509- 8117	POLISH JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY	0.575

2016	LIM, 2016	B5	QUÍMICA	1687-7985	Advances in Physical Chemistry	Não encontrado
2016	YANG, ZHONGYANG, et al, 2016	A1	INTERDISCIPLINAR	1932-6203	PLOS ONE	3.057
2017	KHAN RAO & KHATOON, 2017	A1	INTERDISCIPLINAR	0959-6526	Journal of Cleaner Production	4.959
2017	CHEN, HONG, et al, 2017	A1	ENGENHARIAS I	1439-0108	Journal of Soils and Sediments	2.206

Figura 2 - Três diferentes aplicações de Artigos que abordam a estudo sobre *Casuarina equisetifolia* L.



Analisando o gráfico da figura acima, nota-se que nos anos de 2012 a 2017 a ênfase em estudos que dizem respeito a utilização da *Casuarina equisetifolia* L como forma de auxiliar, quer seja na recuperação de áreas degradadas e/ou até descontaminação de áreas afetadas é superior às demais mencionadas no gráfico. Vale ressaltar que estes 13 artigos foram avaliados conforme o critério Qualis Capes, e A1 (4), A2(1), B2(2), B3 (1), B4(1), B5 (1) e c (1). Com isso, infere-se o alto grau de relevância do estudo. E considerando seu fator de Impacto JCR médio foi de 3.012.

Nota-se que, apesar de ser considerada uma espécie invasora por muitos, há uma grande procura pela vegetação no que tange a seus atributos benéficos.

4. CONCLUSÃO

Embasado na revisão sistemática sobre *Casuarina equisetifolia* L, os estudos sobre esse vegetal mostraram-se relevantes, pois em âmbito nacional possui artigos bem avaliados após a tabulação dos artigos.

A *Casuarina equisetifolia* L apresenta-se como uma espécie bastante relevante do ponto de vista comercial e por vezes até apontada como potencial reflorestador de áreas afetadas. Porém, é predominantemente considerada uma das principais espécies arbóreas invasoras do mundo e possivelmente concorrente e por vezes inibidoras de demais vegetações do local onde ela se naturaliza. Porém o quadro 2 deste artigo contrapõe este fato e enxerga a casuarina como benéfica quanto ao auxílio em recuperação de áreas degradadas. Ainda existe uma lacuna em relação as interações desta planta e seus efeitos alelopáticos.

Houve a constatação que a *Casuarina equisetifolia* L tem melhor desempenho de propagação em áreas degradadas, o que aponta a necessidade da conservação dos ecossistemas para inibir o avanço desse vegetal.

O resultado dessa revisão sistemática servirá para tomada de decisão do Grupo de trabalho instituído pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA em um diagnóstico para uma intervenção no sentido de fazer o manejo da restinga e controle do avanço da *Casuarina* no Parque Estadual da Costa do Sol, onde com base nas informações, poderá ser reformulado o foco que antes era de retirada e extermínio da vegetação invasora e passar para um plano de revegetação de espécies nativas como forma de inibir o avanço da Casuarina.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atallah, A N & Castro, A A. Revisão sistemática da literatura e metanálise. **Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica**. São Paulo: Lemos-Editorial, p. 42-8, 1998.

Batra, L & Kumar, A. **Effect of Alkalinity on Germination, Growth and Nitrogen-Content of Whistling Pine (*Casuarina-Equisetifolia*) And Beefwood (C-Glauca)**. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v. 63, n. 7, p. 412-416, 1993.

- Brooks, T & Balmford, A. **Atlantic forest extinctions**. *Nature*, v. 380, n. 6570, p. 115, 1996.
- Câmara, I.G. 2003. **Brief history of conservation in the Atlantic forest**. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. D.C. p. 31-42, 2003.
- Cullen, L; et al. **Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil**. *Biological conservation*, v. 95, n. 1, p. 49-56, 2000.
- Digiamberardino, T. **Changes in a south east Florida coastal ecosystem after elimination of *Casuarina equisetifolia***. 1986.
- Dunley, B S. **Avaliação de dois padrões de colonização da *Casuarina equisetifolia* L.(*Casuarinales: Casuarinaceae*) na Reserva Biológica das Orquídeas, Restinga de Massambaba, Arraial do Cabo, RJ**. 2004
- Elfers, S C. **Element stewardship abstract for *Casuarina equisetifolia***. The Nature Conservancy, Arlington, USA, 1988.
- Espíndola, M B et al. **Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais**. *Biotemas*, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2005.
- Ferreira, A G et al. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia**. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.
- Ferreira, M. **Potencialidades de utilização da *Casuarina equisetifolia* em reflorestamentos**. Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E). 2004
- Fundação SOS Mata Atlântica & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000**. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo, 2001.
- Galindo-Leal, C & Câmara, I. de G. **Atlantic Forest hotspot status: an overview**. *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*, v. 1, p. 3-11, 2003.
- Galvão, T F & Pereira, M G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.
- Grelle, C E. de V. et al. **The question of scale in threat analysis: a case study with Brazilian mammals**. In: *Animal Conservation forum*. Cambridge University Press, 1999. p. 149-152.
- MACK, R N. et al. **Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control**. *Ecological applications*, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.
- MMA. **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasília. 2000.
- Molisch, H et al. **einflusseinerpflanze auf die andere, allelopathie**. 1937.
- Morton, J F. **The Australian pine or beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.) an invasive “weed” tree in Florida**. In: *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. p. 87-95. 1980.

Morton, J F. **The Australian pine or beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.) an invasive “weed” tree in Florida.** In: **Proceedings of the Florida State Horticultural Society. OCIMF. 1991. Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Moorings.** Londres - Inglaterra: Witherby& CO. LTDA, 1991.

Myers, N et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.

Myers, N. **Threatened biotas: " hot spots" in tropical forests.** *Environment alist*, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

NEOTROPICAIS, ECOLOGIA EM ECOSISTEMAS; DE JANEIRO–BRASIL, R. I. O. **contaminação das restingas por *casuarina equisetifolia* l.: atributos biológicos que limitam à regeneração natural da vegetação.** 2012.

Parrotta, J A. *Casuarina equisetifolia* L. ex JR & G. Forst. **Instituto Internacional de Dasonomia Tropical, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA, p. 107-117, 1993.**

Pereira, M G & Galvão, T F. **Extração, avaliação da qualidade e síntese dos dados para revisão sistemática.** *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, n. 3, p. 577-578, 2014.

Pinto, L P et al. **Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. Biologia da conservação: essências.** São Carlos: RiMa, p. 91-118, 2006.

Rice, E. l.: **Allelopathy.** Academic press.1984

Rizvi, S. J. H. et al. **A discipline called allelopathy. In: Allelopathy.** Springer Netherlands, 1992. p. 1-10.

Souza Filho, A P da S et al. **Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, p. 165-170, 1997.

Tabarelli, M et al. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira.** *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

Universidade do extremo sul catarinense, **Dados do Acervo - Acervo Botânico, *Casuarina equisetifolia* L..** Disponível em :<http://www.bib.unesc.net/arquivos/95000/97400/11_97429.htm?codBib=>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

Woodall, S L. & Geary, T F. **Identity of Florida casuarinas.**US Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1985.

Ziller, S.R. **Os processos dedegradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras.** *Ciência Hoje*, 2004. Disponível em: <www.institutohorus.org.br> acessado em 10. jun 2017

Ziller, S R. **Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras.** *Revista Ciência Hoje*, São Paulo, v. 30, n. 178, p. 77-79, 2001.

Ziller, S R. **Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica.** 2001.

Zimmermann, T G et al. **Experimental assessment of factors mediating the naturalization of a globally invasive tree on Sandy coastal plains: a case study from Brazil.** *AoB Plants*, v. 8, p.13, 2016.

Zimmermann, T G & Andrade, A C S. **Potencial Autotóxico de Extratos Aquosos de Folhas E Ramos da Espécie Exótica Invasora *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae).** 2013

ARTIGO CIENTÍFICO 2

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA *CASUARINA EQUisetifolia* L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL A PARTIR DE IMAGENS AÉREA OBTIDA COM VANT

Álvaro Domingues da Silva - IFFluminense/PPEA

Victor Barbosa Saraiva - IFFluminense/PPEA

Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA

RESUMO

Avanços tecnológicos têm sido usados a favor da proteção e conservação do meio ambiente em todo mundo, e no caso dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), ou seja, aeronaves que dispensam a utilização de pessoas embarcadas para serem pilotadas, não é diferente. O VANT apresenta diversas aplicações práticas, dentre elas é destacado neste trabalho, sua capacidade quanto ao sensoriamento remoto. Com auxílio de imagens aéreas obtidas por meio de um VANT, este trabalho apresenta métodos cujo o objetivo ajudar na conservação da vegetação nativa no Parque Estadual da Costa do Sol, determinando áreas prioritárias a serem controladas a dispersão de vegetação invasora *Casuarina equisetifolia* L. A pesquisa foi baseada em dois experimentos a saber: O primeiro foi realizado na área denominada área do Piano, próximo ao pórtico do município de Arraial do Cabo, intitulada como área 1, e o Segundo foi no denominado Fragmento da Praia Grande, fragmento do parque que costeia a praia grande desde o município de Arraial do Cabo até próximo ao seu distrito, Monte Alto intitulado área 2. Ambos os experimentos pautados em imagens aéreas obtidas pelo VANT e referenciadas geradas por meio de dados obtidos e trabalhados no Google Earth. Os resultados gerados destes experimentos foram fotos interpretados e expostos os resultados. A partir das imagens geradas, foi possível observar de modo mais claro e indicar a escolha de áreas prioritárias a serem escolhidas para controlar a dispersão da *casuarina* além confirmar hipóteses de alguns autores que escreveram artigos acerca do comportamento da vegetação invasora.

Palavras chave: Sensoriamento remoto, conservação ambiental, veículo aéreo não tripulado, ameaça a vegetação nativa.

ABSTRACT

*Technological advances have been used in favor of the protection and conservation of the environment worldwide, and in the case of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), ie, aircraft that do not require the use of people on board to be piloted, is no different. The UAV presents several practical applications, among which the work on its remote sensing capability is highlighted. With the help of aerial images obtained through a UAV, this work presents methods whose objective is to help in the conservation of native vegetation in the State Park of Costa do Sol, determining priority areas to be controlled the dispersion of invasive vegetation *Casuarina equisetifolia* L. The research was based on two experiments: The first one was held in the area called the Piano area, near the portico of the municipality of Arraial do Cabo, entitled area 1, and the second was in the so-called Fragment of Praia Grande, a fragment of the park that runs the large beach from the municipality of Arraial do Cabo to near its district, Monte Alto titled area 2. Both experiments were based on aerial images obtained by the UAV and referenced generated through data obtained and worked in Google Earth. The results generated from these experiments were interpreted photos and exposed the results. From the generated images, it was possible to observe more clearly and to indicate the choice of priority areas to be chosen to control the casuarina dispersion, besides confirming the hypotheses of some authors who wrote articles about the behavior of the invasive vegetation.*

Keywords: *Remote sensing, environmental conservation, unmanned aerial vehicle, threatening native vegetation.*

1. INTRODUÇÃO

Os remanescentes de mata Atlântica no Brasil, têm sofrido com diversos tipos de pressões externas ao longo do tempo, o que por sua vez, coloca em risco a diversidade de vegetação nativa e toda a interação desta vegetação em seu ecossistema. Tais pressões podem ser identificadas de acordo com Tabarelli et al., (2005) como desmatamento, Brooks e Balmford, (1996); Grelle et al., (1999); Cullen et al., (2000), como caça, incêndios e dispersão de espécies vegetais invasoras.

Fechando o foco do Nacional para o Estadual, mais especificamente no Estado do Rio de Janeiro, Região dos lagos, onde temos a Unidade de Conservação – UC: Parque Estadual da Costa do Sol - PECS, sendo um parque fragmentado, que abrange 43 áreas protegidas, totalizando uma área

aproximada de 9.840,90 hectares ao longo dos seis municípios (Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Saquarema e São Pedro da Aldeia.), criado por meio do Decreto Estadual nº 42.929, de 18 de abril de 2011, cujo objetivo fundamental é garantir a preservação dos fragmentos ainda existentes de Mata Atlântica e ecossistemas da região da costa sol (restingas, mangues, lagoas, dentre outros), viabilizando a recuperação das áreas perturbadas e preservar fauna e flora nativas (INEA, 2010). E ameaçando o objetivo principal do PECS apresentam-se as pressões já conhecidas: desmatamento, caça, incêndios e dispersão de espécies vegetais invasoras, esta última por sua vez, será o foco deste artigo, caracterizada pela dispersão da vegetação *Casuarina equisetifolia* L, que segundo Ziller (2001), é apontada entre as principais espécies arbóreas invasoras no Brasil, e Para Wilson (1997), tem uma melhor performance e adaptação ao colonizar ambientes com baixa concentração de nitrogênio, como áreas degradadas e dunas. Ambiente compatível com os encontrados no PECS.

Como forma de ajudar nesse desafio com a vegetação exótica dentro do PECS, mais especificamente em dois fragmentos localizados no município de Arraial do Cabo, este trabalho utilizará de imagens aéreas obtidas por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, que segundo Everaerts (2008), trata-se de aeronaves, sem tripulação, controlada remotamente à distância, por meios de aparelhos eletrônicos e computacionais por pessoas.

A partir das imagens obtidas pretende-se determinar áreas que devem ser priorizadas no controle da dispersão da vegetação invasora fazendo o uso da técnica de replicação e replantio de vegetação nativa, pois segundo Zimmermann et al. (2016) a *C. equisetifolia* não tolera a sombra e a seca e invade áreas principalmente degradadas, sendo a conservação das restingas crucial para limitar a invasão desta espécie.

O principal objetivo desta pesquisa é propor quais áreas deverão ser consideradas prioritárias para o replantio da vegetação nativa e controle do avanço da *Casuarina equisetifolia* L dentro do Parque Estadual da Costa do Sol dentre os fragmentos localizados no município de Arraial do Cabo – RJ. E para alcançar este principal, são elencados objetivos específicos: 1 Pesquisar sobre a funcionalidade dos VANTS para realizar as capturas de imagens áreas dos fragmentos da unidade de conservação - UC; 2 Registrar e foto interpretar as imagens com intuito de identificar o comportamento da *Casuarina equisetifolia* L e da vegetação nativa nas áreas determinadas; 3 apresentar os benefícios e dificuldades da utilização do VANT quanto ao sensoriamento remoto para auxílio na conservação de áreas de preservação ambiental do Parque Estadual da Costa do Sol.

Para este estudo foram utilizadas, além das imagens do VANT, imagens obtidas na base do Google Earth e arquivos disponibilizados pelo INEA com a delimitação da Área do PECS. Quando comparadas as técnicas de sensoriamento remoto via satélite de alta resolução e a aerofotogrametria,

o custo para obtenção das imagens é menor além de não precisar gastar combustível e nem colocar em risco a segurança de um piloto.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Histórico de evolução do VANT

Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT, muito conhecido em inglês como UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*), Trata-se de um termo usado para definir todo e qualquer tipo de aeronave não tripulada, controlada à distância, por meios computacionais e eletrônicos sob governança humana. (MILITARY, U. S, 2005; PAPPALARDO, 2005; BLOM, 2010). Comparando o VANT às aeronaves tripuladas, se torna elementar que a diferença entre os dois veículos é a ausência tripulação a bordo. O que não significa que um VANT voe totalmente de forma autônoma, às vezes, o número de operadores responsáveis pelo VANT é ainda maior do que em uma aeronave convencional (EVERAERTS, 2008).

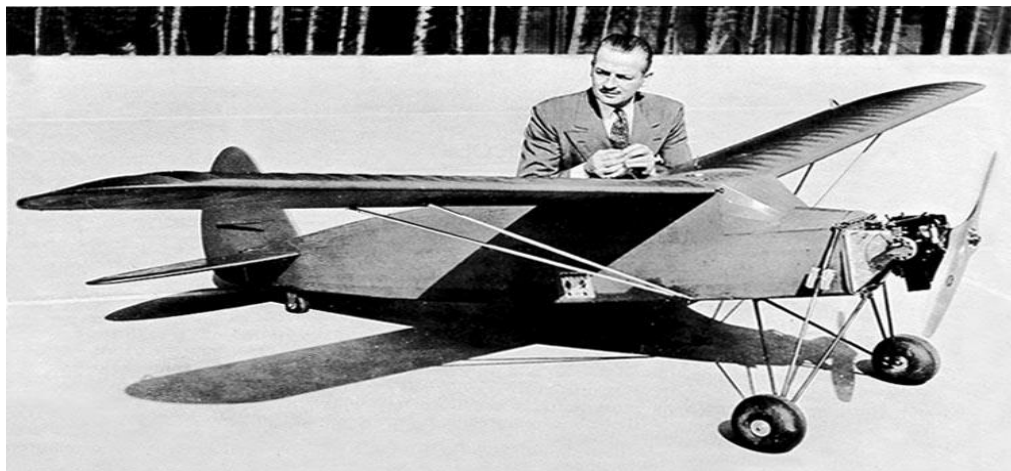
Os primeiros registros datados das décadas de 1840 e 1850, apontam que as primeiras utilizações práticas de VANTs foram por meio de balões e pipas. E desde então o homem desenvolve técnicas para a fotogrametria aérea. Em 1849, balões de origem Austríaca foram equipados com explosivos para um ataque à cidade italiana de Veneza. (AVELLAR, 2014)

A primeira fotografia aérea foi datada no ano de 1858 pelo Francês Gaspard Felix Tourmarchon, num sobrevoo com um balão Tripulado. (NEWHALL, 1969; BOGONI, 2008) Mas logo na sequência, em Paris, foram utilizadas câmeras fixadas em pombos e pipas com intuito de espionagem militar, e depois para várias outras finalidades. (NEWHALL, 1969).

Em 1883, Douglas Archibald, realiza um experimento utilizando um anemômetro preso a uma linha de pipa, para obter diferentes medidas de velocidade do vento em altitude até 1.200 pés. (PUSCOV, 2002).

E em 1888 surge a primeira fotografia aérea a partir de uma pipa com uma câmera acoplada. (LONGHITANO, 2010) No mesmo ano, na França, Charles Kettering projeta a primeira aeronave não tripulada, que se tratava de um veículo guiado por uma combinação de sistema pré-pneumático e controladores elétricos, definidos para que depois de um determinado tempo, seus circuitos elétricos se fechassem desativando o motor. As asas desacoplariam e a fuselagem carregada com ogivas explosivas cairia sobre o alvo predeterminado. Esta foi a primeira aeronave controlada via frequência de Rádio ou RPV (*Remotely Piloted Vehicles*) (PUSCOV 2002). conforme figura 1.

Figura 1 - Imagem do aeromodelo RP-1.



Fonte: (RPAV, 1935)

Este na imagem acima posando ao lado do *Radioplane* RP-1, chama-se Reginald Denny, um Britânico que se mudou para Hollywood para ser ator, mas ao chegar na Califórnia, tornou-se fundamental na construção RP-1. Denny ajudou a iniciar a empresa Radioplane, responsável por desenvolver e construir 15.000 drones para fins de uso militares norte-americanos de 1941-1945. Em 1952 a empresa Northrop comprou a Radioplane, dando continuidade ao desenvolvimento das aeronaves não tripuladas, após a segunda Guerra Mundial, em 1955 foram adicionadas câmeras de filmagem aos drones, para fazer a primeira reconstituição do mundo por registro de imagens aérea. (HANFORD, 2005) Foram produzidas 48.000 aeronaves entre 1946 e 1984. (OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE, 2005)

Os Alemães usaram mísseis de cruzeiro V-1, ou buzz bombs, o primeiro míssil guiado, para atacar a Inglaterra durante o ano da Segunda Guerra Mundial (1944-1945). Apenas 2400 dos 10.500 mísseis lançados acertaram seus alvos. 4.000 dos mísseis lançados foram destruídos pelas defesas britânicas, demonstrando a natureza perigosa desses ataques e os benefícios de usar sistemas não tripulados para esses ataques. Pois além disso, 2900 soldados aliados foram mortos defendendo contra esses ataques V-1. (LAURENCE, 2004)

Neste ponto infere-se tanto o poder destrutivo do uso de VANT em ataques na guerra, quanto a vantagem em termos de não exposição da vida de um piloto a bordo na condução de uma aeronave durante a guerra.

Em 1962, a empresa norte-americana, Ryan Aeronáutica começou a desenvolver equipamentos Drones, VANTs com base em robótica com funções de hardware e softwares hábeis para garantir uma grande autonomia. Eles eram presos em aviões de reconhecimento chamados AQM-34

Bug Lightning, com mais de três mil e quinhentas missões no Sudeste Asiático durante a Guerra do Vietnã. (PUSCOV 2002).

Figura 2 - AQM-34 Bug Lightning



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:556th_RS_AQM-34

Nota-se que até esta parte do artigo, que o desenvolvimento dos VANTs estava muito ligado aos objetivos militares, o que impulsionou seus grandes progressos. Justamente da mesma maneira como ocorreu no início da aerofotogrametria e do sensoriamento remoto.

A utilização dos VANTs durante a Guerra do Líbano, em 1982, no Vale do Bekaa tornou-se histórica, no que tange à destruição de 16 das 17 baterias antiaéreas sírias, após reconhecimento da área através de VANT. Em 2002 houve outro fato considerado histórico, onde em um congresso foi apresentado o VANT americano "Predator", o primeiro veículo não tripulado capaz de lançar mísseis, muito utilizado na guerra no Afeganistão. E logo após do atentado de 11 de setembro quando foi intensificado o investimento em projetos de VANT (SILVEIRA, 2005).

Figura 3 - VANT americano "Predator"



Foto – General Atomics

Apesar de parecer recente, VANT começou a ser desenvolvido quase que junto ao avião tripulado em termos de datas, no Brasil, os primeiros relatos de VANTs deram-se na década 1980.

A Partir dos anos 80, o Brasil passou a investir na área de VANTs, A extinta CBT(Companhia Brasileira de Tratores), de São Carlos, São Paulo, encomendou ao então CTA (Centro Tecnológico da Aeronáutica) que nos dias atuais chama-se DCTA (Departamento de Ciência e Tecnologia Aeronáutica) o desenvolvimento de uma pequena turbina (posteriormente Tietê TJ-2) para colocá-la em um VANT chamado de BQM-1BR, desenvolvido para ser um alvo aéreo mais barato do que seu concorrente americano, cujo os objetivos eram mapear e vigiar áreas ou zonas perigosas e servir de alvo aéreo para treinamento, apoio tático, entre outros, porém tal VANT a jato ficou apenas no protótipo, que hoje se encontra no museu da TAM, que por sua vez, encontra-se fechado a mais de 1ano. (ALVES JUNIOR, 2015; PAULA, 2009; TAM, 2014).

Figura 4 - BQM-1BR



Fonte: (PAULA, 2006)

Com o Centro Tecnológico da Aeronáutica – CTA, passou a ser desenvolvido projetos específicos de VANTs objetivando alvos aéreos, começando com o Projeto Acauã (1984 – 1988), visando aperfeiçoar seus sistemas de controle e telemetria, de 1986 a 1988, foram realizados testes em operações bem-sucedidas. mas o projeto foi descontinuado por cortes de recursos financeiros, mas ainda assim serviu de base para o desenvolvimento de sistemas de controle e de telemetria, representando um avanço para a capacitação de um VANT nacional. (OLIVEIRA, 2005; ARARIPE, 2005; FAB, 2013).

Figura 5 – VANT do projeto acauã.



Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

Apenas em 2007, o CTA foi reativado por uma iniciativa governamental em incentivo ao desenvolvimento de VANT no Brasil (MEDEIROS, 2007). Os estudos ainda continuaram no CTA com o Projeto VANT até sua última edição ser finalizada em 2010 (INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO, 2010). Na área civil, ainda na década de 80, evidencia-se o projeto Helix, um VANT com asa rotativa que foi desativado logo nos próximos anos devido falta de mercado e incentivo. Mais adiante, o CENPRA começou o projeto do dirigível AURORA (Autonomus Unmanned Remote Monitoring Robotic Airship) (MEDEIROS, 2007). E focado na agricultura surgiu o projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma) (JORGE, 2001).

Um ponto importante no desenvolvimento da tecnologia de VANTs para uso o civil é observar que não se dispõe dos recursos financeiros da área militar que normalmente são bem elevados. Neste contexto, para se viabilizar o uso civil, os VANTs devem ter custos de desenvolvimento, operacionais e de despesas que retornem durante o ciclo de vida dos respectivos projetos (KOLDAEV, 2009).

Um exemplo de iniciativa privada foi o projeto CARCARÁ, que começou em 2006 pela empresa brasileira Santos Lab, responsável pelo desenvolvimento do protótipo, que por sua vez, foi utilizado pela Marinha Brasileira, integrando a sessão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea do Corpo de Fuzileiros Navais, servindo de equipamento de reconhecimento (LONGHITANO, 2010).

Apenas a partir de 2010, que a tecnologia VANT, no Brasil, se fortaleceu com o surgimento de algumas empresas incubadas em universidades e centros de pesquisas. (PEREIRA, 2017) A seguir será apresentado um pouco mais das possíveis aplicações do VANT:

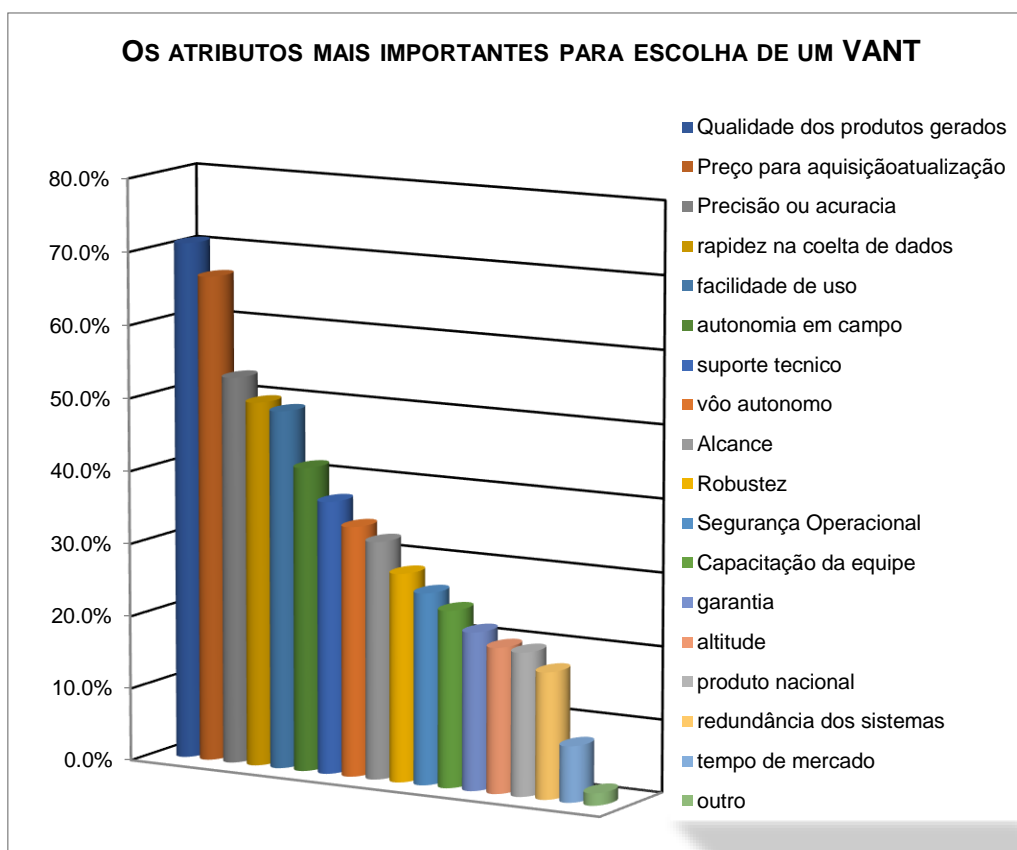
2.2. Tecnologias e Aplicações

Está crescendo o interesse pelo uso dos VANTs, ou drones, para realização de atuações de conservação e essa assim como outras aplicações civis, tem gerado investimentos na construção de modelos modernos e fomentando o aprimoramento da tecnologia gradativamente.

No cotidiano, frequentemente nos deparamos com situações em que necessitamos de um meio de obtenção de imagens aéreas de modo mais ágil e com um menor custo, para que eventos dinâmicos sejam monitorados em tempo de resposta mais rápido. (PEGORARO, 2013)

São muitas as variações de tipos, modelos, capacidades e finalidades de VANTs, tudo isso se deu aos avanços tecnológicos, principalmente quanto a hardware, software e processamento de dados. Cada vez mais o equipamento vem tendo evolução, ao exemplo de novos modelos de fontes de energia mais duráveis, melhores motores e materiais mais resistentes, melhores softwares de processamento de dados, um exemplo disso são os drones que possuem sensores anti-colisão. O comércio de drones tem evoluindo significativamente. A seguir será exposto o Gráfico 1, com os atributos que são mais importantes, segundo o próprio autor, para escolha de um VANT.

Figura 6 – Gráficos com atributos mais importantes de um VANT.



Nota-se que em um curto espaço de tempo, uma novidade é lançada no mercado, seja um novo sistema de piloto automático, aeronave com maior e melhor liberdade de vôo ou com software pós-processamento atualizados e novos. São muitos os modelos de drones, e eles são compostos de duas categorias: Asa fixa (Avião) e os Multirotores (asa rotativa - helicópteros). Apesar de que já se ter protótipos híbridos (mistura dos dois anteriores) sendo desenvolvidos. (LACENA, 2018)

As possibilidades de aplicações dos drones são muitas, mas é necessário ter conhecimento das limitações, os potenciais de aplicação, optar por equipamento mais apropriados para a tarefa, decidir os protocolos de vôo e treinar a equipe que operará o drone.

Por falta de um padronização tanto nacional quanto internacional, há uma certa dificuldade em classificar precisamente os tipos de VANTs, acrescentando além dos de Asa fixa, multimotores e Híbridos, ainda tem os balões dirigíveis e suas variantes que pode ser por vários meios de propulsão, como: combustão interna, motores elétricos, gases mais leves que o ar, etc. Sua aplicação para fins militares podem ser: alvo móvel, vigilância, monitoramento, reconhecimento e até armas para ataque. Suas utilidades civis pode ser: fotografias aéreas, filmagem, busca e salvamento, monitoramento ambiental e recreação (BRANCO, 2016).

Assim sendo, um grupo de colaboração formado por pesquisadores, analistas ambientais e vários outros profissionais unidos à conservação ambiental têm executado um plano de ação para o uso de eco-drones no Brasil, enfatizando as seguintes aplicações:

- Levantamentos
 - Rápida aquisição;
 - *Digital Surface Models (DSM), Digital Terrain Models (DTM)*;
 - Locais inacessíveis;
 - Classificação de dados;
- Mineração
 - Aquisição e atualização rápidas;
 - Atualização de DTM;
 - Segurança e Saúde;
- Mapeamento e *Geographic Information System (GIS)*
 - Fácil identificação/classificação de feições;
 - Gerenciamento de ativos;
- Áreas de expansão urbanas
 - Projeto;
 - Monitoramento do crescimento;
- Obras – Evolução;

- Movimentação de terra;
- Planejamento;
- Agricultura
 - Manejo de culturas;
 - Avaliação da saúde das plantas;
 - Falha no plantio;
 - DTM para drenagem
- Florestas
 - Gerenciamento;
 - Contagem de mudas;
 - Detecção de espécies;
 - Avaliação pós corte;
- Conservação
 - Monitoramento/contagem/rastreamento de animais;
 - Monitoramento da vegetação;
- Monitoramento ambiental
 - Levantamento da costa;
 - Mapeamento de erosões;
 - Descarte de lixo;
 - Reservas e Área de Preservação Permanente (APPs);
 - Licenciamento.

2.3 Sensoriamento Remoto

O termo “Sensoriamento Remoto”, foi definido pela primeira vez no início dos anos de 1960 por Evelyn L. Pruitt et al, tratava-se de uma das mais bem-sucedidas tecnologias de obtenção automatizada de dados para monitoração e levantamento dos recursos terrestres em perspectiva global (MENESES, 2012).

O sensoriamento remoto consecutivamente permaneceu ligado ao acontecimento do progresso dos aparelhos fotográficos. Foi utilizado pela primeira vez entre os anos de 1840 a 1960 baseado no uso de fotos aéreas, e após este período, na década de 60, pelo aperfeiçoamento de fotografias e uso de sensores espectrais (MORAES, 2009).

A primeira fotografia aérea foi datada no ano de 1858 pelo Francês Gaspard Felix Tourmacion, num sobrevôo com um balão (BOGONI, 2008). Nos anos seguintes, com a intensa espionagem do governo Frances, os métodos utilizados eram prender câmaras em pombos e pipas (RAISZ, 1969).

Em 1906, uma falha tectônica de grandes proporções tornou relevante a utilização do S.R. Um terremoto de 8.0 graus, na escala Richter, na baía de São Francisco nos Estados Unidos tirou centenas de vidas e destruiu boa parte da cidade, constatando uma das primeiras tragédias do século (BRASIL, 2011). Vale ressaltar que somente em 1930 foi possível obter fotos em cores da Terra (MORAES, 1993).

Focando na área da agricultura, o sensoriamento remoto vem sendo utilizado para as mais diversas de atribuições, entre elas: avaliação do estado nutricional e hídrico de plantas, detecção de vegetação daninhas e até pragas. (COELHO, 2005)

Outra forma de sensoriamento que está em processo de desenvolvimento é o sensoriamento embasada no uso é a utilização de VANT, para acompanhamento e captura de imagens nas plantações. (CHIACCHIO, 2017) Ainda o mesmo autor indica que, independentemente, do tipo de VANT, apresenta-se como uma vantagem, quanto ao atendimento das necessidades do dia a dia do produtor rural, gerente de projetos e/ou administrador de atividades agrícolas, gestores de parques ecológicos entre outros, no mais, há diferentes atividades que podem ter o auxílio do VANT para a atividade produtiva agroindustrial e seus respectivos aplicativos que estão disponíveis para o gerenciamento.

A seguir teceremos sobre aplicação do sensoriamento remoto através de VANT direcionado a prevenção do Meio Ambiente.

2.4 Os VANTS e o Meio Ambientes

Até pouco tempo, os VANT eram considerados simplesmente um aparelho para missões militares. Porém, atualmente, eles apresentam-se como verdadeiros aliados nos esforços de monitoramento do meio ambiente por serem mais dinâmicos nos estudos ecológicos do que o método tradicional de patrulha por terra.

O VANT tem se apresentado um grande aliado a preservação e/ou minimização do danos ambientais, os drones podem ser utilizados em diversas regiões como: cerrado, no monitoramento do fogo, auxiliando as equipes de combate a incêndios; na fiscalização de desmatamento, da caça predatória, da pesca irregular, no auxílio para o manejo e monitoramento da fauna e flora e no controle de plantas invasoras (ICMBio, 2015).

Se comparados aos métodos tradicionais, os drones mostraram-se mais precisos, uma vez que a vista aérea dos aparelhos reduz a probabilidade, por exemplo, das aeronaves serem perdidas pelo

terreno ou obstáculos que bloqueiam a visão de quem patrulha em solo. Isso abre novas possibilidades quando se trata de monitorar com mais precisão os ecossistemas da Terra (FONTES e POZZETTI, 2016).

As imagens aéreas obtidas a partir de VANT revelam potencial para o mapeamento do uso e ocupação do solo, tal como, o acompanhamento da recuperação ambiental de áreas afetadas, possibilitando sua inserção no roteiro metodológico de planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) (CÂNDIDO et al. 2015).

Além do menor custo de aquisição de dados quando comparados às plataformas tradicionais (aeronaves tripuladas e/ou imagens de alta resolução de satélites), as aeronaves não tripuladas possibilitam o monitoramento de atividades de crimes ambientais em tempo real, pelo seu tamanho e seu dinamismo, consegue alcançar locais de difíceis acesso, o que torna essa ferramenta uma boa alternativa para a área de segurança e abre novos horizontes para a fiscalização de ilícitos ambientais. (FONTES e POZZETTI, 2016)

Nota-se que os drones apresentam-se como fortes aliados a favor da preservação da natureza, porém a qualidade da imagem gerada a partir do VANT faz total diferença nos resultados que esperam ser alcançados, sendo assim, em seguida veremos um pouco mais a respeito.

Durante a IV Reunião Ordinária do Conselho de Defesa Sul-Americano, em novembro de 2012, foi realizado um Plano de Ação para o ano 2013, que entre outras ações, ficou aprovado um projeto para a produção conjunta de um sistema de VANT na América do Sul, liderado por Brasil e Equador (SOUZA, 2016). Em seguida podemos ver o resultado do projeto na figura 7. O drone Unasul.

Figura 7 – Foto área de um O drone da Unasul



Fonte: MundoGeo.

Inúmeros modelos então têm sido cada vez mais projetados e testados tanto para uso militar, quanto para uso civil.

2.5 Regulamentação dos Drones no Brasil

Ao falarmos sobre a regulamentação de drones, é necessário dizer que a introdução desta tecnologia tem amparo no princípio de direito ambiental convalidado na convenção internacional de direito Ambiental, a chamada Rio/92 ou ECO/92: o Princípio do Desenvolvimento Sustentável. No caso dos drones, verifica-se que os benefícios que ele pode trazer, no tocante à fiscalização, controle e monitoramento ambiental, são muitos. (FONTES e POZZETTI, 2016)

No início houve um conflito na legislação porque tínhamos, no Brasil, uma regulamentação para uso destes drones quase que igual às exigências para uma aeronave convencional, apresentando-se como uma legislação muito rígida, e que por sua vez, não estava sendo cumprida. Diante deste problema, o governo brasileiro, por meio da ANAC, criou um grupo de trabalho temático, para propor uma consulta pública e uma nova regulamentação sobre o assunto, de formas a adaptar seu uso conforme o tipo de aeronave. (NORONHA, 2016)

Há um esforço das autoridades competentes, em se tratando de espaço aéreo, no sentido de se equiparar ao patamar regulatório e normativo global, no caso dos VANTs para uso civil considerando a presença das pessoas. No caso da regulamentação, esta, se dá por meio da Portaria nº 207/STE/1999, Instrução Suplementar ANAC IS Nº 21-002A/2012 e a Portaria DECEA no 415/DGCEA de 2015 que aprova a Instrução ICA 100-40, por recomendação do Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, que por sua vez, adota RPA (Remotely Piloted Aircraft) ou seus sistemas associados RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) para se referir a “VANT/DRONE” (SPADOTTO, 2016).

Figura 8 - Sistema Fotogramétrico VANT



Fonte: MundoGeo

Não há restrição específica que regule a compra de drones no Brasil. Sendo assim, qualquer cidadão pode adquirir um VANT, independente do qualquer tamanho e potência, etc.

Quanto a parte operacional, considerando que o VANT é controlado por controles remotos por rádio frequência, logo a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), é uma das principais organizações que atualmente atuam na criação da legislação que regulamenta o uso e as operações dessas aeronaves no Brasil. Por tanto, devido ao Enlace de Comando e Controle e de outros enlaces que possam ser utilizados na operação do VANT, torna-se necessária certificação da ANATEL das frequências utilizadas (GLINSKI et al, 2017).

Por outro lado, o Brasil regulamenta o uso que se faz dos equipamentos. Drones adquiridos para aerodelismo não devem ser utilizados em áreas densamente povoadas; não podem ser pilotados em áreas próximas a aeródromos; a altitude máxima permitida é de 121,92 metros e só pode haver público se o usuário for experiente e houver segurança durante o voo, para evitar qualquer acidente.

Aquino (2015), adverte que mesmo sendo um avanço e propiciar melhorias para a sociedade, os drones podem configurar uma ameaça ao direito da privacidade, havendo a necessidade de uma regulamentação detalhada especificando o uso desse equipamento em aéreas residenciais e sobre a imagem, pois o direito da privacidade e de propriedade encontra-se segurado pela Constituição Federal.

Mesmo que não haja necessidade de licença para se utilizar o drone de forma recreativa, as regras de utilização de Drone devem ser cumpridas no que tange as diretrizes da Portaria DAC Nº 207, de 07 de abril de 1999, que versa sobre regras para a operação do aerodelismo no Brasil (FONTES e POZZETTI, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

Para elaboração deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: Drone DJI *Phantom* 3®, Celular Asus Zenfone 5® com Sistema Operacional Android, Aplicativo DJI go®, Software Google Earth®.

O drone Phantom 3® (ilustrado pela Figura abaixo) foi desenvolvido pela empresa DJI, trata-se de um quadricóptero. Tem autonomia de aproximadamente de 25 minutos de voo, equipado com câmera e gimbal (acessório utilizado em drones para estabilizar a imagem das câmeras acopladas a eles) com capacidade de gravar imagens de vídeo em até 30 fps e capturar fotos em 12 megapixels.

Figura 9 - Drone Phantom 3 (quadricóptero).



O equipamento é guiado por controle remoto conectado ao telefone (Celular Asus Zenfone 5® com Sistema Operacional Android) com o aplicativo específico da própria desenvolvedora o DJI go® instalado para o seu funcionamento. O controle remoto do Phantom 3 é um dispositivo de comunicação sem fio multifunções que integra o sistema de *downlink* (transmissão de dados de um satélite de comunicação para uma estação em terra.) de vídeo e o sistema de controle remoto do quadricóptero. O sistema de downlink de vídeo e controle remoto do quadricóptero opera a 2,4 GHz. O controle remoto apresenta várias funções de controle da câmera, como capturar e pré-visualizar fotos e vídeos, assim como controle de movimento do gimbal. O controle remoto é alimentado por uma bateria recarregável 2S. O nível de bateria é exibido por indicadores LED no painel frontal do controle remoto

Figura 10 – Controle remoto do drone (com telefone acoplado).



3.2. Métodos

O método utilizado consistiu em voos livres com drone, com base nas coordenadas referenciadas pelo Google Earth, delimitado a dois Fragmentos do PECS em Arraial do Cabo denominados Área de Estudo 1 (área do Piano) e Área de Estudo 2 (Fragmento Praia Grande). Tais áreas foram escolhidas com base nas informações obtidas a partir da revisão sistemática sobre a *Casuarina equisetifolia* L, ou seja, áreas que são favoráveis a dispersão da espécie invasora.

Esta pesquisa caracterizou-se como exploratória, tendo em vista que proporcionou uma maior familiaridade com a questão, proporcionando uma melhor compreensão da problemática que sustentou as informações obtidas por meio do levantamento bibliográfico. (PEREIRA, 2017) É importante ressaltar que o estudo teve sua etapa *in loco*. E que buscou uma abrangência qualitativa e quantitativa, pois tratou-se de um acompanhamento sistemático voltado para a compreensão estrutural da dinâmica da dispersão da espécie exótica.

Foram realizadas capturas de imagens em vários ângulos com foco na dispersão de *casuarina*, a partir das imagens, foi realizado a fotointerpretação para trabalhar os dados obtidos, na sequência

foram analisadas e comparadas as imagens do drone com as do Google Earth e feitas inferências quanto ao comportamento da vegetação invasora e as nativas.

Fotointerpretação é uma técnica de analisar, examinar e estudar imagens fotográficas visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e até comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens. (SOARES, 1976)

Contudo esta técnica foi muito aplicada e predominantemente consagrada em áreas de estudo com características desérticas, rochosas, montanhosas, semiáridas e até glaciais. Mas quando se trata de regiões úmidas, cobertas por florestas pluviais ou área que tenha sofrido modificação antrópica, para estes casos requer uma maior atenção à delimitação da área de estudo. Minimizar o quanto possível o roteiro da pesquisa, trabalhar diretamente sobre o terreno objeto de estudo, utilizar recursos auxiliares e complementares, recorrendo a setores auxiliares ponderáveis, tais como mapas e cartas disponíveis do referido local e realizar pesquisa de campo, que subsidiará as primeiras informações úteis para posterior interpretação. (AB' SABER, 1960)

Para auxiliar nesta etapa, no que tange a setores auxiliares ponderáveis, é válido ressaltar que foram utilizados: conhecimento empírico do próprio autor, que por sua vez, é natural do município de Arraial do Cabo e já trabalhou no PECS prestando serviço ao INEA; levantamento bibliográfico quanto às modificações antrópicas das áreas de estudo; e delimitação dos fragmentos do PECS com uso de Arquivos KMZ (compactador de arquivos KMZ usando o Google Earth, assemelha-se a função do arquivo ZIP) disponível pelo INEA indicando áreas do PECS, combinado com Google Earth, para gerar as imagens cartográficas da área de estudo.

Uma vez realizada as devidas inferências e foto interpretações, utilizou-se uma montagem com imagens obtidas do Google Earth, comprando-se o mesmo local das áreas de estudo 1 e 2 com a variação do tempo entre 2004 a 2017.

4. EXPERIMENTOS REALIZADOS

Este estudo analisa o resultado de experimentos em dois fragmentos do PECS no município de Arraial do Cabo a saber: o primeiro na área denominada piano (pelo formato da áreas se assemelhar a uma imagem de piano de calda) localizado próximo ao pórtico da entrada do município e o segundo fragmento denominado Fragmento Praia Grande é o localizado paralelamente a extensão da praia grande em Arraial do Cabo -RJ.

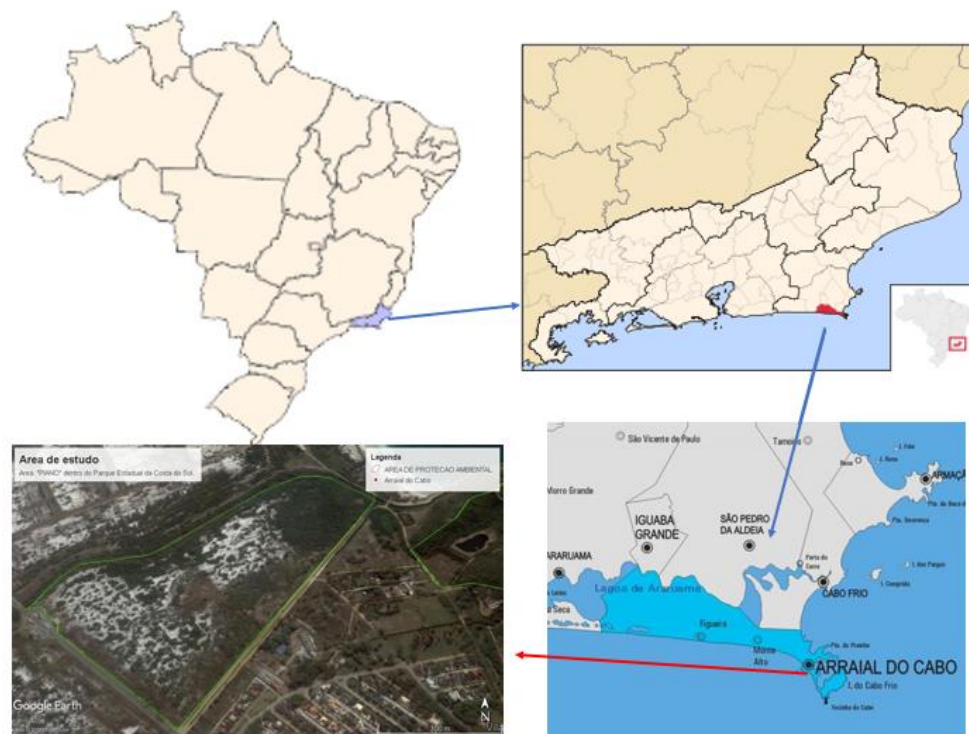
4.1 Experimento 1

Neste experimento foi possível ajustar a altura adequada para visualização da vegetação e garantia da facilidade para posteriormente fotointerpretar as imagens obtidas, as condições climáticas estavam favoráveis, ou seja, sem chuva, vento fraco e dia claro. Escolhido propositalmente, pois caso estivesse chovendo e/ou com ventos fortes, o voo não seria possível.

4.1.1 Área de Estudo 1

A área escolhida para realização do primeiro experimento se deu pela sua característica de vegetação nativa bem preservada, pelo seu tamanho relativamente pequeno quando comparado aos demais fragmentos do PECS no município de Arraial do Cabo, sendo seu tamanho aproximadamente de 410 mil metros quadrados de extensão.

Figura 11 – Localização da área de estudo 1.



A área foi denominada de piano por sua imagem se assemelhar a um piano de cauda, caracteriza-se por vegetação típica de restinga, bem preservada, terreno arenoso, próximo a praia na extremidade superior direita, na parte superior esquerda encontra-se uma antiga salina, na parte inferior direita fica o condomínio village do Pontal (antiga vila industrial que servia de moradia para os trabalhadores da indústria álcalis) e no lado inferior a direita fica o pórtico do município e a estrada de acesso ao mesmo.

FIGURA 12 – Localização da área de estudo 1 delimitado em verde e indicando posicionamento e campo de visão do drone em vermelho.



Fonte: Google Earth 2018

4.1.2 Características do experimento

A imagem da figura 13 foi obtida pelo drone no primeiro experimento com o voo realizado a 85 metros de altura, no dia 17/03/2018, na parte da manhã por volta de 9:00h, tempo claro e sem vento. Nota-se que a esquerda da imagem há uma concentração de uma vegetação que acompanha as curvas da área do piano. O que, na imagem do Google Earth, figura 12, não tem como fazer a diferenciação entre os tipos de vegetação na área interna do piano ou na área do contorno do piano.

No dia 31/03/2018, também as 9:00 h, foi realizado outro voo, nas mesmas condições de clima e tempo, porém com uma altura de 35 metros, com o intuito de melhor visualizar a vegetação tanto dentro do piano, quanto na parte de seu contorno do lado da salina.

Figura 13 – Imagem do piano obtida a partir do drone a 85 metros de altura.



Figura 14 – Imagem do piano obtida a partir do drone a 35 metros de altura.



Com o intuito de evidenciar e melhor visualizar a diferenciação da vegetação disposta no interior do Piano e a do lado da salina, foi direcionado o drone em outra angulação, como pode ser observado na imagem da figura 15 seguir:

Figura 15 – Imagem do plano obtida a partir do drone na altura de 85 metros, identificando as casuarinas (angulação sentido Arraial/Cabo Frio).



E assim pode ser observado a vegetação na salina até os limites da área do plano, se caracteriza como árvores com características de cones, típicos de *Casuarina equisetifolia* L. Para este experimento foi preciso utilizar apenas uma bateria do drone, a operação total durou em média de 30 minutos e foi usado como base operacional o próprio pórtico do município de arraial do cabo, devido ser um local de acesso fácil e livre.

4.2 Experimento 2

Neste segundo experimento, já com o ajuste de altura aprimorado e devidamente adequado de forma a proporcionar uma melhor visualização da imagem, foi possível abranger uma área maior que a do primeiro experimento, as condições climáticas foram semelhantes aos dias anteriores de operação com o drone.

4.2.1 Área de Estudo 2

A área escolhida para realização do segundo experimento se deu também por sua característica de vegetação de restinga bem preservada. Porém, diferente do primeiro, o seu tamanho relativamente

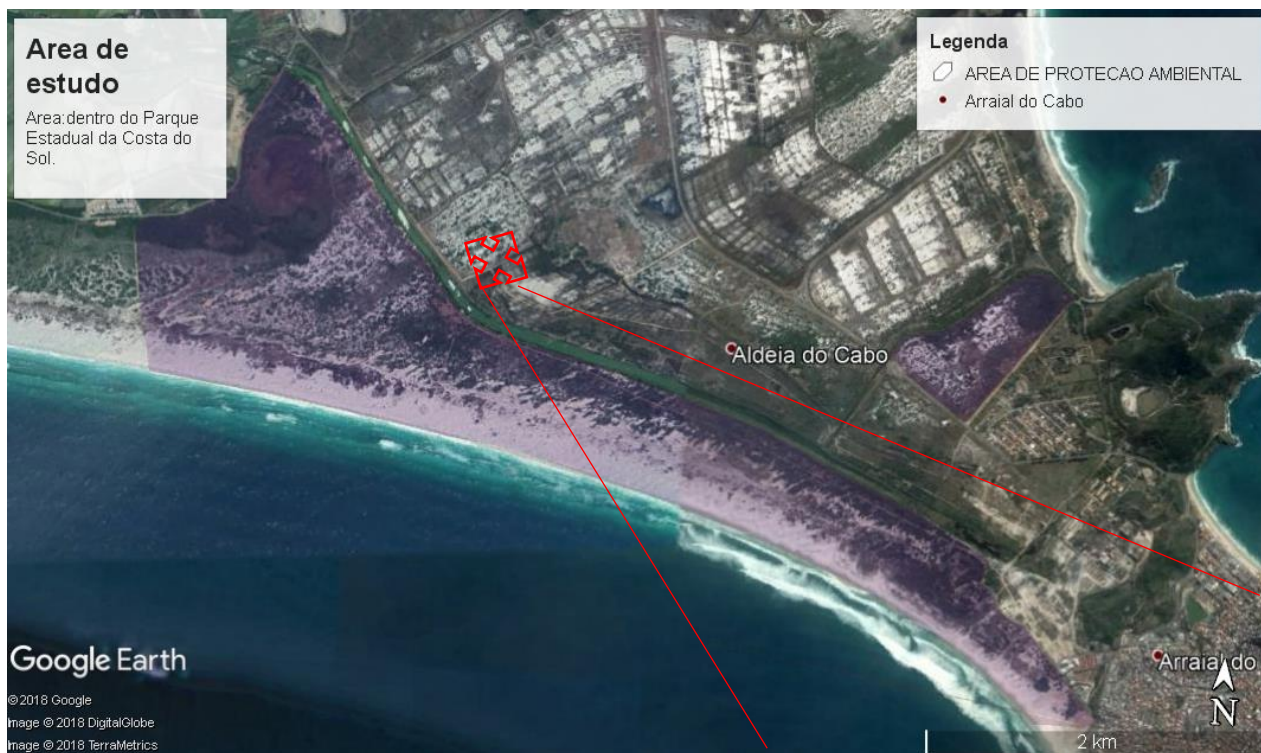
extenso, demonstra uma amostragem representativa do fragmento do PECS no município de Arraial do Cabo, sendo seu tamanho de aproximado de 4,6 milhões de metros quadrados de extensão.

Figura 16 – Localização da área de estudo 2



A área representada na figura 17, foi denominada de Fragmento Praia Grande, por exatamente, este fragmento seguir paralelamente as margens da Praia Grande em Arraial do Cabo. Caracteriza-se por vegetação típica de restinga, também com um bom estado de conservação, terreno arenoso, próximo a praia na extremidade inferior e na parte superior, antiga salina.

Figura 17 – Localização da área de estudo 2 delimitado em roxo e indicando posicionamento e campo de visão do drone em vermelho.



Fonte: Google Earth 2018

4.2.2 Características do experimento 2

A partir da imagem da figura 18, obtida pelo drone no segundo experimento com o voo realizado a 35 metros de altura, no dia 01/04/2018, na parte da manhã por volta de 9:00h, tempo claro e sem vento. Nota-se que há um canal margeando o limite superior do fragmento do PECS e nesse canal aparenta ter uma concentração de uma vegetação que acompanha as curvas da área do fragmento da praia grande. O que na imagem do Google Earth, não tem como fazer a diferenciação entre os tipos de vegetação na área interna e externa da área de estudo.

Figura 18– Imagem da área de estudo 2 obtida pelo drone.



Com o intuito de evidenciar e melhor visualizar a diferenciação da vegetação disposta no interior do Fragmento Praia Grande e a do lado do canal/salina, foi direcionado o drone em outra angulação, como pode ser observado na imagem a da figura 19 abaixo:

FIGURA 19– Imagem da área de estudo 2 obtida pelo drone



A partir da imagem obtida do drone percebe-se com mais clareza a diferenciação de vegetação disposta no interior do fragmento Praia Grande e as características de árvores com formato de cone, característico de *Casuarina equisetifolia* L. Para a cobertura da área de estudo 2, foram utilizados 3

baterias do drone, a operação total durou em média de 2 horas e meia, foram utilizados como base operacional 4 pontos com espaçamentos de 1 quilômetro um do outro, como meio de deslocamento entre um ponto e outro foi utilizado um carro, devido ser um local de difícil acesso, estrada de chão e irregular.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas imagens do Google Earth delimitadas com as áreas do PECS e imagens obtidas por meio de drone, foi possível ter uma referência dos fragmentos do PECS, que por sua vez, foram utilizados nos experimentos 1 e 2 para identificação e diferenciação de vegetação nativa e a espécie invasora.

5.1 Experimento 1

O principal objetivo deste experimento foi testar e ajustar as variáveis como altura ideal para melhor visualização e possibilidade de identificação e diferenciação entre vegetações. Para isso, as imagens obtidas pelo drone foram comparadas e referenciadas em imagens obtidas pelo Google Earth.

Antes de apresentar os resultados do experimento 1, é válido ressaltar as limitações e cuidados ao utilizar o drone para obtenção de imagens, em dias de chuvas e vento fortes não é recomendável utilizar o equipamento, pois o mesmo pode danificar, não é permitido utilizar drone no raio de 8 quilômetros de um aeroporto sem que tenha autorização, deve-se ter cuidado para não filmar sobre a residências, pois pode configurar invasão de privacidade.

A associação das imagens obtidas na base do Google Earth (figura 20) e as imagens obtidas pelo drone (figura 21), tornou-se possível a identificação dos locais com concentração de *Casuarina*.

Figura 20– Imagem da área do PIANO - Google Earth



Fonte: Google Earth

Figura 21– Imagem da área do PIANO – Drone.

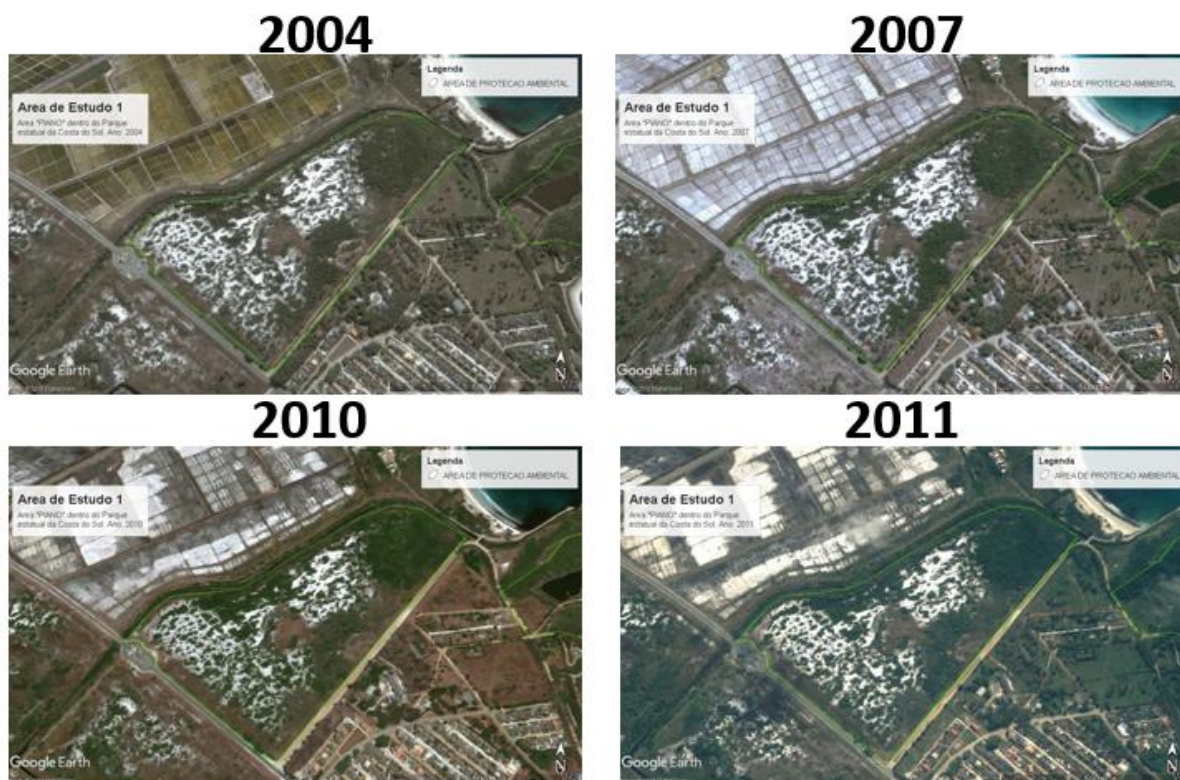


Com base na comparação entre as imagens, conseguimos identificar que a *casuarina equisetifolia* L está avançando em direção a área da Unidade de Conservação. Apresenta-se como uma ameaça a vegetação nativa e ainda é possível confirmar Digiamberardino, (1986), que a espécie

invasora se adapta melhor em áreas afetadas, com alto teor de salinidade, mas também tem facilidade de se adaptar em áreas inundadas.

É notório que a espécie invasora se disseminou a partir da antiga salina e ainda aproveitou do antigo canal artificial para ganhar ainda mais força e seguir em direção a área de preservação como pode ser observado na figura 22 e 23 com variação da paisagem de 2004 a 2017:

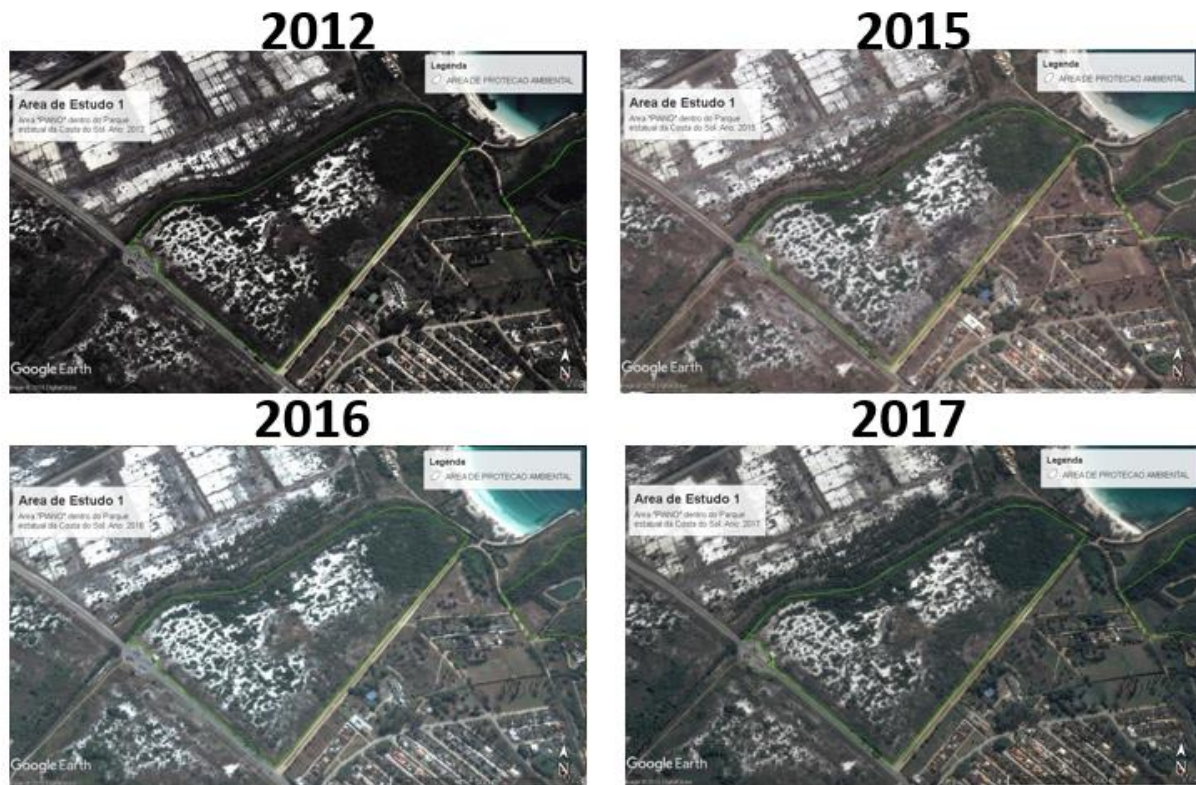
Figura 22 – Imagem da área do PIANO (2004 a 2011) - Google Earth



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor

Até 2011, observação que não houve evolução tão significativa quanto a dispersão da Casuarina, porém a partir de 2012 em diante, nota-se um crescimento acelerado a espécie invasora conforme figura 23 demonstra.

Figura 23 – Imagem da área do PIANO (2012 a 2017) - Google Earth



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor

Com esse quadro de evolução da casuarina ao longo do tempo deve-se criar um plano de ação como forma de controlar e coibir seu avanço para a área de vegetação nativa. Pois, tentando entender os mecanismos que são responsáveis pelas invasões biológicas, em grande parte é atribuída a diferença entre as espécies invasoras e nativas com relação ao seu nicho (Levine 2000; Stachowicz & Tilman 2005), ao fitness (Callaway & Aschehoug 2000; Keane & Crawley 2002) ou os dois (Davis et al. 2000; Shea & Chesson 2002; MacDougall & Turkington 2005). Para MacDougall et al. (2009), há três resultados possíveis para a invasão em relação às combinações das diferenças entre fitness (capacidade de um organismo sobreviver e reproduzir no seu meio, transmitindo o seu gene às gerações seguintes, aos seus descendentes.) e nicho: (i) se o fitness das espécies nativas é maior que das invasoras e a sobreposição de nicho é grande, as nativas vão excluir o potencial invasor; (ii) quando não existe diferença no fitness ou a sobreposição de nicho é pequena, o invasor e a nativa podem coexistir; (iii) quando o fitness do invasor é maior que o da nativa e a sobreposição de nicho é grande, o invasor pode excluir a nativa. Assim, somente se a espécie invasora apresentar um fitness superior à nativa, ela poderá se tornar uma espécie dominante na comunidade (MacDougall et al. 2009).

E como forma de prevenção para esta última opção, Zimmermann et al., (2016) aponta a fragilidade da *C. equisetifolia* quanto a baixa tolerância a sombra e a seca, ressalta que a espécie invade,

principalmente, áreas degradadas e por fim reafirma que a conservação das restingas é crucial para limitar a invasão da *casuarina*.

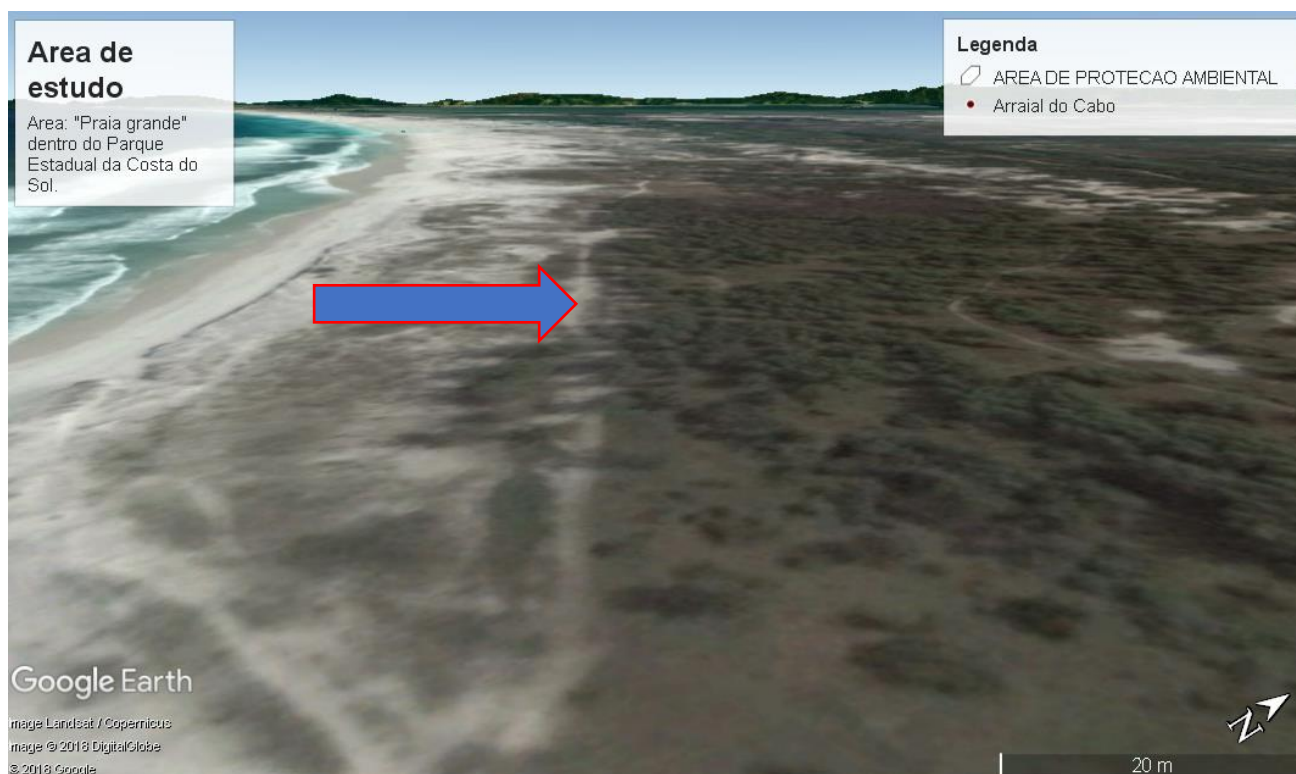
5.2 Experimento 2

Considerando que a área do experimento 2 é quase 12 vezes maior que o do experimento 1, e já tendo conhecimento das variáveis como altura ideal para melhor visualização e possibilidade de identificação e diferenciação entre vegetações, no experimento dois foi possível reduzir a quantidade de voos no mesmo local. No experimento 2 também foram obtidas imagens pelo drone e associadas às referenciadas em imagens do Google Earth.

Pela extensão de área ser coberta pela filmagem do drone, este foi feito por partes, priorizando os locais com maior concentração de *Casuarina*.

Associando as imagens da base do Google Earth e do drone, figura 24 e 25, foi possível identificar que os locais, com maiores concentrações da espécie invasora se deu nas margens do canal artificial e também na área onde havia salina.

Figura 24 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 1 - Google Earth



Fonte: Google Earth

Figura 25– Imagem da área do Fragmento Praia Grande 1 – drone



Percebe-se a diferença de qualidade da imagem, sendo na segunda possível identificar aglomeração de *Casuarina* no início do fragmento. Observa-se que a *casuarina* está limitada à vegetação nativa que fica mais próxima da praia. Entendo que a comunidade mais próxima do mar denominada de halófila e a comunidade mais adiante, de psamófila reptante (Araujo & Henriques 1984; Lacerda et al. 1993; Menezes & Araujo 1999).

Apesar de no começo do fragmento, a vegetação invasora estar limitada à vegetação psamófila reptante, mais a diante, já nas imagens seguintes, podemos observar que a espécie invasora fica delimitada em outra área. Está área trata-se de um canal artificial, que por sua vez, foi projetado e construído na década de 40/50 para interligar a laguna de Araruama à fábrica da Companhia Nacional de Álcalis – CNA (CNA, 1950 e PEREIRA, 2009). Como pode ser visto nas figuras 26 e 27.

Figura 26 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 2 - Google Earth



Fonte: Google Earth

Figura 27 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 2 - drone



Na imagem da figura 27, acima, nota-se que a *casuarina* se instalou predominantemente as margens do canal artificial, o que vai ao encontro e reforça a questão da espécie invasora se adaptar a

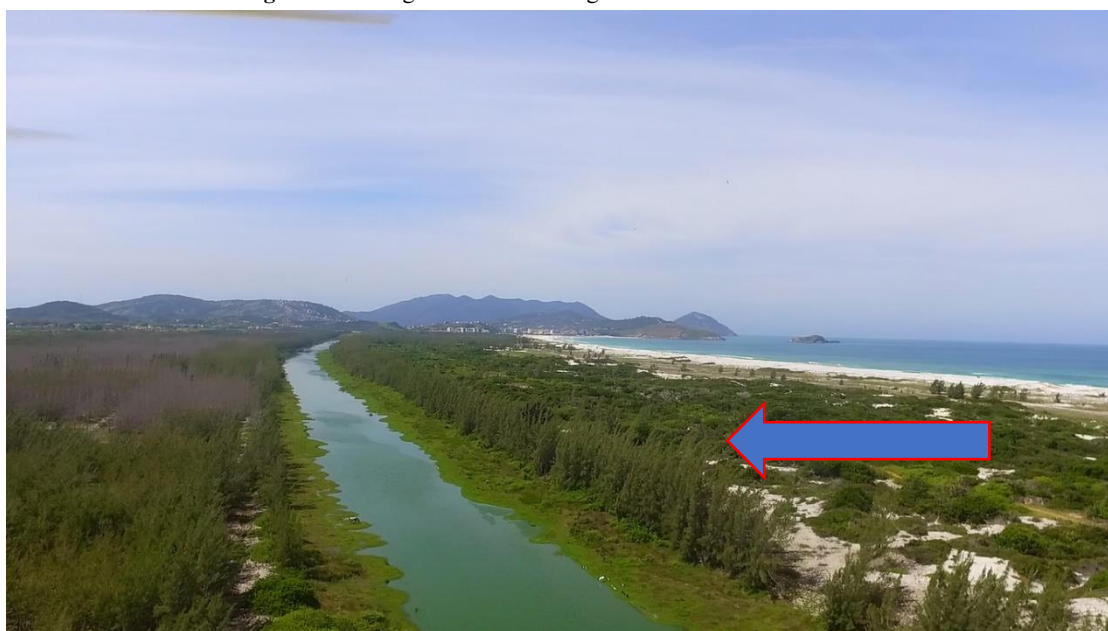
locais perturbados, afetados entropicamente. Ou seja, existe uma relação positiva direta entre degradação ambiental e propensão à invasão, considerando que a degradação ambiental diminui a competição interespecífica e aumenta a disponibilidade de recursos, facilitando processos de invasão (Davis 2009). Já as espécies nativas podem não estar adaptadas às alterações ambientais causadas pelo homem, o que diminui sua capacidade em absorver os recursos e facilita o sucesso da invasão das vegetações exóticas (Shea & Chesson 2002).

Figura 28 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 3 - Google Earth



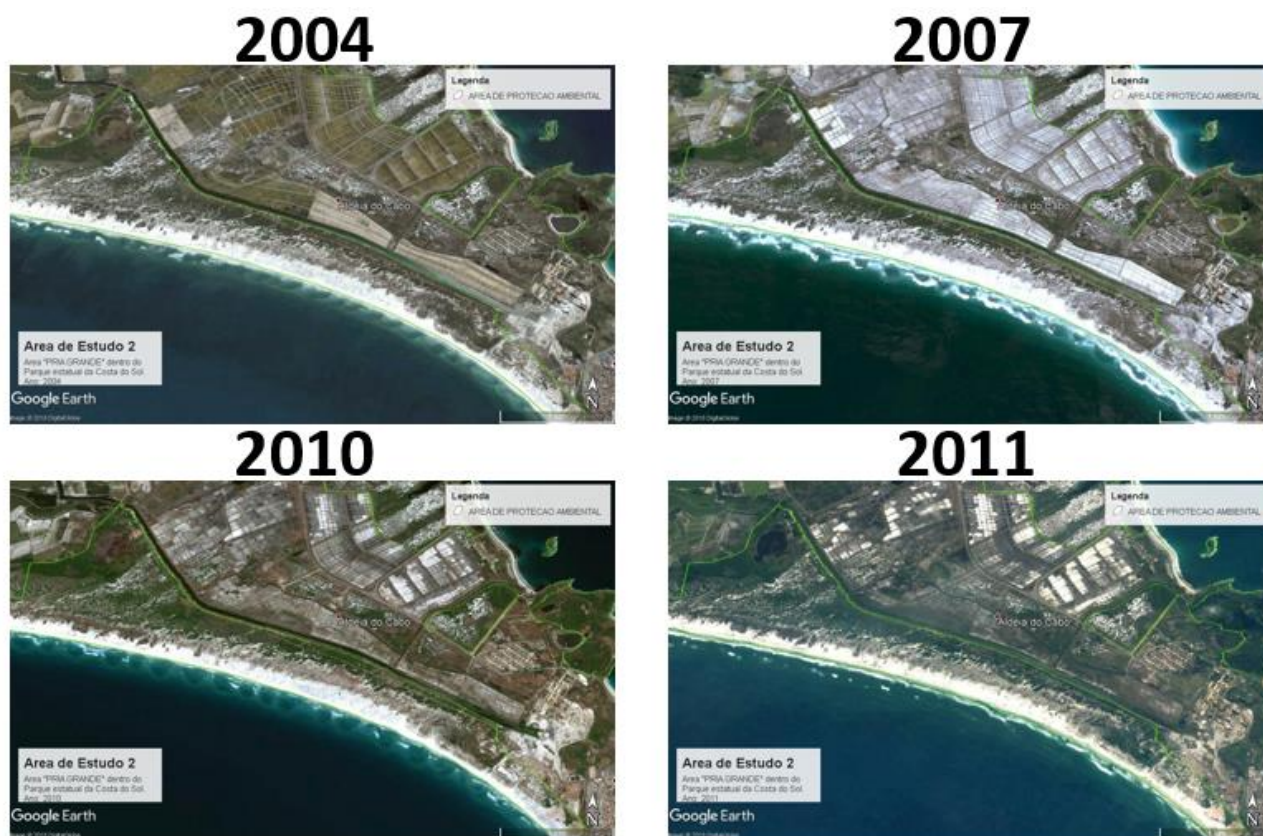
Fonte – Google Earth

Figura 29 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande 3 - drone



Assim como no experimento 1, a área de estudo 2 também apresenta um quadro de dispersão da espécie invasora da antiga salina e o antigo canal artificial, seguindo em direção a em direção a psamófila reptante dentro da área do fragmento da UC como pode ser observado nas figuras 30 e 31 a variação da paisagem de 2004 a 2017:

Figura 30 – Imagem da área do fragmento Praia Grande (2004 a 2011) - Google Earth



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor

A partir de 2012, como pode ser observado na figura 31, percebe-se que há uma grande dispersão de casuarina do lado da área das salinas em sentido ao fragmento do PECS, apresentando um risco a vegetação nativa.

Figura 31 – Imagem da área do Fragmento Praia Grande (2012 a 2017) - Google Earth



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor

6. CONCLUSÃO

O principal objetivo desta pesquisa foi analisar quais áreas deverão ser consideradas prioritárias para o replantio da vegetação nativa e controle do avanço da *Casuarina equisetifolia* L dentro do Parque Estadual da Costa do Sol, dentre os fragmentos localizado no município de Arraial do Cabo – RJ.

As imagens obtidas do drone apresentaram a qualidade suficiente para possibilitar analisar as informações sobre a dispersão da Casuarina e ainda sendo possível referencia-las com o auxílio do Google Earth.

Quanto a pesquisar sobre a funcionalidade dos VANTS para realizar as capturas de imagens nas áreas dos fragmentos da unidade de conservação – UC, foi possível explorar bem as variáveis, tipos e aplicações dos VANTS, que por sua vez, serviu de base para a escolha do VANT tipo drone, devido seu menor custo, quando comparado a outras técnicas de captura de imagens aéreas, facilidade de manuseio e rápida resposta.

No que tange ao registro e fotointerpretação, as imagens com intuito de identificar o comportamento da *Casuarina equisetifolia* L e da Vegetação nativa nas áreas determinadas tornou-se possível com a associação das imagens obtidas pelo Google Earth/Drone. Esta técnica permitiu identificar e confirmar o comportamento da espécie invasora quanto à adaptação a locais afetados e degradados, bem como permitiu confirmar o risco que a espécie exótica oferece para a vegetação nativa da região.

Considerando os benefícios e dificuldades da utilização do VANT quanto ao sensoriamento remoto para auxílio na conservação de áreas de preservação ambiental do Parque Estadual da Costa do Sol. Destacam-se os benefícios:

- Facilidade de manuseio do equipamento;
- Agilidade no tempo de resposta quanto a registro;
- Investimento financeiro reduzido para voos com drone;
- Segurança, no que tange a não precisar de tripulantes;
- Baixo impacto com poluição ambiental, pois o equipamento é movido a energia elétrica e não a combustíveis fósseis;

Já como pontos de limitação:

- Requer o mínimo de habilidade manual para manuseio do equipamento;
- Para finalidade de registro de vegetação é necessário que seja feito durante o dia, não o mesmo resultado durante o período noturno;
- Proibição de voos em um raio de 8 quilômetros de aeroportos;
- Risco de ataque de pássaros;
- não é recomendável voos com ventos fortes e/ou chovendo;

Embasado nas resoluções das imagens e todo o decorrer do trabalho em relação a casuarina versus vegetação nativa, chega-se à conclusão de que a *casuarina* está se dispersando nas áreas das antigas salinas e canal artificial e segue avançando em direção a vegetação nativa, tanto na área do Piano, quanto no fragmento da Grande. Logo infere-se que as áreas prioritárias a serem controladas essa ameaça são áreas com estas características e ainda fica sugerido que processo de replantio de vegetação nativa se de, primeiramente, na área menor, e para controlar a espécie invasora, iniciando pelo fragmento do piano, devido ao seu tamanho, o que desprenderá de menos recurso do que se fosse iniciar pelo fragmento da praia Grande.

Após a realização do experimento na areia menor, quanto já tiver um resultado inicial e já tiver ajustado a técnica e escolha da melhor opção de vegetação nativa a replantar. Assim seria indicado gradativamente atacar a área maior que é o do fragmento Praia Grande.

O que motivou a realização deste trabalho foi o fato da tecnologia VANT ainda ser pouco utilizado no tocante ao monitoramento ambiental, devido ao grande desafio de gestão do PECS, por ser uma UC fragmentada e com fragmentos distantes entre si, o que requer um desprendimento de grandes recursos, e o drone pode ajudar a reduzir, indicando e servindo como base de tomada de decisão, propiciando direcionar o recurso de forma mais assertiva em um espaço de tempo mais reduzido e de modo mais preciso. Como derivação deste trabalho, e para trabalhos futuros, indico a utilização de drone para monitoramento de outras formas de impactos ao meio ambiente como monitoramento de poluição hídrica, monitoramento de queimadas em florestas e monitoramento de uso e ocupação do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. **Sensibilidade das fotografias aéreas em zonas tropicais úmidas para efeitos de fotointerpretação**. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 3, n. 6, p.64-74, ago. 1960.

ALCOFORADO, P. G. **O sal fluminense**. Rio de Janeiro: Departamento de Estatística e Publicidade, 1936. 98 p.

ALMEIDA, I. C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo na tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. *Universidade Católica de Pernambuco*. Recife, 2014.

ALONÇO, A. dos S. et al. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão. *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 35., 2005, Canoas. Anais Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil especial (RBAC-E nº94)**. Brasília, 2015.

AVELLAR, G. S. C. **Navegação de Veículos Aéreos Não Tripulados Para Cobertura de Áreas com Minimização de Tempo**. Tese de Doutorado. Master's Thesis. 2014

ALVES J, LEOMAR R et al. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás**. 2015.

AQUINO, B S. **Os efeitos jurídicos do uso do drone no direito brasileiro**. 2016.

ARARIPE, F. CTA e o Projeto VANT. Apresentação para o I Seminário Internacional de VANT. Centro Técnico Aeroespacial, 21 jun. 2005. Disponível em: <http://www.defesabr.com/Fab/CTA_Projeto_VANT.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

ICMBio. **Drones aliados a proteção Ambiental**. Eco Brasil, 06 Ago 2015. Disponível em <<https://www.ecobrasilia.com.br/2015/08/06/drones-aliados-na-protacao-ambiental/>> Acesso em: 23 abr 2018.

BLOM, J. D. **Unmanned Aerial Systems: a historical perspective**. Combat Studies Institute Press. Occasional Paper 37. US Army Combined Arms Center, Fort Leavenworth, Kansas: 2010.

BOGONI, Tales Nereu, **Um Estudo Sobre Processamento Digital De Imagens Aplicado Ao Sensoriamento Remoto**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Faculdade de Informática. Mestrado em Ciência da Computação. Porto Alegre, 2008.

BRANCO, L H C. **MANIAC: uma metodologia para o monitoramento automatizado das condições dos pavimentos utilizando VANTs**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

BRASIL, Guilherme G., **Monitoramento Ambiental Com A Utilização De Veículos Aéreos Não Tripulados - VANTs**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor Tecnológico da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BRASIL. Lei nº 6.938/81 – **Política Nacional do Meio Ambiente**. Congresso Nacional. Brasília: 1981

BRASIL. **Constituição da República Federativa** do. Congresso Nacional, Brasília, 1988. BRASIL. Lei nº 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais. Congresso Nacional: Brasília, 1998.

BRASIL. **Instrução Suplementar nº 21/002 – ANAC – Agência nacional de Aviação Civil**. EPC - Empresa pelo Clima. Uso de drones no monitoramento da Amazônia. Disponível em: <<http://empresaspeloclima.com.br/uso-de-drones-no-monitoramento-daamazonia?locale=pt-br>>., Acesso em: 24 abr. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Sistema de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. ICA 100-40. Rio de Janeiro, 2015.

CÂNDIDO, A K A A; DA SILVA, N M; PARANHOS FILHO, A C. **Imagens de alta resolução espacial de veículos aéreos não tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 38, n. 1, p. 147-156, 2016.

CHIACCHIO, S. S. R. et al. **VANT: Um estudo sobre a utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado na agricultura de precisão**. Revista Espacios, 2017. ISSN 0798 1015. Disponível em:<<https://www.revistaespacios.com/a17v38n24/a17v38n24p05.pdf>>. Acesso em: 28mar. 2018

COELHO, Antônio Marcos. **Agricultura de Precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa, 2005. ISSN 1518-4277. Disponível

em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489734/1/Doc46.pdf>>. Acesso em: 28mar. 2018

COMPANHIA NACIONAL DE ÁLCALIS. **Prospecto. Diário Oficial da União**. Rio de Janeiro, DF, 9 out. 1943. Seção 1, p.53

COX, Timothy H.; SOMERS, I; FRATELLO, D J. **Earth Observations and the Role of UAVs: A Capabilities Assessment**. Version 1.1. 2006.

DAVIS, M. A. **Invasion biology**. Oxford University Press on Demand, 288p, 2009.

DIGIAMBERARDINO, T. **Changes in a south east Florida coastal ecosystem after elimination of *Casuarina equisetifolia***. 1986.

EVERAERTS, J. **The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for Remote Sensing and Mapping, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part. B1, 1187-1192, 2008.

FONTES, J C; POZZETTI, V. C. **O Uso dos Veículos não Tripulados no Monitoramento Ambiental na Amazônia**. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, v. 2, n. 2, p. 149-164, 2016.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **Projeto DPA-VANT conclui sétima campanha de ensaios**. *Notícias*, 14/10/2013. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/16627/OPERACIONAL---Projeto-DPA-VANT-conclui-s%C3%A9tima-campanha-de-ensaios>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

GLINSKI, P H T et al. **Aeronaves Remotamente Pilotadas e a Atual Regulamentação no Brasil**. In: Congresso Nacional de Inovação e Tecnologia. 2017.

HANFORD, Scott D.; LONG, L. N.; HORN, J. F. **A small semi-autonomous rotary-wing unmanned air vehicle**. 2005. Tese de Doutorado. Pennsylvania State University.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. **Projeto Vant**, São José dos Campos, 2010, Disponível em:<<http://www.iae.cta.br/index.php/component/content/article/2-uncategorised/144-projeto-dpa-vant?Itemid=101>>. Acesso em: 28 mar. 2018

JORGE, L. A. C. **Determinação da cobertura de solo em fotografias aéreas do Projeto Arara**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

JORGE, L.A. C.; INAMASU, R. Y.; DO CARMO, R Borges. **Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicação em Agricultura de Precisão no Brasil**. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 399-406., 2011.

KOLDAEV, A. **Basic principais for UAS development for non-military applications**. International Conference & Exhibition on Unmanned Aircraft Systems. Paris, 2009.

LAURENCE R. N. **Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles**. AIAA, 2004.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade BA avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo 2010.

LUCENA, A.N. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado com sustentação e propulsão híbrida**. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MEDEIROS, F. A. et al. **Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georreferenciado**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v-38, n.8, p.2375-2378, Nov, 2008.

MENESES, Paulo Roberto et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, p. 01-33, 2012.

MITISHITA, E. et al. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTS) em aplicações de mapeamento aerofotogramétrico**. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/678/CT04-128_1404416657.pdf>. Acesso em 16 de abr., 2018.

MORAES, Evelyn M. L. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.

MORAN, M. S.; INOUE, Y.; BARNES, E. M. **Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management**. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 61, p. 319-346, 1997.

MOURA, L A A de. **Economia Ambiental**. Belo horizonte: Del Rey, 2011.

NEWHALL, B. **Photography, essays & images: illustrated readings in the history of photography**. New York, MoMA. 1969.

MILITARY, U. S. **Dictionary of military and associated terms**. US Department of Defence, 2005.

NORONHA, W S. **Direito de regulação de drones no brasil**. 2016.

OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE. **Unmanned Aircraft Systems Roadmap: 2005–2030**, 2005.

OLIVEIRA, F. A.1 **Seminário Internacional de VANT**, Centro Técnico Aeroespacial, São José dos

Campos, 2005.

OLIVEIRA, F. A. **PROJETO VANT histórico e Situação atual**. 2 workshop de nanotecnologia aeroespacial, São José dos Campos, 2006.

OLIVEIRA, C. P.; CUGNASCA, P. S. Cenário atual e futuro a respeito de utilização de VANTs no espaço aéreo brasileiro e os níveis de segurança esperados. V **Simpósio de Transporte Aéreo (SITRAER)**, p. 133-142, 2006.

OLIVEIRA, R M. F. **Concessão Florestal**. São Paulo :Jhmizuno, 2.013.

_____. **Projeto Vant histórico e Situação atual**. 2 workshop de nanotecnologia aeroespacial, São José dos Campos, 2006.

PAULA V. M. G. **BQM-1BR O VANT à jato brasileiro**. Centro de Pesquisas Estratégicas Paulino Soares de Sousa, UFJF, 2009.

PAPPALARDO, J. **Unmanned aircraft roadmap reflects changing priorities**. National Defense Magazine, v. 89, n. 617, abril de 2005. S.p. Disponível em: <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2005/April/Pages/Unmanned_Aircraft5815.aspx> Acesso em: 10 junho. 2018

PEGORARO, A. J. et al. **ESTUDO DO POTENCIAL DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO/QUADROTOR COMO PLATAFORMA NA OBTENÇÃO DE DADOS CADASTRAIS**. 2013.

PEREIRA, B. C. B. **Análise da evolução de processos erosivos com fotografias obtidas por VANT (RPAS)**. 2017.

PEREIRA, W. L. Cabo das tormentas, vagas da modernidade: uma história da Companhia Nacional de Álcalis e de seus trabalhadores. Cabo Frio (1943/1964) Arraial do Cabo. **Cabo das tormentas, vagas da modernidade: uma história da Companhia Nacional de Álcalis e de seus trabalhadores. Cabo Frio (1943/1964) Arraial do Cabo**, 2009.

PUSCOV, J. **Fligh system implementation in UAV**. Examensarbete utfört vid fysikinstitutionem, KTH, SCFAB, Somaren-Hösten, 2002. 51f.

RAISZ, E, **Cartografia Geral**. Rio de Janeiro: Editora Científica, 1969.

_____. Relatório da Diretoria. **Diário Oficial da União**. Rio de Janeiro, DF, 27 abr. 1950. Seção 1, p.53-54.

Shea, K. & Chesson, P. **Community ecology theory as a framework for biological invasions**. Trends in Ecology and Evolution 17(4):170-176, 2002.

SILVEIRA, V. **Brasil já desenvolve o veículo não tripulado**. São José dos Campos (SP), 03 jan. 2005. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/tecno/vant/>>. Acesso em: 28 mar. 2018

SOUZA, T A F. **As razões de existência do Conselho de Defesa Sul-Americano da UNASUL**. Carta Internacional, v. 11, n. 3, p. 124-148, 2016.

SOARES, Paulo Cesar; FIORI, Alberto Pio. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia**. Notícia Geomorfológica, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SPADOTTO, A.J. **Análise jurídica e ambiental do uso de drones em área urbana no Brasil**. Revista de Direito da Cidade, v. 8, n. 2, p. 611-630, 2016.

TAM. Museu TAM, **Acervo, Aeronaves, CBT BQM-1BR “Drone”, Ficha Técnica, 2014**. Disponível em: <http://www.museutam.com.br/aeronaves_detalhe.php?id=88596>. Acesso em: 10 jan. 2018.

Zimmermann, T G et al. **Experimental assessment of factors mediating the naturalization of a globally invasive tree on Sandy coastal plains: a case study from Brazil**. AoB Plants, v. 8, p.13, 2016.