

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Alan D'Oliveira Correa

MONITORAMENTO E MAPEAMENTO DA FITOSSANIDADE DAS RESTINGAS DO
MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR

Pontal do Paraná

2022



Alan D'Oliveira Correa

MONITORAMENTO E MAPEAMENTO DA FITOSSANIDADE DAS RESTINGAS DO
MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária em Pontal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Aparecido da Silva

Pontal do Paraná

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

INFORMAÇÃO Nº 47/2022/UFPR/R/PP

TERMO DE APROVAÇÃO

Alan D'Oliveira Correa

“MONITORAMENTO E MAPEAMENTO DA FITOSSANIDADE DAS RESTINGAS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁPR.”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Morgana Vaz da Silva
Prof^a. Dra. Morgana Vaz da Silva - UFPel

Prof^a. Dra. Simone Mendonça dos Santos - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Cesar Aparecido da Silva - CPP-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 11 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **SIMONE MENDONCA DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2022, às 15:36, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **CESAR APARECIDO DA SILVA, PROFESSOR DO**



MAGISTERIO SUPERIOR, em 11/05/2022, às 15:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4501051** e o código CRC **EAA55193**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pelo suporte financeiro para a execução deste projeto.

Obrigado a todos que fizeram parte desta conquista!

RESUMO

O presente trabalho avaliou a qualidade ambiental da vegetação de restinga do município de Pontal do Paraná, no período de um ano, utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs, drones). A utilização desses veículos tem ganhado cada vez mais aplicabilidade na área de monitoramento ambiental. Nos meses de setembro de 2020 e setembro de 2021 foram monitorados cerca de 22 km de extensão de restinga. Devido à extensão e características distintas da área de estudo, houve a separação da restinga existente no município em 8 setores. A captação das imagens foi realizada a partir da elaboração e programação de planos de voo de um drone quadricóptero, utilizando o aplicativo Pix4Dcapture. As imagens obtidas foram transformadas em ortomosaicos empregando o uso do conjunto de código aberto OpenDroneMap, o produto gerado foi editado em sistema de georreferenciamento de código aberto (QGIS) a fim de gerar um ortomapa com as imagens obtidas do sobrevoo. O ortomapa foi classificado em 8 feições: restinga herbácea, restinga arbustiva, restinga arbórea, área degradada, areia, construção, água e outros (fatores temporais nas imagens), por meio do método de classificação Random Forest, disponibilizado por meio do plugin dzetsaka. Os resultados mostraram que a restinga vem sofrendo degradação antrópica em toda a sua extensão, no entanto, há locais que o impacto é mais acentuado. Entre os 289,17 ha de restinga avaliados em 2020, 61,54% estão preservados e 36,72% degradados. Em 2021, dos 299,96 ha avaliados, 59,56% estão preservados e 38,85 degradados. No período avaliado constatou-se que o Setor 6 apresentou o menor valor de preservação total de restinga, com apenas 5,40 ha em 2020 e 8,14 ha em 2021, enquanto, o Setor 2 demonstrou o maior valor de preservação com 44,07 ha em 2020 e 43,55 ha em 2021. De setembro de 2020 para setembro de 2021, os setores 1, 2, 4 e 5 reduziram o percentual de sua área preservada total em relação à degradação total, respectivamente em 9%, 4%, 6%, e 8%, enquanto os setores 6, 7 e 8 mostraram um aumento em sua área preservada com 21% de recuperação, 19,8% e 2%, respectivamente. Este trabalho sugere que as áreas de restingas do município vem sofrendo alterações ecológicas de forma contínua, com diminuição de suas áreas preservadas na maioria dos balneários. O protocolo de monitoramento através de drone desenvolvido neste estudo pode servir de ferramenta para a gestão ambiental do município face à proteção e conservação das restingas, imprescindíveis para a manutenção da diversidade biológica.

Palavras-chave: Drone, Biodiversidade, VANT, *Hotspots*, Gestão Ambiental

ABSTRACT

The present work evaluated the environmental quality of the restinga vegetation in the municipality of Pontal do Paraná, in the period of one year, using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs, drones). The use of these vehicles has gained increasing applicability in the area of environmental monitoring. In the months of September 2020 and September 2021, about 22 km of sandbank extension were monitored. Due to the size and different characteristics of the study area, the restinga was separated into 8 sectors. The capture of the images was carried out from the elaboration and programming of flight plans, using the Pix4Dcapture application. The images obtained were transformed to orthomosaics using the OpenDroneMap open source suite, and edited on QGIS software. The generated orthomap was classified into 8 features: herbaceous restinga, shrubby sandbank, arboreal sandbank, degraded area, sand, construction, water and others (temporal factors in the images), using the Random Forest classification method, and available to the dzetsaka plugin. The results showed that the restinga suffered anthropic degradation throughout its extension, however, there are sites where the impact is more pronounced. Of the 289.17 ha of restinga evaluated in 2020, 61.54% are preserved and 36.72% are degraded. In 2021, of the 299.96 ha, 59.56% are preserved and 38.85 are degraded. In both years, Sector 6 presented the lowest total preservation value of restinga, presenting only 5.40 ha in 2020 and 8.14 ha in 2021, while Sector 2 showed the highest preservation value with 44.07 ha in 2020 and 43.55 ha in 2021. Since September 2020 to September 2021, sectors 1, 2, 4 and 5 reduced the percentage of their total preserved area in relation to total degradation, respectively by 9%, 4%, 6 %, and 8%, while sectors 6, 7 and 8 showed an increase in their preserved area, Sector 6 with approximately 21% of recovery, followed by 19.8% of Sector 7 and 2% of Sector 8. This study suggests that the restinga suffers ecological damages continuously with decrease preserved areas for the most of sites avaluated. On other hand, the drone monitoring protocol development in this work showed a tool for the municipal environmental management to restingas protection and conservation, essention for the maintenance of biodiversity.

Keywords: Drone, Biodiversity, UAV, Hotspots, Environmental Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR NA MATA ATLÂNTICA.....	17
FIGURA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DE SATÉLITE E DRONE	24
FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
FIGURA 4 – RESUMO DA METODOLOGIA PARA SOBREVOO COM DRONE DA RESTINGA E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS	32
FIGURA 5 – ÁREAS PRESERVADAS E DEGRADADAS TOTAIS DE RESTINGA DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ DOS MESES DE SETEMBRO DE 2020 E 2021	37
FIGURA 6 – FEIÇÕES CLASSIFICADAS DA VEGETAÇÃO DE RESTINGA NOS ANOS DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	39
FIGURA 7 – ÁREAS DOS ORTOMOSAICOS EM FEIÇÕES (%) DAS RESTINGAS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR	40
FIGURA 8 – TRECHO DA REGIÃO DEGRADADA NO BALNEÁRIO IPANEMA DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR, CORRESPONDENTE AO SETOR 6	41
FIGURA 9 – PLACAS DE INFORMAÇÃO E ÁREAS DE LAZER NO SETOR 3.....	42
FIGURA 10 – PORCENTAGEM DAS ÁREAS TOTAIS DE RESTINGAS DEGRADADAS E PRESERVADAS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR.....	43
FIGURA 11 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 1 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	44
FIGURA 12 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 2 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	45
FIGURA 13 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 3 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	46
FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 4 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	47
FIGURA 15 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 5 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ – PR	48
FIGURA 16 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 6 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	49
FIGURA 17 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 7 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	50

FIGURA 18 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 8 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR.....	51
FIGURA 19 – DEGRADAÇÃO ANTRÓPICA: CAPINAGEM PARA FINS PAISAGÍSTICOS E DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DA RESTINGA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR.	19
TABELA 2 – PARÂMETROS BÁSICOS PARA ANÁLISE E DEFINIÇÃO DA VEGETAÇÃO DE RESTINGA.	19
TABELA 3 – INFORMAÇÕES SOBRE AS EXIGÊNCIAS PARA UTILIZAÇÃO DO DRONE	26
TABELA 4 – QUANTIDADE DE CADASTROS PARA UTILIZAÇÃO DE DRONES EM 2021	27
TABELA 5 – SEPARAÇÃO DOS BALNEÁRIOS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR EM SETORES	29
TABELA 6 – GRUPO DE FEIÇÕES UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍGONOS NO QGIS	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 MATA ATLÂNTICA.....	16
2.2 RESTINGA.....	18
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO.....	23
2.3.1 Drones	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 LOCAL DE ESTUDO	29
3.3 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS NO QGIS.....	33
4 RESULTADOS	37
5 DISCUSSÃO	53
6 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O litoral paranaense é formado por grandes trechos de Mata Atlântica, sendo considerada uma das áreas mais bem preservadas do Brasil. No entanto, no litoral do Paraná, a ocupação antrópica acelerada e o pouco planejamento têm causado graves impactos socioambientais, principalmente em ecossistemas e biomas frágeis e intimamente relacionados à manutenção da biodiversidade tais como manguezais e restingas (NASCIMENTO, 2011; SILVA, 2014; PIERRI et al., 2006).

Ademais, conflitos causados pela ação e ocupação antrópica afetam biomas do litoral do Paraná como, por exemplo, a restinga definida pela Resolução 07 de 23 de julho de 1996 do CONAMA como sendo “o conjunto das comunidades vegetais, fisionomicamente distintas, sob influência marinha e fluviomarinha, onde são distribuídas em mosaicos e que ocorrem em áreas de grande diversidade ecológica”. Devido à sua característica de auxiliar contra o avanço do mar e promover a fixação de dunas, o Código Florestal Brasileiro, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, determinou as áreas de restingas como Áreas de Preservação Permanente (APP), deste modo, elas não podem ser desmatadas e ocupadas em faixa mínima de 300 m medidos a partir da linha preamar máxima.

KRAICZEI (2015) ressalta que, devido à falta de tecnologia e de fundos governamentais para inspeções adequadas, as áreas de restinga sofrem degradação antrópica constante tanto pela expansão imobiliária e paisagismo artificial, quanto pelo grande aumento demográfico em épocas de veraneio, impactando diversas espécies endêmicas da região e depreciando a diversidade ecológica. Em muitas áreas do litoral brasileiro as restingas foram substituídas por edificações, ou estão colonizadas exclusivamente por espécies vegetais exóticas.

Nesse sentido, BASTOS (1995) exprime que a vegetação da restinga, de maneira geral, apresenta-se fixada por suas raízes sobre dunas, impedindo o movimento da areia por ação de agentes erosivos. Portanto, a degradação desse ecossistema não só levará à perda da biodiversidade da fauna e flora, mas também afetará as edificações próximas a essas áreas.

Embora os conceitos de fitossanidade estejam associados principalmente a doenças em vegetais provocados por bactérias, fungos, entre outros (FONSECA e ARAUJO, 2015; GOMES e DO NASCIMENTO, 2019), o estresse causado por atividades antrópicas pode provocar ou dificultar a associação ecológica das espécies como, por exemplo, o desmatamento. Deste modo, a vegetação pode ser prejudicada de forma que não consiga retornar a sua forma

inicial de saúde vegetal, dificultando o processo de sucessão ecológica (LEITE et al., 2007; SILVA, 2014; DOS SANTOS e KRUPED, 2017).

Assim, o diagnóstico e monitoramento dessas APPs é imprescindível para a manutenção da qualidade ambiental nas áreas litorâneas.

Dentre as ferramentas de diagnóstico e monitoramento da qualidade ambiental, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs; drones) se destacam como ferramentas inovadoras.

Esses veículos auxiliam na obtenção de imagens de alta qualidade em um curto tempo, podendo utilizar técnicas tradicionais em locais operacionalmente inviáveis (BARCELOS, 2017). A altitude de voo do drone permite o registro de imagens de alta resolução, o que geralmente é mais barato do que levantamentos aéreos tradicionais (INAMASU, 2014; HOERLLE et al., 2015), que possibilitam, entre outras aplicações, a avaliação e o acompanhamento de recuperação e/ou degradação de uma APP.

Neste contexto, este trabalho buscou avaliar a dinâmica de degradação e/ou recuperação das restingas existentes no município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná através de imagens obtidas por sobrevoo com drone, durante os meses de setembro de 2020 e compará-lo com o mês de setembro de 2021, extraindo assim, as mudanças vegetacionais presentes nesse intervalo de tempo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A restinga é um bioma de transição e sua conservação é pouco compreendida pelos moradores locais e, principalmente, pelos turistas que visitam o litoral. A ocupação desordenada impacta esse ambiente de forma agressiva e, às vezes, permanente.

O espaço geográfico da restinga é uma área de preservação permanente. Mesmo assim, no município de Pontal do Paraná há muitos impactos sendo causados pela atividade antrópica, tais como: caminhos de acesso à praia em diversos pontos, promovendo a fragmentação de sua vegetação; despejo de resíduos sólidos, facilitando a disseminação de doenças, colocando em risco a saúde pública e dos animais que ali residem; introdução de espécies exóticas, cortes e roçadas, com finalidades paisagísticas; construções de casas, comércios, áreas de lazer e passeios (SILVA et al., 2018).

Sendo assim, o presente estudo pretendeu comprovar a eficácia do uso dos VANTs, tais como os drones quadricópteros, como ferramenta auxiliar na Gestão Ambiental através da delimitação da área de Restinga do município de Pontal do Paraná e análise da evolução da degradação, recuperação e conservação desse bioma por imagens de alta resolução em cada um

dos balneários do município de Pontal do Paraná, nos meses de setembro de 2020 e 2021. O trabalho utilizou *softwares* de acesso gratuitos tais como o OpenDroneMap e QGIS, para processamento e obtenção dos dados. As imagens obtidas foram utilizadas para avaliar as condições ambientais da área estudada de forma precisa e detalhada, que poderá auxiliar na execução de um plano de ação e na tomada de decisões do poder público.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a dinâmica de degradação e/ou recuperação da restinga durante os meses de setembro de 2020 e setembro de 2021 a partir da obtenção das imagens de alta resolução, georreferenciadas, obtidas com sobrevoo de drone.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar uma metodologia para o processamento de imagens obtidas a partir do uso de drones, utilizando softwares gratuitos, como o OpenDroneMap e QGIS;
- Avaliar, classificar e quantificar as diversas características da restinga de Pontal do Paraná, e
- Gerar dados para basear planos de conservação da biodiversidade para a restinga a partir das avaliações das imagens obtidas durante o sobrevoo com o drone.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MATA ATLÂNTICA

O Brasil possui seis biomas, sendo eles: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pampa, Pantanal e a Mata Atlântica (IBGE, 2021). Os biomas brasileiros possuem uma parte significativa de toda a biodiversidade mundial, sendo um conjunto de vida animal e vegetal, que apresenta grande diversidade endêmica em nível regional, promovendo um conjunto de riqueza de biodiversidade (ALEIXO et al., 2010). Entretanto, a rica biodiversidade dos biomas brasileiros vem sendo regularmente ameaçada devido às atividades antrópicas. Dentre as principais causas estão o modelo atual de produção da agropecuária ou de agricultura convencional (PALUDO e COSTABEBER, 2012), e pela expansão da ocupação imobiliária (SILVA et al., 2018).

Segundo Myers et al. (2000), o Cerrado e a Mata Atlântica estão na lista de “*Hotspots*” da biodiversidade, onde excepcionalmente concentrações de espécies endêmicas estão sofrendo uma perda atípica do habitat.

O bioma da Mata Atlântica possui cerca de 7,5% de sua extensão original, dos quais apenas 35,9% estão em áreas de conservação (MYERS et al., 2000). Mesmo com sua área total sendo reduzida e fragmentada (RANTA et al., 1998), a maior parte da Mata Atlântica remanescente está em fragmentos inferiores a 100 ha. Esta região até então, abriga uma alta diversidade de espécies e um grau elevado de endemismo, cerca de 20.000 espécies de plantas, das quais 40% são endêmicas (MYERS et al., 2000).

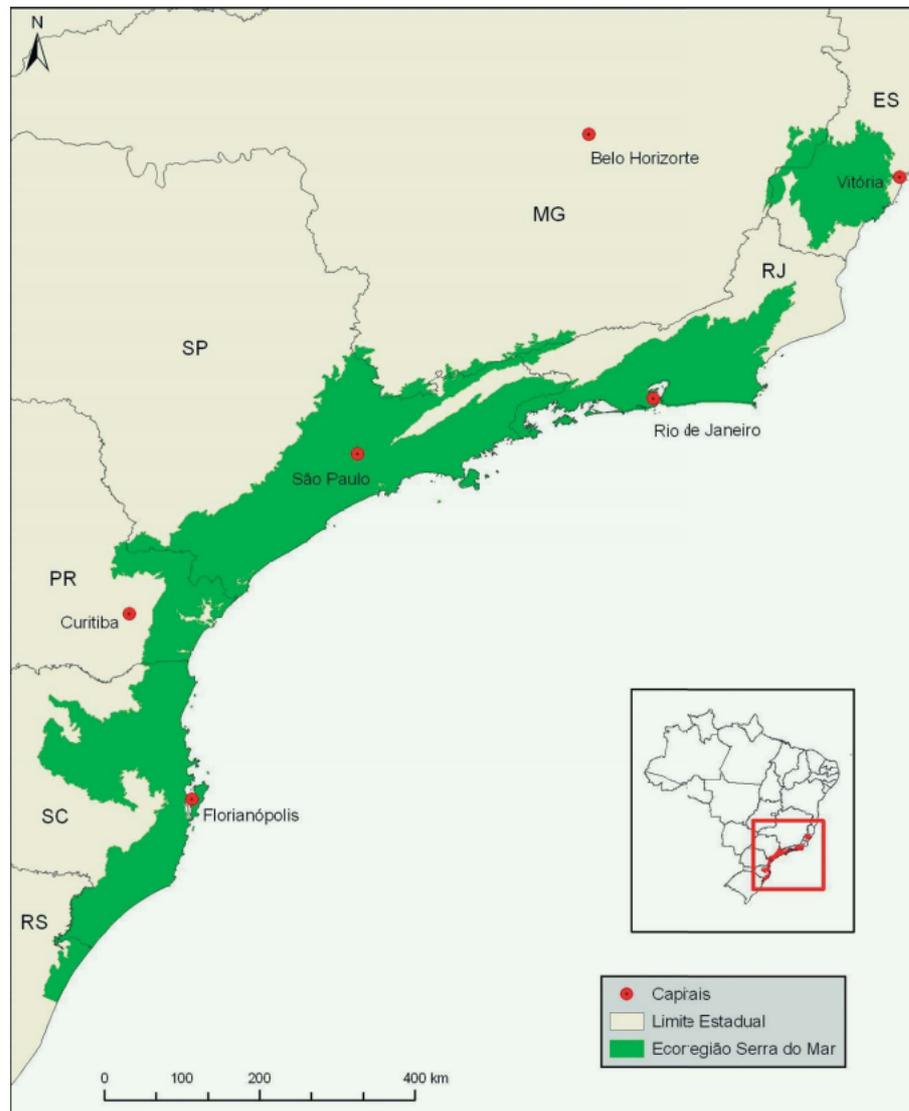
Levantamentos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), demonstram que 2.528 municípios do Brasil estão inseridos na Mata Atlântica, correspondendo a 46% das cidades brasileiras (CI-BRASIL, 2000; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000). Este bioma abriga próximo de 60% da população brasileira e é responsável por cerca de 70% do PIB nacional (PINTO, 2006).

Pinto et al. (2006), com o intuito de garantir a proteção a longo prazo da biodiversidade da Mata Atlântica, afirma ser essencial haver um manejo do ecossistema e das espécies. A proteção e restauração deste *hotspot* é um grande desafio, visto a forte pressão antrópica ocupando essas regiões (KOELHERT e HOLANDA, 2014).

Locais onde há remanescentes da Mata Atlântica estão usualmente associados às atuais unidades de conservação de proteção integral, localizadas principalmente na região costeira do país como nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e região

serrana do Espírito Santo. A Ecorregião Serra do Mar representada na FIGURA 1, apresenta muitas áreas protegidas, no entanto, 98,69% dos remanescentes são inferiores a 100 ha (PINTO et al., 2006; WWF-BRASIL, 2011).

FIGURA 1 – ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR NA MATA ATLÂNTICA



FONTE: WWF-BRASIL, 2011.

Dentre as unidades de conservação que se encontram na Mata Atlântica está presente o ecossistema da restinga, que desempenha uma série de bens e serviços socioambientais, sendo um local rico em espécies da fauna e flora endêmicas, e evitam o avanço das ondas e marés e servem de local para a fixação das dunas.

2.2 RESTINGA

O termo Restinga apresenta um sentido amplo. Do ponto de vista geomorfológico, a restinga é um conjunto formado pela deposição de sedimentos arenosos marinhos do período Quaternário ao longo da costa brasileira e da biota que se instalou nessa região (ARAÚJO e LACERDA, 1987, p. 42-48). Diversas plantas da restinga são xerófitas seletivas, possuindo aptidão de suportar altas temperaturas, salinidade, grande dessecação e pouca disponibilização de nutrientes (WWF-BRASIL, 2011).

Para Roderjan et al. (2002) as Formações Pioneiras, as quais foram genericamente denominadas “restinga”, são definidas como ambientes revestidos por vegetação de primeira ocupação, que se instalam sobre áreas pedologicamente instáveis, em função do transporte de sedimentos ao longo do litoral. Vegetações instaladas nessas regiões se diferem das demais, pois são influenciadas pela água do mar e/ou rios (RODERJAN et al., 2002).

A Resolução CONAMA N° 07, de 23 de julho de 1996, caracteriza a restinga como um conjunto de comunidades vegetais, que se diferem fisionomicamente, e recebem influência marinha e fluviomarinha. Esse ecossistema possui grande diversidade ecológica, consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do solo que do clima (CONAMA, 1996).

Segundo Roderjan (2002), a vegetação da restinga varia ao decorrer de sua extensão. Em regiões mais próximas do mar, é comum encontrar vegetação herbácea bem rala, de folhas duras e pequenas, devido às condições ambientais extremas. À medida que se adentra ao continente, o volume da restinga aumenta, as vegetações criam um mosaico de comunidades herbáceas e arbóreas, típicos de ambiente xerofítico. Quanto mais distante em direção ao continente, maior será a altura da vegetação arbórea, podendo chegar de 15 a 20 metros de altura, semelhante à floresta ombrófila densa (SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2018).

A WWF-BRASIL (2011) classificou a transição da restinga na Ecorregião da Serra do Mar, como mostrado na TABELA 1.

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DA RESTINGA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR.

Vegetação de praias e dunas	Localizadas próximas ao mar, sobre areia seca onde se encontram ervas pioneiras, reptantes escandentes e alguns arbustos.
Jundu ou Escrube	Afastando-se do mar, nas partes mais altas das ondulações dos cordões arenosos encontram-se arbustos com ramos retorcidos, bromélias terrícolas e cactáceas. Presentes em áreas úmidas, entre cordões arenosos, o solo é sempre encharcado e a vegetação é herbácea-arbustiva, composta por espécies paludícolas.
Florestas baixas de restinga	Localizadas no interior, após os cordões arenosos. A vegetação é mais alta, com arbustos e arvoretas, presença de bromélias, trepadeiras e orquídeas.
Brejo de restinga	Permanentemente inundado, com vegetação herbácea e ocorrência pontual de árvores adaptadas ao solo saturado (ex: caixetas, guamirins e orlandis).

FONTE: Adaptado de WWF-Brasil, 2011.

Já a Resolução do CONAMA nº 417, de 23 de novembro de 2009, apresenta parâmetros para definição da vegetação da restinga ao longo de sua extensão, como demonstrado na TABELA 2.

TABELA 2 – PARÂMETROS BÁSICOS PARA ANÁLISE E DEFINIÇÃO DA VEGETAÇÃO DE RESTINGA.

(Continua)

Vegetação Primária	Vegetação de máxima expressão local, possui grande diversidade biológica, recebe pouco efeito de atividades antrópicas, a ponto de não afetar suas características.
Vegetação Secundária ou em Regeneração	Vegetação resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão parcial ou total da primária pela ação antrópica, ou causas naturais, podendo haver remanescentes da vegetação primária

TABELA 2 – PARÂMETROS BÁSICOS PARA ANÁLISE E DEFINIÇÃO DA VEGETAÇÃO DE RESTINGA.

(Conclusão)	
Vegetação de Restinga	Conjunto de comunidades vegetais, distribuídas em mosaico, devido ao depósito arenoso do período quaternário, encontradas em praias, cordões arenosos, dunas, depressões e transição para ambientes adjacentes, suas fitofisionomias podem ser pelo estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo (distante da linha preamar).
Vegetação Herbácea e Subarbustiva de Restinga	Vegetação composta por espécies predominantemente herbáceas ou subarbustivas, atingindo até cerca de um metro de altura, ocorrem em praias, dunas frontais e internas, lagunas e suas margens, planícies e terraços arenosos, banhados e depressões.
Vegetação Arbustiva de Restinga	Predominantemente arbustivas apresentando até cinco metros de altura, podendo ter a ocorrência de estratificação, epífitas, trepadeiras e acúmulo de serapilheira, sendo encontradas em áreas bem drenadas ou paludosas, principalmente em dunas semifixas e fixas, depressões, cordões arenosos, planícies e terraços arenosos.
Vegetação Arbórea de Restinga	Vegetação densa com fisionomia arbórea, estratos arbustivos e herbáceos geralmente desenvolvidos e acúmulo de serapilheira, comportando também epífitos e trepadeiras.
Vegetação de Transição	Vegetação que ocorre em depósitos arenosos costeiros recentes, geralmente em substratos secos, sendo possível ocorrer sedimentos com granulometria variada, podendo estar em contato e apresentar grande similaridade com a tipologia vegetal adjacente, com padrão de regeneração diferente.

FONTE: Adaptado da Resolução do CONAMA nº 417 de 2009.

Nascimento (2011) relata que a restinga possui grande importância para conter o avanço do mar e da areia em direção às cidades litorâneas, e abriga diversas espécies da fauna e flora. A ausência dessa vegetação faz com que as dunas se dissipem rapidamente, resultando no avanço do mar, gerando assim, degradação da orla (STEFANELLO, 2006).

Bastos (1996) explica que o processo de fixação das dunas se dá por estruturas morfológicas de sustentação e fornecimento de nutrientes às restingas, elas possuem raízes que impedem o movimento da areia por ação de agentes erosivos.

Visto o papel fundamental da restinga para evitar danos ambientais, ela foi estabelecida como Área de Preservação Permanente no Código Florestal brasileiro, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, protegendo a vegetação nativa fixadora de dunas ou estabilizadoras de mangues (BRASIL, 2012).

A Lei nº 7.661, elaborada em 16 de maio de 1988, estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) (BRASIL, 2004), a lei impõe regras para a área de ocupação e uso da zona costeira, estabelecendo critérios de gestão da orla marítima, dando prioridade à conservação e proteção do meio ambiente.

A Resolução do CONAMA nº 303, elaborada em 20 de março de 2002, considera as APPs e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de grande relevância ambiental, para as futuras e atuais gerações, integrando o desenvolvimento sustentável, sendo a restinga um depósito arenoso paralelo à linha da costa, produzido por processos de sedimentação (BRASIL, 2002).

Devido à proximidade da ocupação populacional na área da existência de restinga e de locais totalmente inabitados e preservados, a largura da restinga pode variar de poucos metros para dezenas de metros (JASTER, 2002).

Criar medidas voltadas ao planejamento e conservação deste ecossistema é essencial, por se tratar de uma região tão sensível aos impactos antrópicos (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL, 1986; MENEZES e ARAUJO, 1999). Além disso, retirar a areia e efetuar cortes da vegetação podem desencadear danos severos, podendo ser irreversíveis (ARAÚJO, 2016; ARAUJO e HENRIQUES, 1984).

Por se tratar de um ecossistema frágil, o corte da restinga resulta em uma recuperação lenta, geralmente havendo a intrusão de espécies com diversidade inferiores à original, onde algumas espécies invasoras podem predominar (ALMEIDA, 2017).

Devido à proximidade deste ecossistema à ocupação humana, a restinga está permanentemente exposta à intervenção antrópica, podendo haver retirada de areia, acúmulo

de lixo e abertura de caminhos para acessar às praias (ARAUJO e HENRIQUES, 1984; FAZION, 2013).

A intensa ocupação da costa brasileira e a grande procura por essas regiões para realizar atividades de turismo e lazer, causa conseqüentemente o aumento da ocupação antrópica por meio da urbanização (HOLZER, CRICHYNO, PIRES, 2004). No decorrer da urbanização, tal processo acaba gerando a fragmentação dos ecossistemas. Como citado pelos autores Holzer, Crichyno e Pires (2004), a passagem de pessoas pela restinga criam caminhos, o que é possível constatar com imagens de satélite ou por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) (SILVA et al., 2018), criando verdadeiros “quarteirões” de gramíneas e pequenos arbustos espalhados (FAZION, 2013).

O litoral paranaense apresentou uma ocupação acelerada e com pouco planejamento e assim, a análise das inter-relações entre a base natural-social pode contribuir para identificar e caracterizar os diversos conflitos de interesse (PIERRI et al., 2006).

Silva et al. (2018), Fazion (2013) e Kotler et al. (2004) relatam as ações antrópicas que implicam diretamente na degradação da restinga do município de Pontal do Paraná, localizado no litoral paranaense, tais como: introdução de espécies exóticas, roçadas e podas da vegetação, construção de calçadas cimentadas e construção de barracos de pescadores e/ou casa/empreendimento de pessoas locais, localizadas na região da APP.

O Plano Diretor da cidade de Pontal do Paraná afirma que a área da restinga além de uma Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2012), é uma Unidade de Conservação (UC) municipal promulgada através do Decreto Municipal nº 1120/2002, sendo depois complementado pelo Decreto Municipal nº 4145/2012, delimitando a área da restinga como um Parque Natural Municipal da Restinga (PONTAL DO PARANÁ, 2004). Para Puertas e Tonetti (2016), tal elaboração demonstra a preocupação da gestão pública do município de Pontal do Paraná, em relação a este ecossistema tão fragilizado.

A faixa de restinga contida no município de Pontal do Paraná é, em geral, mais larga, em comparação com a cidade vizinha Matinhos (FAZION, 2013). Para Araújo (2016), as alterações ambientais enfrentadas atualmente em Matinhos são provenientes de uma falta de planejamento na gestão ambiental. Bigarella (1991), relata que desde que a cidade começou a ser colonizada inúmeras espécies endêmicas e raras perderam espaço, tendo seu habitat modificado.

Sendo assim, a preservação do trecho de restinga estabelecido na cidade de Pontal do Paraná deve ser monitorado e preservado, por executar papel fundamental de área-tampão contra os fenômenos marítimos na orla (FAZION, 2013; KOTLER et al., 2004).

Ferramentas de diagnóstico e monitoramento das áreas de preservação se mostram necessárias, e os Veículos Aéreos Não Tripulados vêm ganhando espaço no meio científico, para realização de estudos do meio ambiente.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Para Davis et al. (1978), o sensoriamento remoto é definido como procedimentos para captação de imagens, mediante o registro das variações gravimétricas, ondas sísmicas, ondas acústicas e energia eletromagnética.

Park e Schowengerdt (1983) referem-se a este termo como a ciência de derivar informações a respeito de um objeto a partir de medidas feitas a distância, sem entrar em contato com ele. Trabalho publicado por Lillesand, Kiefer e Chipman (2015) trouxe uma proposta similar, definindo que esta é a ciência de obter informações a respeito de objetos, áreas ou fenômenos, pela análise de dados adquiridos sem o contato direto com o objeto de estudo.

Florenzano (2007), descreve que o sensoriamento é a tecnologia de obter imagens e outros dados da superfície terrestre através de instrumentos de registro de imagens e outras categorias de dados, por meio da energia refletida ou emitida pela superfície.

Com o avanço das tecnologias, funções anteriormente atendidas somente pela aerofotogrametria, hoje, podem ser realizadas por veículos aéreos que tenham uma câmera multiespectral acoplada, apresentando uma série de vantagens, sendo elas: baixo custo por área sobrevoada; frequência no acompanhamento da área monitorada e simultânea à captação das imagens; captação multiespectral das imagens; caráter digital dos dados adquiridos; e, facilidade de integração à base de dados geocodificadas, cartográficas e numéricas por Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (AZEVEDO e MANGABEIRA, 2001).

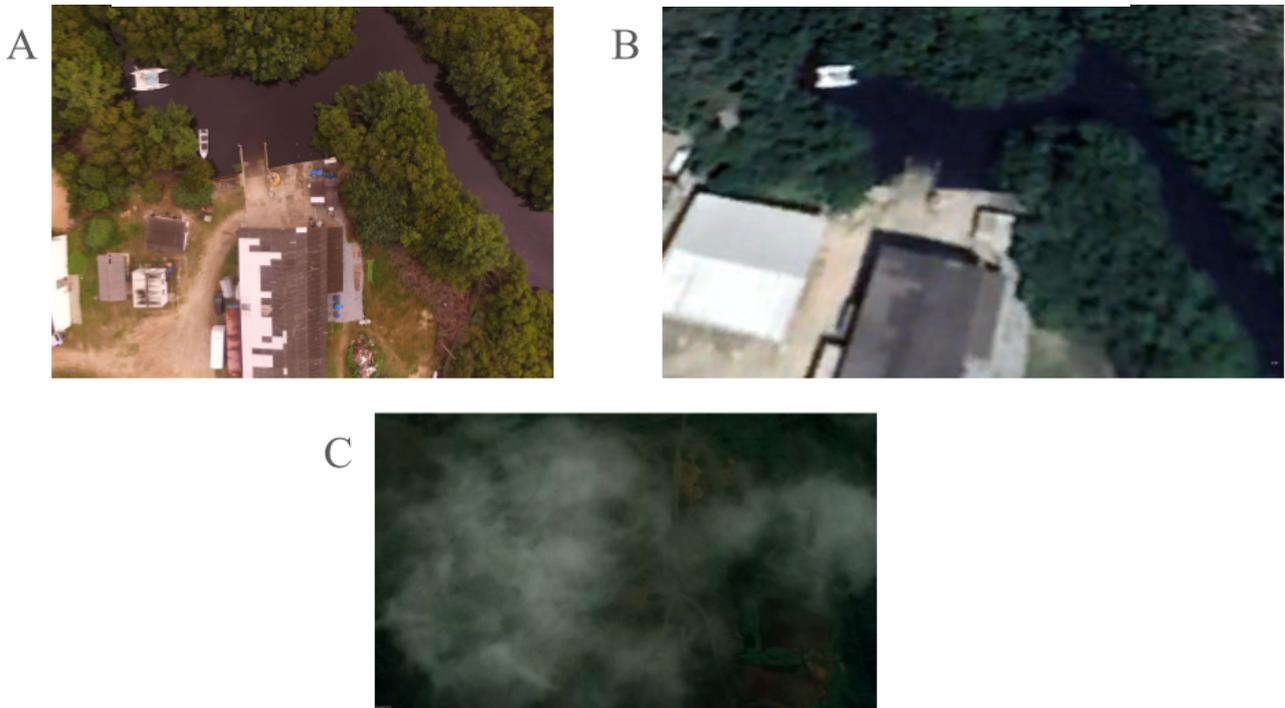
Dessa forma, o sensoriamento remoto orbital se torna um instrumento essencial para os estudos ambientais e meteorológicos (PETKOV, 1996), para mapeamento da superfície terrestre e estudos ecológicos (MENDONÇA, 1981; AZEVEDO e VERDESIO, 1984; PINTO et al., 1989; ROUGHGARDEN et al., 1991; MATSON e USTIN, 1991; TODD et al., 1998); para monitoramento de paisagens e compreensão da diversidade biológica (MATSON e USTIN, 1991; BENSON e MACKENZIE, 1995) e para o mapeamento e classificação da vegetação (SZEKIELDA, 1988; CARPENTER et al., 1997; SILVA et al., 2018).

Florenzano (2007) relata a utilização de imagens de satélites para estudar a conservação da restinga, auxiliadas por softwares de geoprocessamento. Esse método proporciona uma visão

macro da área de estudo e multitemporal. No entanto, a utilização das imagens de satélites, mesmo que de grande importância para o mapeamento e acompanhamento do crescimento vegetal, se restringe a não extrair maiores detalhes da região próxima à superfície terrestre (PUERTAS e TONETTI, 2016).

Sendo assim, a utilização de veículos aéreos não tripulados vem ganhando espaço no sensoriamento remoto, devido a sua versatilidade de sobrevoar áreas em altitudes bem inferiores às de satélite e aeronaves convencionais (possibilita obter maiores detalhes da área de estudo), sofrem pouca interferência de nuvens, apresentam baixos custos operacionais, possuem câmeras de alta qualidade, facilitam a elaboração dos voos, portabilidade e baixos níveis de ruído. A FIGURA 2 exemplifica algumas das vantagens citadas.

FIGURA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DE SATÉLITE E DRONE



FONTE: Autor (2022).

LEGENDA: (A) representa uma imagem do drone. (B) representa uma imagem de satélite com zoom. (C) representa uma imagem de satélite de uma nuvem bloqueando a visão.

2.3.1 Drones

A terminologia para os VANTs difere bastante na literatura (ARANTES, 2018). No idioma inglês é comum se deparar com as seguintes nomenclaturas: Remotely Piloted Aircraft (RPA), Remotely Piloted Aerial Systems (RPAS), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), ou mais popularmente conhecido como drones.

Os drones são essencialmente aeronaves controladas por pilotos em terra ou por softwares em computadores, ou sistemas embarcados. Essa tecnologia permite que os drones sejam programados para realizar trabalhos sem a interferência humana, permitindo várias aplicações de uso, as quais aeronaves convencionais efetuam com um custo superior e colocam em risco vidas humanas (VANZ, 2015).

A ANAC (2010) e BRASIL (2010) estabelecem a definição dos VANTs como: aeronave pilotada sem o auxílio do piloto a bordo, para fins meramente recreativos. Incluem-se nesta definição todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos.

No Brasil, a responsabilidade pela fiscalização administrativa está a cargo da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A ANAC utiliza-se de alguns termos para se referir ao modo de voo utilizado pelo piloto, sendo eles: (BVLOS) operador do drone não possui contato visual com o equipamento; (VLOS) operador consegue sozinho manter o contato visual com o equipamento em voo; e, (EVLOS) operador necessita de auxílio de observadores, para conduzir a navegação.

Dentre as normas estabelecidas, a TABELA 3 classifica os drones com base no seu peso de decolagem, os quais sofrem certas exigências adicionais se ultrapassarem a pesagem máxima.

TABELA 3 – INFORMAÇÕES SOBRE AS EXIGÊNCIAS PARA UTILIZAÇÃO DO DRONE

Classe	Peso do Drone	Exigências de Aeronavegabilidade
Classe 1	Acima de 150 kg	Os drones devem estar registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	Acima de 25 kg e abaixo ou igual a 150 kg	Os drones devem estar registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 3	Abaixo ou igual a 25 kg	Operações na linha visual (BVLOS) ou acima de 120 m, deverão possuir autorização do projeto pela ANAC, e precisam ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones que operam abaixo de 120 na linha de operação VLOS não necessitam de autorização de projeto pela ANAC, mas deverão estar cadastrados na ANAC pelo sistema SISANT, apresentando informações do operador e do equipamento. Abaixo de 250 g não necessita de nenhum cadastro.

FONTE: Adaptado da ANAC (2017).

O crescente número de usuários adeptos ao uso dos VANTs no Brasil é exibido pela TABELA 4, que demonstra o número de cadastros efetuados na Agência Nacional de Aviação Civil no ano de 2021, até o momento do projeto. O cadastro é realizado no site do Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT), onde o operador cadastra suas informações pessoais e o equipamento utilizado. No final do cadastro, é emitida uma ficha com as informações do usuário e do equipamento.

TABELA 4 – QUANTIDADE DE CADASTROS PARA UTILIZAÇÃO DE DRONES EM 2021

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho
Número de pessoas Cadastradas	64920	65249	65741	66135	66858	67289
Quantidade Pessoas Física	59666	59932	60341	60662	61287	61617
Quantidade Pessoas Jurídica	5254	5317	5400	5473	5571	5672
Quantidade Drones	79858	80782	81436	81992	82877	83710
Drones Uso Recreativo	48118	48298	48555	48755	49063	49238
Drones Uso Profissional	31740	32484	32881	33237	33814	34472

FONTE: Adaptado da ANAC (2021).

Pode-se verificar que a utilização dos drones vem ganhando adeptos com o passar do tempo. Tomlins (1983) destaca que o avanço dos VANTS proporcionou ao menos 46 aplicações em estudos ambientais, mostrando grande aplicabilidade dos drones desde os anos de 1980 voltados aos estudos ambientais.

Os drones são uma solução de baixo impacto ao meio ambiente. Para o WWF-Brasil (2016) sua aplicabilidade é muito variada, visto os constantes avanços tecnológicos, servindo como principal ferramenta para a conservação ambiental. O projeto, iniciado em 2015 pela organização WWF (Fundo Mundial para a Natureza), relata que o uso de drones auxiliam na fiscalização e mapeamento de unidades de conservação e monitoramento de áreas degradadas.

Trabalho publicado por Felix et al. (2017), em estudos sobre o uso de VANTS para monitoramento da cobertura vegetal, destacou um grande potencial desse método em relação aos métodos tradicionais como sensores remotos orbitais. Entretanto, o uso dessas geotecnologias ainda é recente e novas aplicações têm sido efetuadas em programas de diagnóstico e monitoramentos ambientais para os mais diversos ecossistemas e biomas.

A utilização de softwares que elaboram e executam planos de voos auxiliam na captura de imagens, pois são recomendadas taxas de sobreposição de 70-90% para criação de ortomosaicos, que se realizado manualmente pelo operador, fica propenso a erros. Os aplicativos permitem ao operador determinar certos parâmetros dos planos de voos, tais como: a área a ser monitorada, a velocidade do equipamento, a rota de voo que melhor se adequar ao estudo e a altura do sobrevoo (EISENBEISS; SAUERBIER, 2011; SANTOS; KOENIGKAN, 2018). Os parâmetros podem sofrer alterações de um software para outro.

A elaboração do mapa do local monitorado por imagens de drone são conhecidos como ortomosaicos, e existem diversos softwares que executam sua elaboração, que em sua maioria são pagos.

Entretanto, um dos programas que podem ser utilizados gratuitamente é o OpenDroneMap (ODM). O ODM é um conjunto de código aberto para fotogrametria aérea, o principal produto gerado é o ortomapa, que pode ser visualizado e editado em sistema GIS, como o QGIS (SANTOS e KOENIGKAN, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O município de Pontal do Paraná está localizado na região litorânea do Paraná, a 90 km da capital do estado, com população estimada de 25.393 pessoas (IBGE, 2017) e tem sua economia baseada no turismo da alta temporada, com pequenos agricultores e pescadores (IPARDES, 2016). Seu sistema climático predominante é o clima tropical superúmido (MARQUES, 2004). Pontal do Paraná tem como característica principal a sazonalidade populacional: períodos de aumento significativo na população, visto que, no período de verão, as altas temperaturas atraem milhares de turistas ao local. O município apresenta 42 balneários espalhados por aproximadamente 23 km de praias.

O estudo foi realizado no Parque Natural Municipal da Restinga (PNMR), cuja área de abrangência é demonstrada na FIGURA 3. Devido à grande extensão da restinga na cidade de Pontal do Paraná, a área da restinga foi dividida em 8 setores, como demonstrado na TABELA 5 e FIGURA 3.

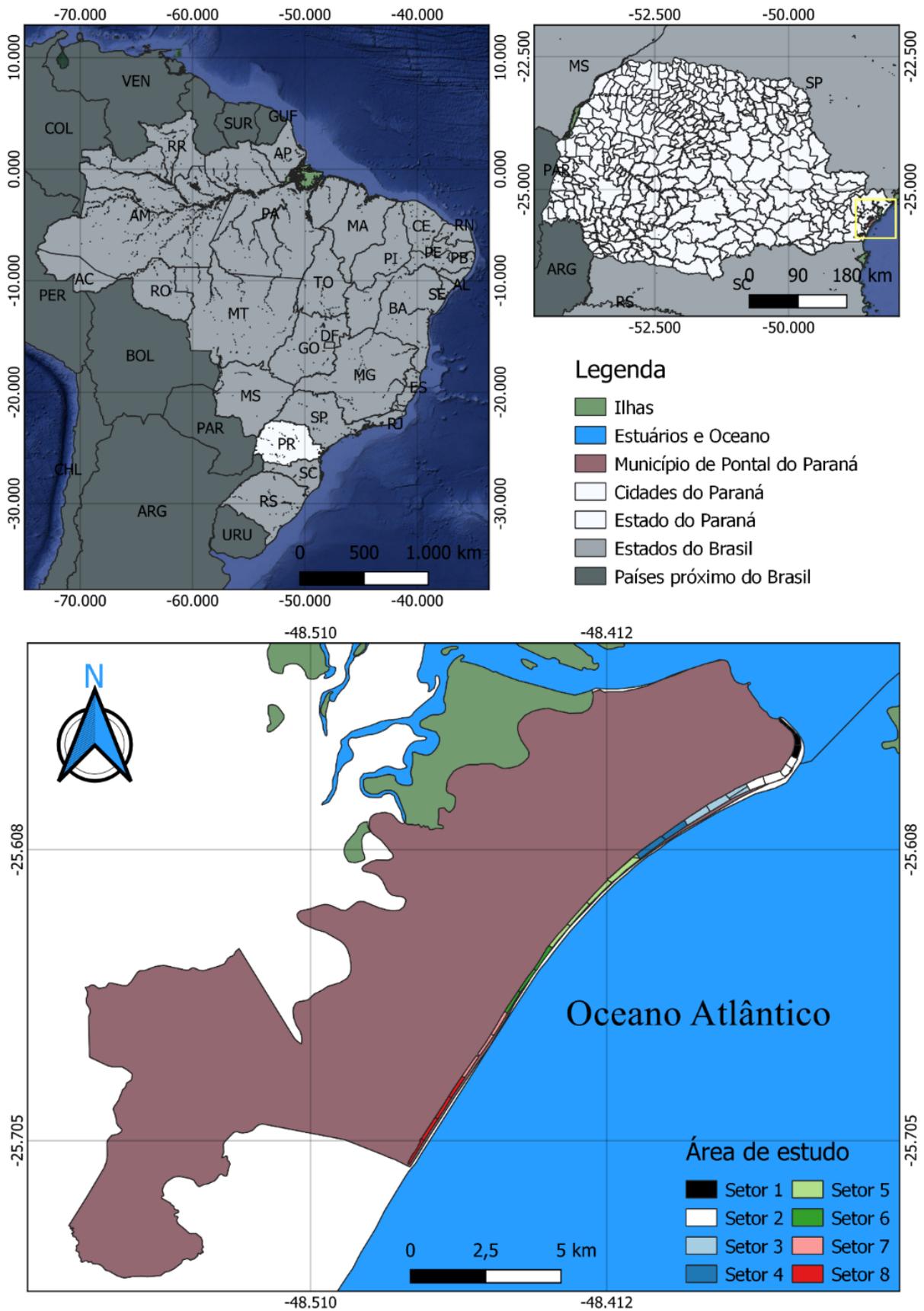
O comprimento médio dos 8 setores avaliados foram de $2,72 \pm 0,94$ km (média \pm desvio padrão) (TABELA 5).

TABELA 5 – SEPARAÇÃO DOS BALNEÁRIOS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR EM SETORES

Setor	Balneários	Extensão (km)
Setor 1	Pontal do Sul – Norte	1,64
Setor 2	Pontal do Sul	1,96
Setor 3	Atami Sul e Atami	2,44
Setor 4	Guapê e Barrancos	2
Setor 5	Grajaú, Olho D'Água, Carmery e Shangri-lá	4,42
Setor 6	Ipanema e Leblon	2,82
Setor 7	Luciene, Praia Bela, Majoraine, Canoas, Santa Terezinha, Itapuã, Porto Fino e Guarapari	2,74
Setor 8	Monções, Praia de Leste, Mirassol, São Carlos e Patrick 2	3,7

FONTE: O autor (2022).

FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Autor (2022).

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados foram obtidos por imagens aéreas através do drone: DJI Phantom 3 Standard, que possui as seguintes especificações técnicas: velocidade de até 16 m/s, com resolução de imagens de 12 MP, lentes FOV (Field Of View) de 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8, obtendo imagens de 4000 x 3000 pixels, peso de 1,216 kg (bateria e hélices incluídas), precisão de foco $\pm 0,5$ e 1,5, na vertical e horizontal, respectivamente, e gimbal com 3 eixos de inclinação. O controle remoto do drone opera nas frequências de 5,725-5,825 GHz.

As imagens obtidas pela câmera acoplada ao drone, consiste na captação de bandas do espectro eletromagnético, neste caso, o visível. O dispositivo eletrônico opera com a composição das cores no sistema RGB – Red, Blue e Green.

Para a captura das imagens em campo, é necessário que haja boas condições climáticas para o sobrevoo do drone. Sendo assim, as imagens foram capturadas em dias distintos em relação ao próprio mês e ao mês seguinte. As imagens obtidas nos meses de setembro de 2020 e 2021, foram adquiridas a partir do dia quinze de cada mês, no período da manhã e tarde.

Como a área de estudo tem uma extensão de aproximadamente 22 km, foi necessário dividir a região em 27 planos de voo para que fosse viável a obtenção dos dados, levando em consideração o tempo de duração da bateria e o distanciamento do ponto inicial do voo.

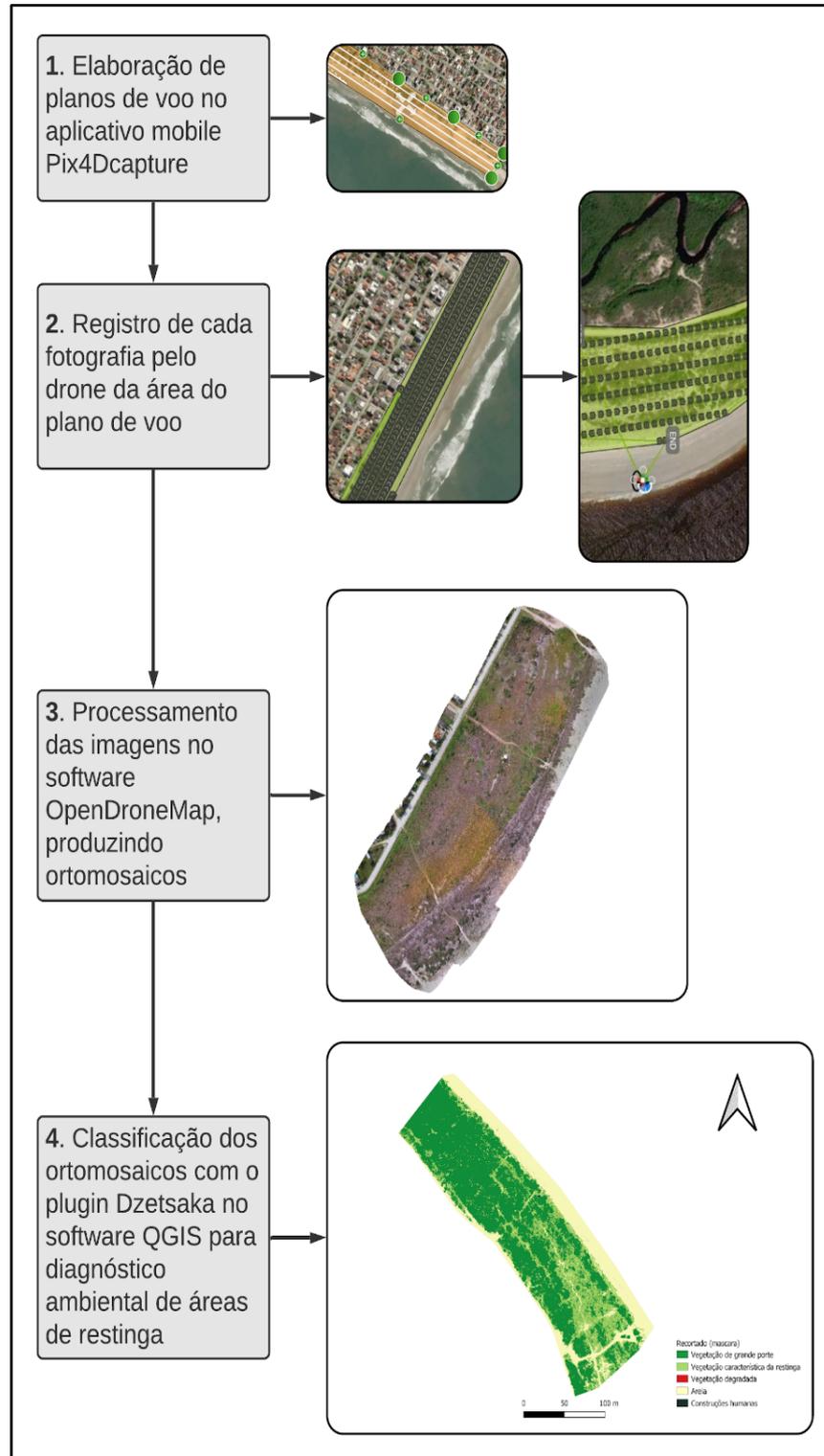
Para elaboração dos planos de voo, utilizou-se o aplicativo Pix4Dcapture (versão 4.13.1). Nele foi possível criar e editar os planos de voos com as configurações desejadas do projeto. Inicialmente, foram realizados experimentos pilotos para serem determinadas as especificações de voo que se enquadram nas normas exigidas pela ANAC (2017), possibilitando a cobertura de uma área extensa e imagens de qualidade alta de detalhes para posterior análise. Estabeleceu-se, assim, a altitude de 60 m e velocidade 7,7 m/s, mantendo como método padrão de plano de voo para todos os balneários avaliados.

Após a obtenção das imagens, foi utilizado o software OpenDroneMap (WebODM) para realização do processamento das imagens obtidas com os planos de voo, gerando ortomosaicos georreferenciados.

Após o processamento das imagens, foi gerado o ortomosaico para delimitação e processamento da área de estudo. Para realização do geoprocessamento foi utilizada a versão 3.18 do software QGIS.

A FIGURA 4 ilustra os procedimentos realizados para realizar a classificação final da área de estudo.

FIGURA 4 – RESUMO DA METODOLOGIA PARA SOBREVOO COM DRONE DA RESTINGA E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS



FONTE: Autor (2022).

3.3 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS NO QGIS

Primeiramente, todos os ortomosaicos foram retrabalhados, retirando a banda alpha de transparência do ortomosaico (arquivo raster) gerada pelo ODM. O procedimento foi realizado utilizando-se da biblioteca GDAL através da linha de comando abaixo.

```
gdal_translate -b -b 2 -b 3 input.output.tif (1)
```

A linha de comando (1) indica que o input e output são, respectivamente, os nomes dos arquivos de entrada e saída.

Os arquivos foram trabalhados no sistema de referência de coordenadas (SRC) EPSG:31982 – SIRGAS 2000/ UTM zone 22S.

Após a remoção da banda alpha de transparência, o ortomosaico foi recortado com uma camada shapefile. O recorte visou delimitar o ortomosaico, retirando espaços que não contemplem a análise da atual restinga de Pontal do Paraná. O limite considerado para recorte da restinga foi definido a partir da última rua paralela à vegetação, em relação ao espaço urbano, e nos limites da vegetação em relação à areia da praia, em relação ao oceano Atlântico.

Feito isto, a etapa seguinte consistiu na classificação supervisionada dos ortomosaicos recortados. O método utilizado para classificação foi o Random Forest, disponibilizado por meio do plugin dzetsaka no QGIS (KARASIAK, 2016).

Para realizar a classificação com o plugin dzetsaka, foi necessário a criação de amostragens através de pontos ou polígonos em formato *shapefile*. Cada polígono recebeu uma identificação, resultando em uma tabela de atributos para classificação pelo algoritmo/método de escolha do plugin. A identificação de cada área para classificação seguiu o modelo da TABELA 6.

Com a imagem classificada, a etapa seguinte consistiu na retirada de informações. Assim, na caixa de ferramentas de processamento do QGIS, no menu “análise de dados raster”, foi utilizada a opção “reporta camada raster de valor único”. Os valores de cada atributo da classificação foram transformados, por estimativas da área, pela contagem de pixels, gerando uma tabela de dados em que os valores obtidos foram exibidos em metros quadrados.

De modo a exemplificar os dados para plotagem de determinados gráficos, foi realizado o somatório das restingas herbáceas, arbustivas e arbóreas, estabelecendo-as como restinga total, reproduzindo o procedimento para as áreas de construção e áreas degradadas, determinando-as como área degradada total.

TABELA 6 – GRUPO DE FEIÇÕES UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍGONOS NO QGIS

(Continua)

1	Restinga herbácea	
2	Restinga arbustiva	
3	Restinga arbórea	
3	Restinga arbórea	

TABELA 6 – GRUPO DE FEIÇÕES UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍGONOS NO QGIS

(Continuação)

4	Área degradada (áreas de roçadas, espécies exóticas, caminhos e entradas)	
5	Areia (região da linha preamar até o oceano atlântico)	
6	Construção (edificações e calçadas)	

TABELA 6 – GRUPO DE FEIÇÕES UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍGONOS NO QGIS

(Conclusão)

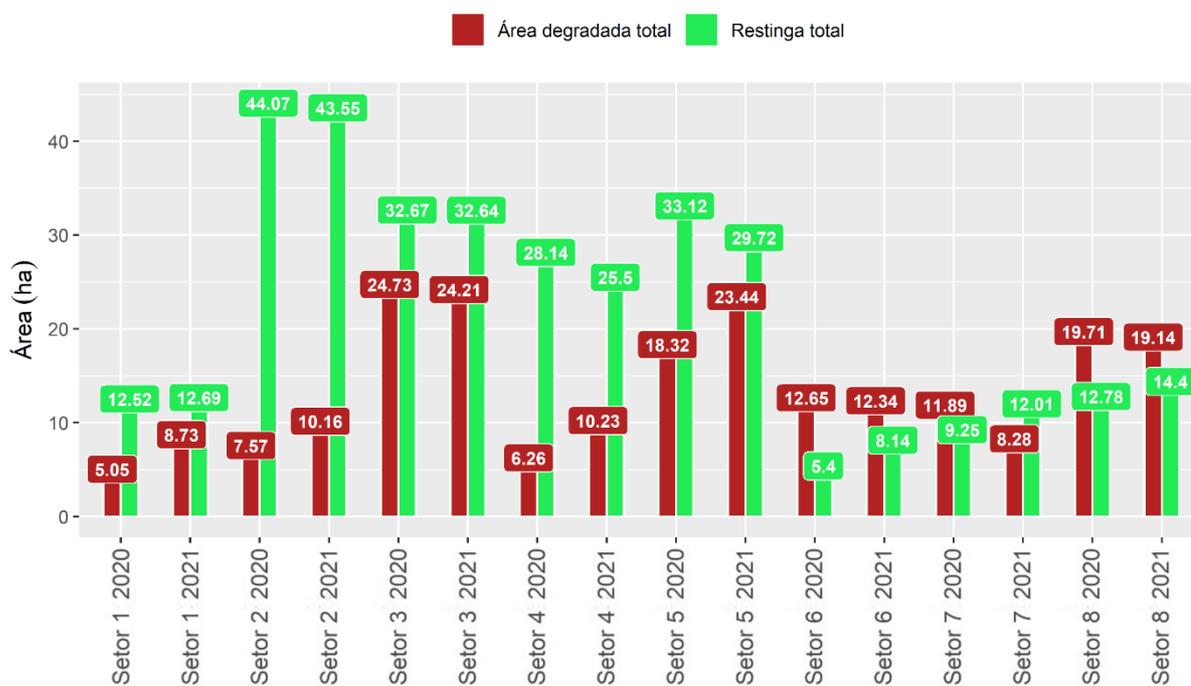
7	Água (rios, brejos e áreas alagáveis)	
8	Outros (fatores temporais nas imagens: resíduos sólidos, sombras, carros, banhistas, barcos, entre outros.)	 

FONTE: O autor (2022).

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstraram uma área de restinga total existente no município de Pontal do Paraná – PR de aproximadamente 289,17 ha para 2020 e de 299,96 ha para 2021. Já a área preservada total em setembro de 2020 apresentou 177,95 ha e 106,18 ha para áreas degradadas totais. Em setembro de 2021, os resultados evidenciaram um pequeno aumento, as áreas preservadas totais obtiveram 178,66 ha e 116,52 ha de áreas degradadas totais (FIGURA 5).

FIGURA 5 – ÁREAS PRESERVADAS E DEGRADADAS TOTAIS DE RESTINGA DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ DOS MESES DE SETEMBRO DE 2020 E 2021



FONTE: O autor (2022).

Os dados de setembro de 2021, no Setor 1, mostraram um aumento de 0,1751 ha de restinga em relação ao mesmo período de 2020. A vegetação apresentou um decréscimo de 1,1143 ha de vegetação herbácea, no entanto, apresentou um aumento de 0,8645 ha de vegetação arbustiva e 0,4250 ha de vegetação arbórea. Porém, houve um aumento de degradação da vegetação em 2021, a área de construção aumentou em 0,5433 ha e a área degradada em 3,1332 ha.

No Setor 2, houve a supressão de 1,6226 ha de vegetação herbácea e o acréscimo de 1,1522 ha de vegetação arbustiva no período de 2020 para 2021. Não foram obtidos valores de

vegetação arbustiva no período de 2021, demonstrando uma redução de 0,0509 ha. Em relação à área degradada total ocorreu um crescimento de 2,5867 ha.

No Setor 3 em 2021, praticamente não existiu alteração, havendo apenas uma adição de vegetação herbácea em 0,0253 ha e arbustiva em 0,0214 ha, com decréscimo da vegetação arbórea de 0,0809 ha, totalizando uma redução da vegetação geral de 0,0343 ha. Ocorreu um aumento de 0,8086 ha de construções na região, no entanto, a área degradada reduziu em 1,3378 ha, totalizando uma redução da área degradada total de 0,5292 ha.

No Setor 4, a vegetação herbácea e a arbórea obtiveram as respectivas perdas de 2,8756 ha e 3,0584 ha em 2021 e uma ampliação de 3,2947 ha de vegetação arbustiva. O crescimento da área degradada total neste setor expandiu para 3,9715 ha no ano de 2021.

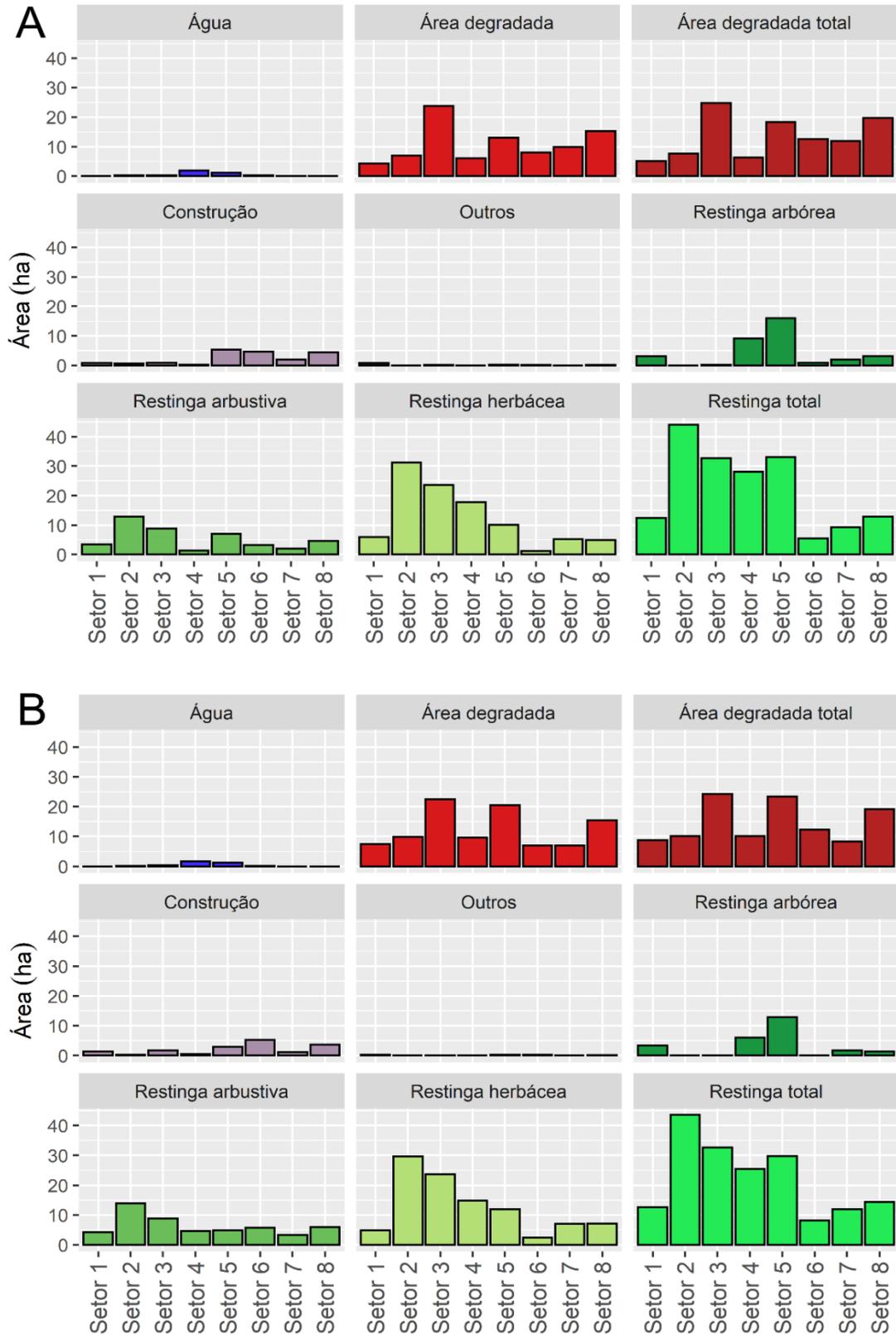
No Setor 5, houve um aumento da vegetação herbácea de 1,9598 ha e uma diminuição de 2,2247 ha de vegetação arbustiva e 3,1322 ha de vegetação arbórea. Referente a área impactada, ocorreu a expansão de 5,1190 ha em setembro de 2021.

No Setor 6, as vegetações herbácea e arbustiva tiveram um crescimento de 1,2926 ha e 2,3909 ha, no entanto, a vegetação arbórea reduziu em 98,54% em 2021, de sua área inicial em 2020 de 0,9561 ha. Houve a redução de 0,3131 ha de áreas degradadas totais.

No Setor 7, de 2020 para 2021, as vegetações herbácea e arbustiva cresceram em 1,8017 ha e 1,2609 ha, já a arbórea decresceu em 0,2972 ha e a área total da restinga no Setor 7 aumentou em 2,7655 ha. Este setor obteve a maior redução de área degradada, reduzindo 3,6106 ha, cerca de 30% em 2021.

O Setor 8 constatou uma ampliação vegetacional de 2,2185 ha para a restinga herbácea e 1,2220 ha da arbustiva e uma redução da vegetação arbórea de 1,8205 ha. Houve o decréscimo de 0,5675 ha de área degradada neste setor (FIGURA 6).

FIGURA 6 – FEIÇÕES CLASSIFICADAS DA VEGETAÇÃO DE RESTINGA NOS ANOS DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR

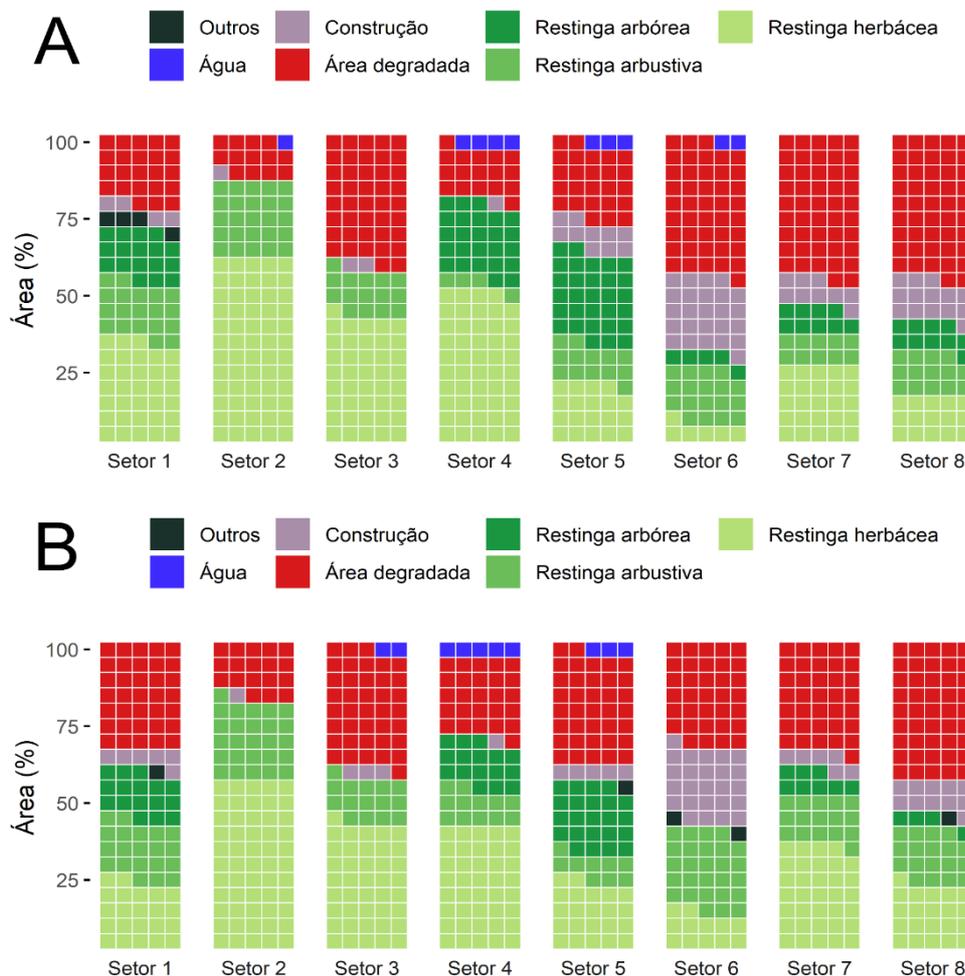


FONTE: O autor (2022)

LEGENDA: (A) áreas classificadas em setembro de 2020. (B) áreas classificadas em setembro de 2021.

A FIGURA 7 representa a classificação supervisionada, onde cada quadrado representa 1% das feições utilizadas. Constatou-se grande predominância das áreas degradadas nos setores 6, 7 e 8, e o número excedente de construções no Setor 6, que advém da ocupação irregular que ocorre no balneário de Ipanema, a qual pode ser observada na FIGURA 8. Essa região está sendo autuada pela União. O trâmite exige a retirada das famílias do local irregular, priorizando as comunidades pesqueiras, e a prefeitura de Pontal do Paraná alega que está trabalhando em projetos habitacionais para cumprir a exigência legal de desocupação (PREFEITURA DE PONTAL DO PARANÁ, 2021).

FIGURA 7 – ÁREAS DOS ORTOMOSAICOS EM FEIÇÕES (%) DAS RESTINGAS DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) feições dos setores de setembro de 2020. (B) feições dos setores de setembro de 2021.

FIGURA 8 – TRECHO DA REGIÃO DEGRADADA NO BALNEÁRIO IPANEMA DO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR, CORRESPONDENTE AO SETOR 6



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) Ortomosaico do aglomerado de residências do Setor 6 em Ipanema. (B) Ampliação do ortomosaico nas construções irregulares do Setor 6. (C) Placa de alerta do ministério público, referente a ocupação irregular.

Quando se considera apenas as áreas degradadas e preservadas totais de restinga (FIGURA 9), notou-se o aumento de degradação dos setores 1, 2, 4 e 5, do ano de 2020 para 2021. Sendo que os setores 6, 7 e 8 mostraram um aumento na preservação de restinga. Contudo, o Setor 3, representado pelos balneários Atami e Atami Sul, apresentaram uma estagnação nos valores de degradação e preservação, sendo que ambos os balneários são os únicos do município protegidos e monitorados por seguranças em tempo integral, uma iniciativa da Associação Comunitária Balneário Atami (ACBA). E mesmo com o constante corte da vegetação de restinga para fins paisagísticos e de lazer já evidenciado em trabalhos anteriores por SILVA et al. (2018), o local também apresenta preocupação com o habitat, disponibilizando placas de preservação da fauna e flora da restinga (FIGURA 9).

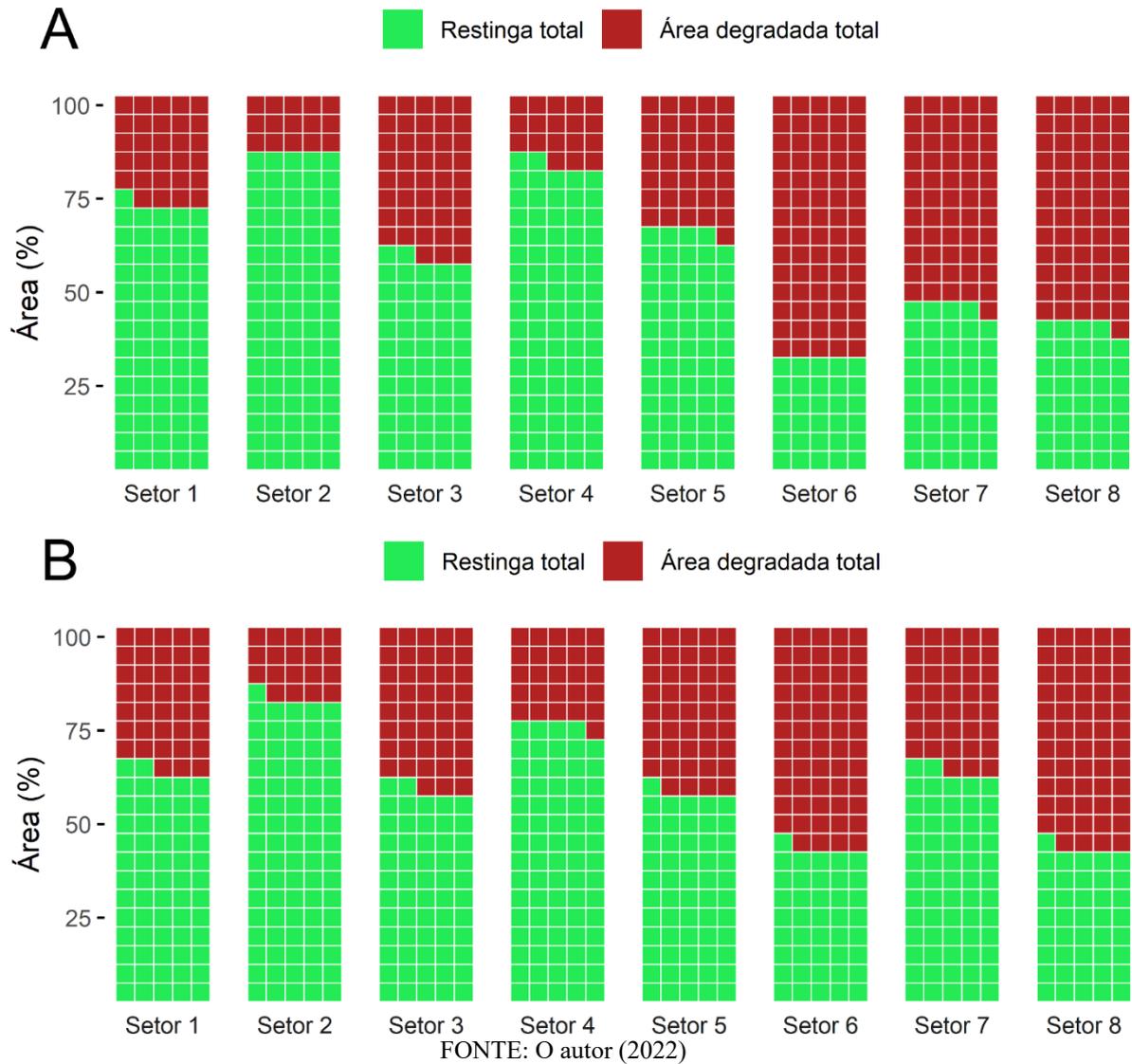
FIGURA 9 – PLACAS DE INFORMAÇÃO E ÁREAS DE LAZER NO SETOR 3



FONTE: O autor (2022).

Contudo, ainda que tenha havido aumento de degradação, os setores 2 e 4 apresentaram os maiores percentuais de áreas preservadas totais. No entanto, ainda que os setores 6 e 8 tenham demonstrado redução em sua região degradada, ambos os setores permaneceram com os maiores percentuais de degradação total (FIGURA 10).

FIGURA 10 – PORCENTAGEM DAS ÁREAS TOTAIS DE RESTINGAS DEGRADADAS E PRESERVADAS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR

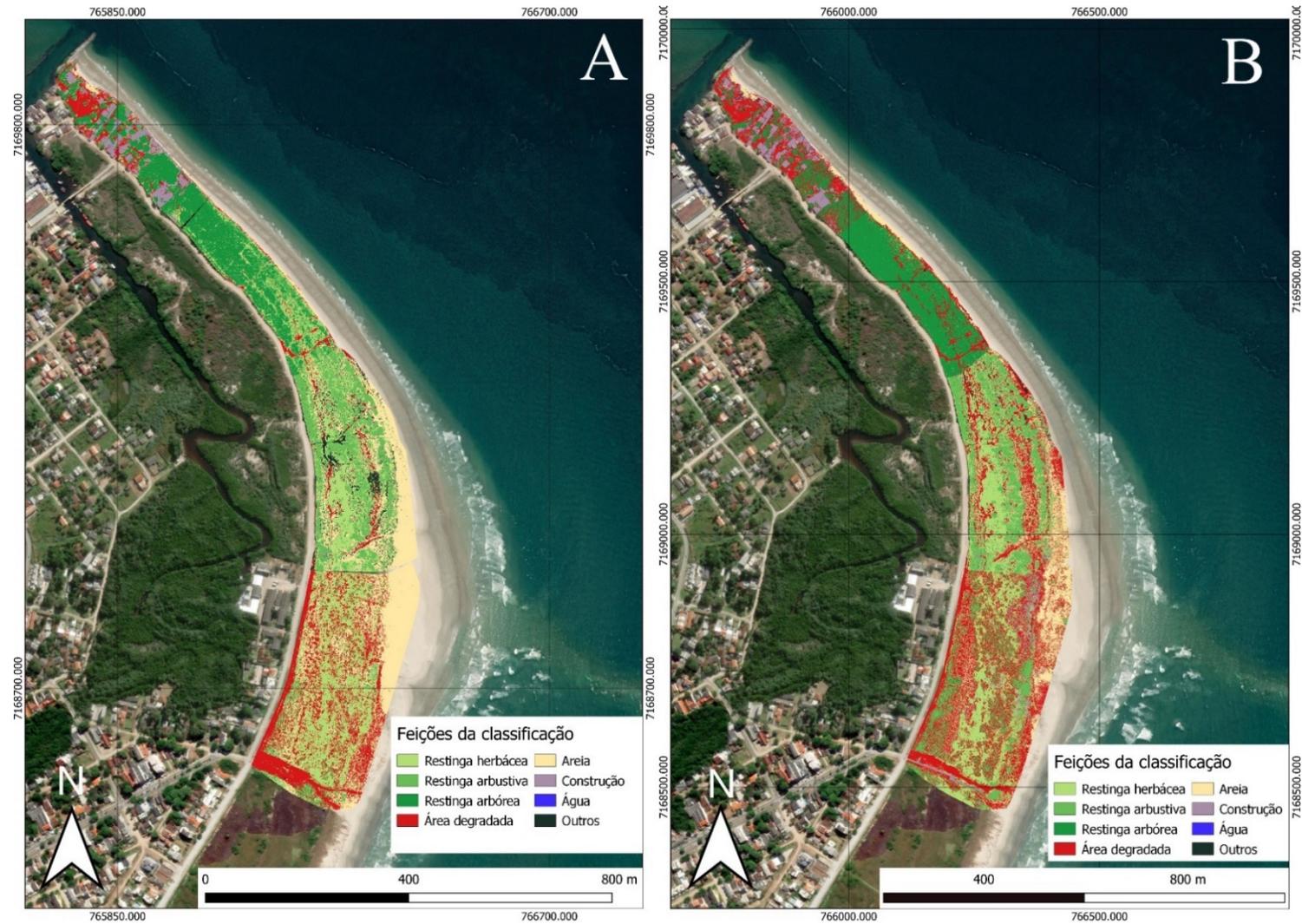


LEGENDA: (A) Percentuais das áreas de restingas conservadas e degradadas em setembro de 2020. (B) Percentuais das áreas de restingas conservadas e degradadas em setembro de 2021.

As FIGURAS 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 demonstram a classificação realizada no QGIS, dos 8 setores avaliados. Dessa forma, é possível visualizar as características de cada setor independentemente, verificando se houve o avanço ou recuo da degradação de restinga, ao longo do ano, estabelecendo-se assim, os pontos cruciais para uma futura confecção de planos de manejo e recuperação da vegetação.

A FIGURA 19 mostra exemplos de degradação da restinga encontradas neste trabalho tais como amontoados de resíduos sólidos e capinagem para fins paisagísticos.

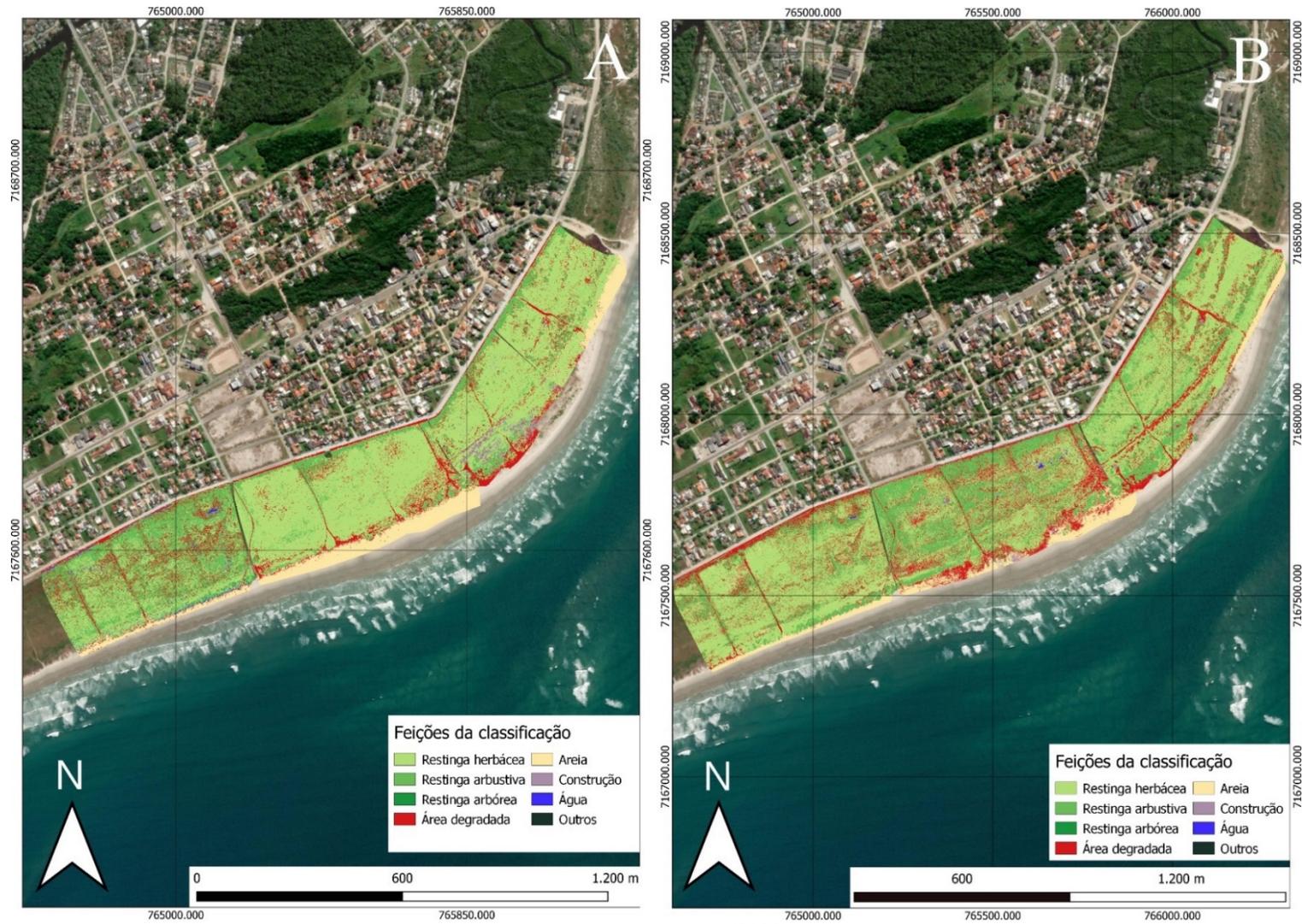
FIGURA 11 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 1 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Pontal do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

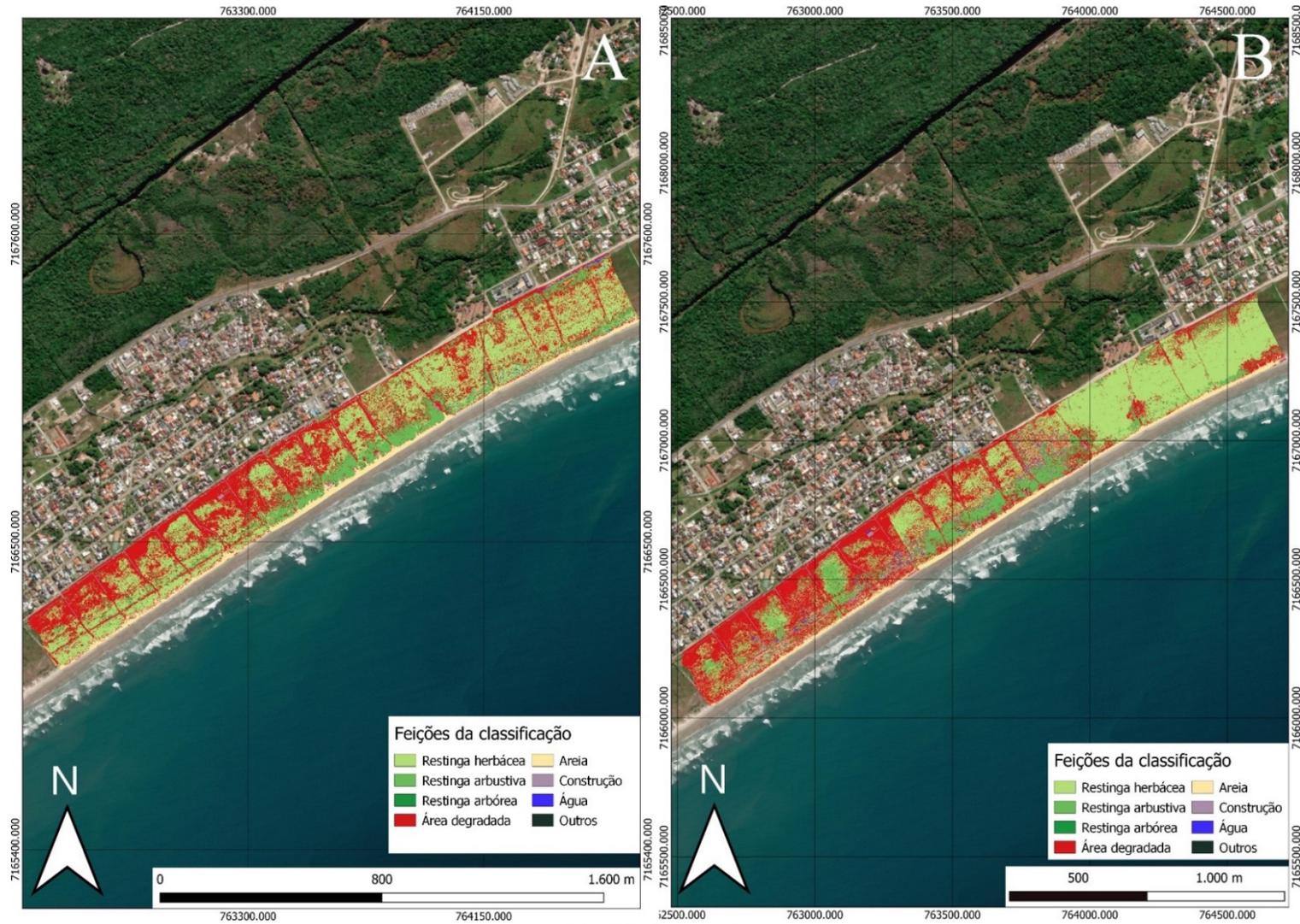
FIGURA 12 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 2 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Ponta do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

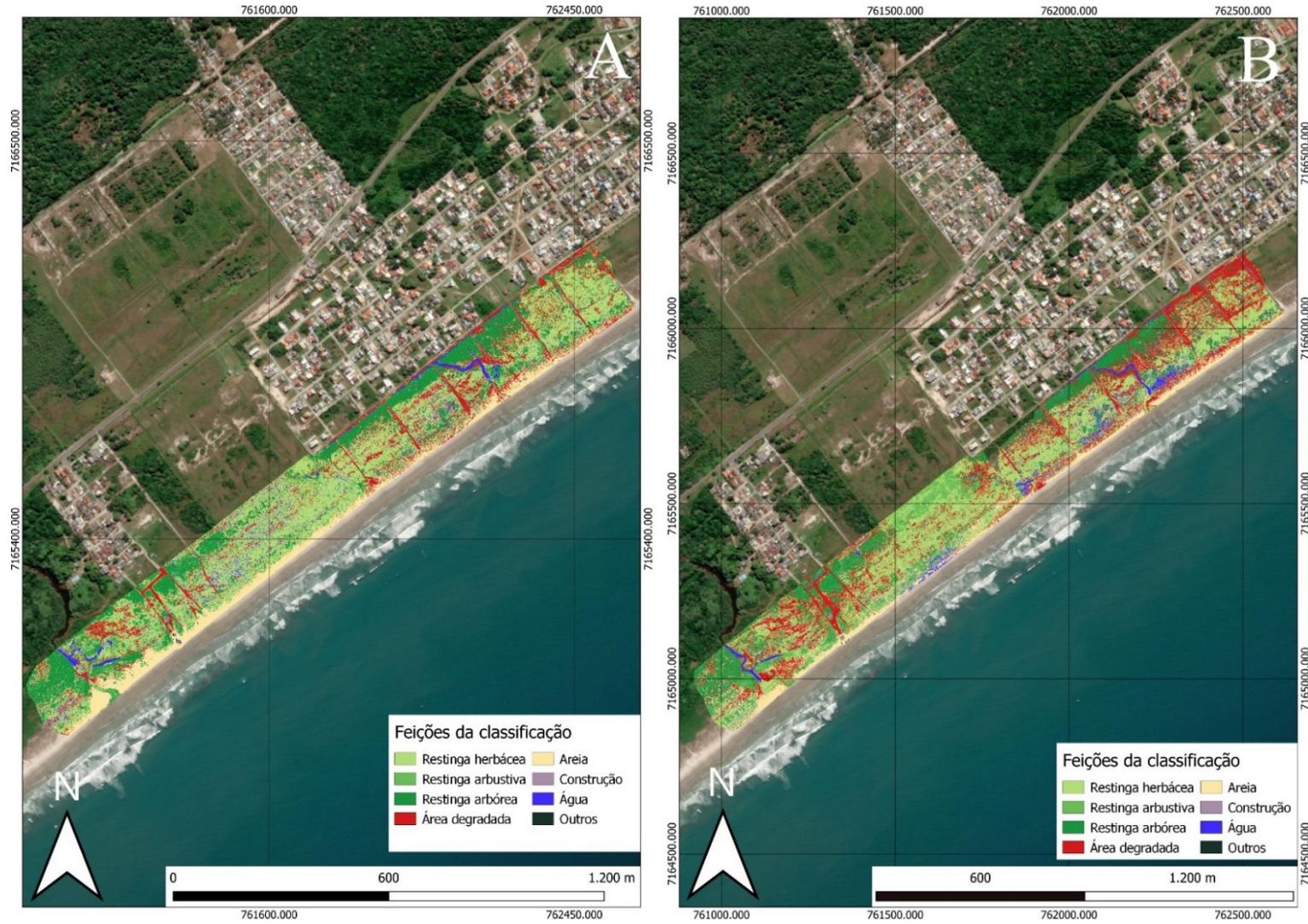
FIGURA 13 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 3 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Ponta do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

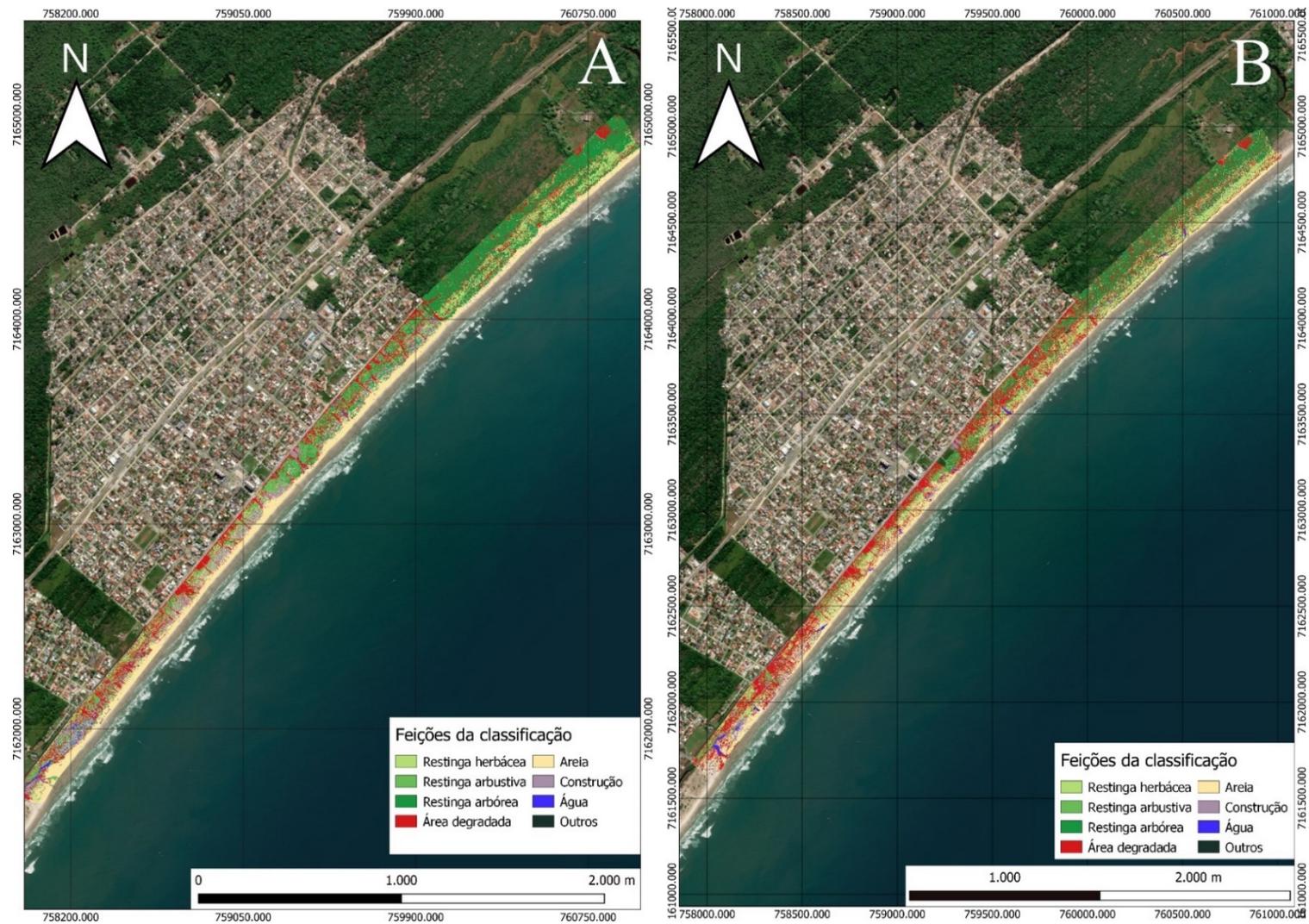
FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 4 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Pontal do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

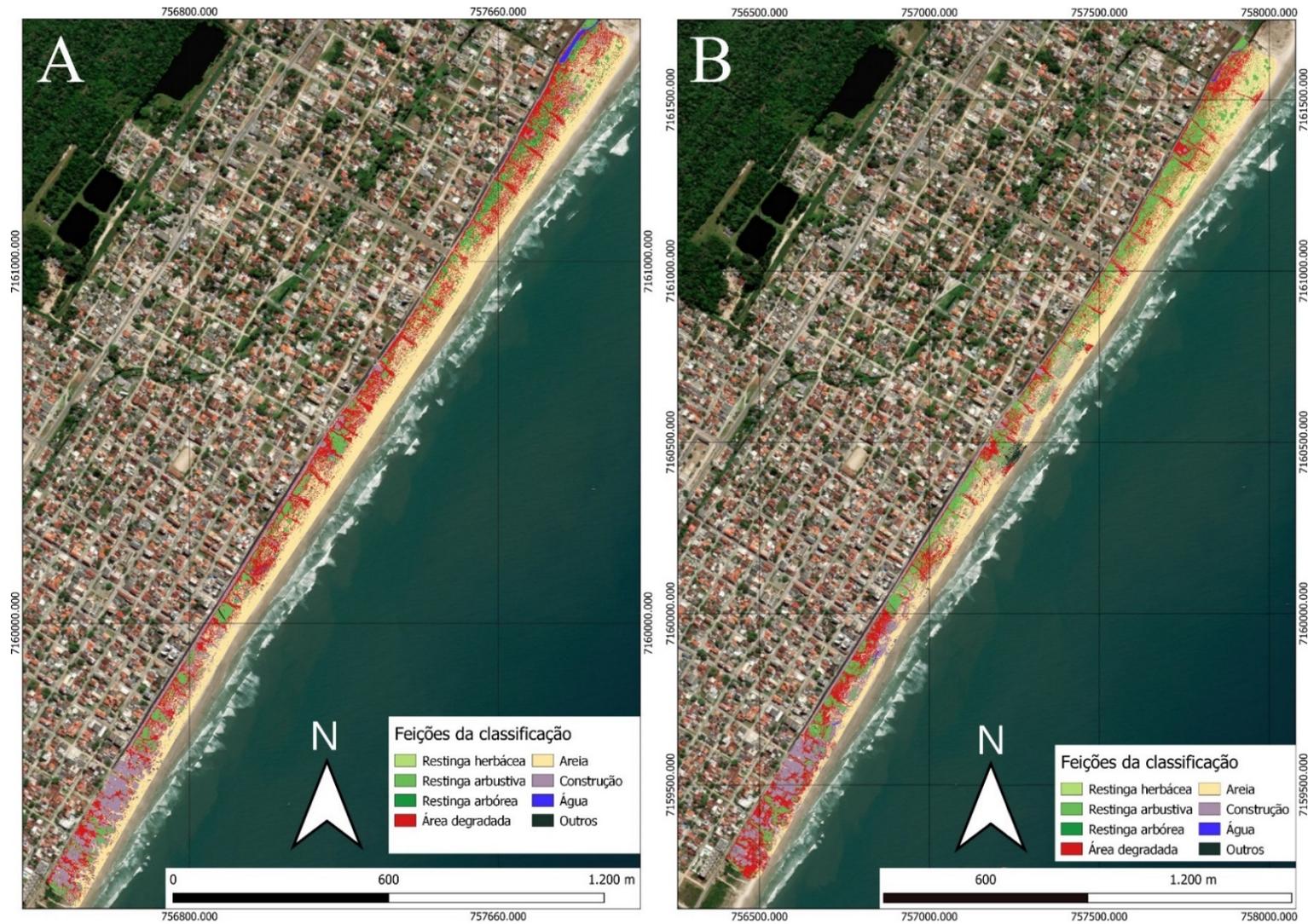
FIGURA 15 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 5 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ – PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Pontal do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

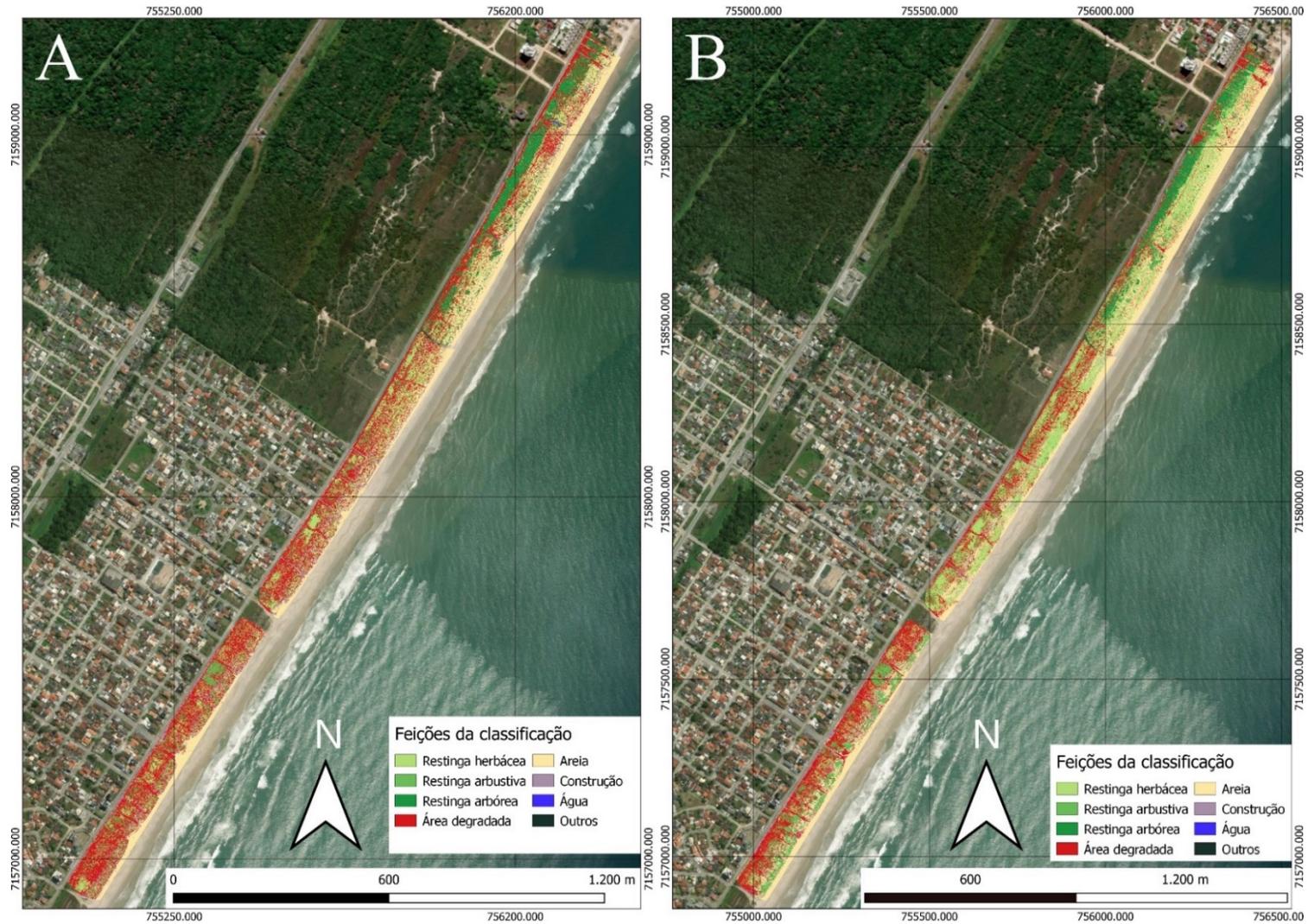
FIGURA 16 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 6 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Pontal do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

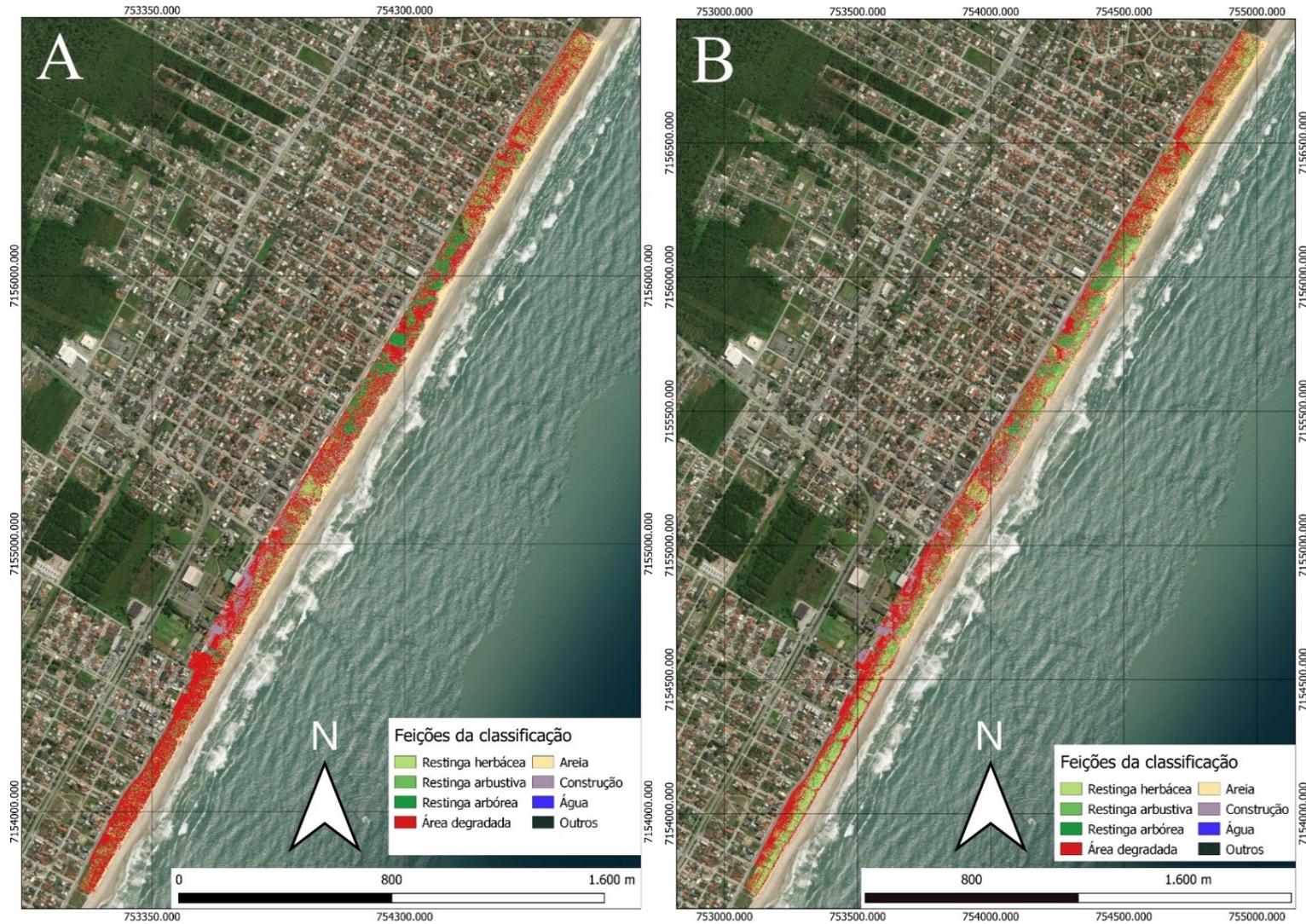
FIGURA 17 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 7 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Ponta do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S.

FIGURA 18 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA NO SETOR 8 EM SETEMBRO DE 2020 E 2021 NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ - PR



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) setembro de 2020. (B) setembro de 2021. Pontal do Paraná. EPSG: 31982, SIRGAS 2000 / UTM zone 22S

FIGURA 19 – DEGRADAÇÃO ANTRÓPICA: CAPINAGEM PARA FINS PAISAGÍSTICOS E DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS



FONTE: O autor (2022).

5 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados no trabalho sugerem que a vegetação de restinga existente no município avaliado sofre constantes degradações, sendo habitual encontrar pontos de roçada e plantio de espécies exóticas para fins paisagísticos (FIGURA 19).

Conforme relatado por Silva et al. (2018) com estudo das restingas do município de Pontal do Paraná, muitos turistas e moradores locais entendem a restinga como uma relva que atrapalha a visão do mar, apreciando praias desprovidas de vegetações, e desconhecem que a restinga é que evita o entupimento de bueiros e que sua remoção pode provocar futuros alagamentos em épocas de chuva, evidenciando a falta de conscientização e de educação ambiental por parte da população.

Porém, os casos de cortes irregulares das restingas não se restringem somente a Pontal do Paraná. O Decreto Estadual nº 3.812, de 8 de janeiro de 2020, concedia o “manejo” da vegetação de restinga dos municípios no litoral paranaense, baseadas nesse decreto, as cidades de Matinhos e Guaratuba elaboravam a supressão da restinga, alegando que a vegetação favorecia assaltos, estupros e usos de drogas, em função da sua altura. No entanto, o decreto foi revogado devido à caracterização de um possível crime ambiental já que a área é protegida pelo Código Florestal Brasileiro (DEPARTAMENTO DE IMPRENSA OFICIAL DO PARANÁ, 2020; BRASIL, 2012). Recentemente, foi publicado na mídia uma denúncia do corte da vegetação de restinga, sem a permissão dos órgãos responsáveis, elaborada por um veranista na Ilha das Peças, pertencente ao município de Guaraqueçaba (CORREIO DO LITORAL, 2022).

Este trabalho evidenciou a presença de resíduos sólidos nas restingas. A disposição irregular de resíduos pode promover a disseminação e veiculação de doenças como a dengue, transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* e muito comum no litoral paranaense, e a proliferação de roedores e insetos como as baratas, o que pode colocar em risco a saúde pública e dos animais que ali fazem o seu habitat, como as corujas-buraqueira ao ingerir os resíduos (OSRI, 2021; SILVA et al., 2018).

Avaliações ambientais utilizando-se drones, como as realizadas neste trabalho, apresenta a vantagem de ter acesso a lugares que, *in loco*, tornaria o estudo oneroso, perigoso e até insalubre como em florestas, encostas e aterros sanitários (SILVA et al., 2021).

Apesar disso, a metodologia empregada no uso imageamento remoto e de drones para o monitoramento da restinga é consideravelmente recente, dificultando a comparação dos resultados com outros trabalhos.

No município vizinho de Matinhos, por exemplo, Martini et al. (2004) utilizaram imagens de satélites para estimar a área de restinga, e dos 3,92 ha avaliados, somente 26,08% do local apresentou vegetação. Já com o uso de drones, Pinto e Motta (2021) realizaram o monitoramento das principais praias da orla de Vila Velha (ES), e o estudo demonstrou 3,18 ha (9,49%) de vegetação arbórea de uma área mapeada de 33,52 ha.

Já no estudo realizado por Prandini, Correa e Silva (2021a) no mês de dezembro de 2020, em Pontal do Paraná, em que se empregou a metodologia similar à utilizada neste trabalho, os resultados relatados corroboram com os apresentados nos meses de setembro de 2020 e 2021. A restinga total avaliada foi de 289,08 ha, sendo que em 184 ha (63,5%) encontrava-se preservada e em 105,45 ha (36,5%) degradada, enquanto neste trabalho foram identificados 289,17 ha de vegetação de restinga para 2020 e 299,96 ha em 2021. A área preservada total em 2020 foi de 177,95 ha (61,54%) e 106,18 ha (36,72%) de área degradada total. Em 2021, a área preservada total apresentou 178,66 ha (59,56%) e 116,52 ha (38,85%) de área degradada total, sugerindo que a metodologia empregada apresenta repetibilidade dos resultados.

Além disso, trabalho semelhante com análise de ortofotos de vegetações de restingas no município de Pontal do Paraná, utilizando o plugin dzetsaka, como utilizado neste estudo, apresentou altos índices de acurácia dos dados (90%), sugerindo confiabilidade nos dados obtidos (PRANDINI; CORREA; SILVA., 2021b).

Como evidenciado neste trabalho, houve um aumento da vegetação de restinga de aproximadamente 10,79 ha (3,73%). Tal crescimento de vegetação pode ter sido causada devido à pandemia do coronavírus (COVID-19), pois a prefeitura do município de Pontal do Paraná proibiu o acesso às praias da cidade como medida de prevenção ao contágio pelo coronavírus, que se deu início pelo Decreto nº 8.575 de 17 de março de 2020 (PONTAL DO PARANÁ, 2020).

Devido à ocupação desordenada ocorrida no município, não existe linearidade de ocupação urbana nos balneários, portanto, alguns apresentam degradação acentuada da restinga em relação a outros.

Construções irregulares foram verificadas em todos os setores. No Balneário de Pontal do Sul localizada no Setor 1 deste trabalho, por exemplo, no ano de 2021 foi observada uma construção em sua restinga que não havia quando no início dos trabalhos em setembro de 2020. Isso evidencia que a falta de fiscalização é um dos entraves para a preservação dessa APP.

Devido à ocupação populacional irregular nas proximidades da praia, os setores diferem em relação à largura de sua vegetação. Do Setor 1 ao 5, por exemplo, a restinga apresenta uma

largura superior aos outros setores, onde a ocupação é próxima da linha preamar, ocorrendo a supressão da vegetação, tornando-a estreita.

Com este estudo, os resultados permitem analisar os balneários que mais sofreram impacto em sua vegetação de restinga, favorecendo a fiscalização e, caso necessário, a aplicação de multa ou pena, previstas pela Lei nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998).

Os dados neste trabalho são importantes também para gerar planos de manejo em unidades de conservação e em regiões de altos índices vegetacionais, uma vez que foi possível verificar quais regiões da extensa orla de restinga do município estão mais impactadas, como a do Setor 6.

O plano de manejo inicia-se pelo diagnóstico ambiental da área, avaliando as diversas atividades econômicas e sociais, as ocupações no seu entorno e suas pressões socioambientais, definindo posteriormente os usos apropriados para a preservação e conservação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022; SILVA e ZANDONA, 2022; SILVA, 2014).

Como foi evidenciado que alguns balneários estão sofrendo maior impacto do que outros, o poder público poderá estabelecer planos de gestão diferenciados para cada um dos setores, otimizando o processo de gestão ambiental.

Apesar disso, a prefeitura de Pontal do Paraná, publicou o Decreto Municipal nº 10.207, de 18 de março de 2022, declarando de utilidade pública e interesse social a área de preservação permanente da orla do município. O decreto propõe atender as demandas de interesse público e social, implementando faixas de calçamento para passeio e ciclovia, acessos à praia, iluminação e instalação de equipamentos públicos como bancos, lixeiras e equipamentos de ginástica (PONTAL DO PARANÁ, 2022).

Isso aponta a necessidade da continuidade dos trabalhos de monitoramento da restinga de Pontal do Paraná, em razão da sua grande importância tanto ambiental quanto social, e que essa vegetação está constantemente sofrendo alterações antrópicas, devido à proximidade humana, e de interesse públicos e difusos.

É importante também ressaltar a necessidade do poder público municipal de implementar projetos de conscientização e educação ambiental, visto que muitas pessoas não têm o conhecimento da importância da vegetação de restinga.

Os programas ambientais precisam sensibilizar a população de que essa vegetação única exerce uma série de bens e serviços socioambientais, além de ser um ecossistema rico de espécies de flora e fauna endêmica, e exaltar que todos os cidadãos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e cabe ao poder público defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, conforme previsto na Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Apesar da classificação das feições das restingas poder estar sujeita a erros, visto que pode haver sobreposição de pixels e/ou interpretações equivocadas do operador para delimitação dos polígonos, conforme alerta Prandini, Correa e Silva (2021b), em síntese, a metodologia aplicada para o monitoramento ambiental da restinga utilizando drones indicou ser uma ferramenta de grande aplicabilidade para avaliar a qualidade ambiental, e possibilitou obter resultados rápidos e com baixo custo operacional.

Sugere-se a continuidade deste projeto para avaliar a dinâmica vegetacional da restinga frente aos impactos antrópicos no período de alta e baixa temporadas, bem como estimar as taxas de recuperação e ou de sua degradação, de modo a auxiliar o poder público na tomada de decisões e na gestão ambiental dos recursos ambientais.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho é possível concluir o seguinte:

- dos 289,17 ha de restinga avaliados em 2020, 61,54% estão preservados e 36,72% degradados;
- em 2021, dos 299,96 ha avaliados, 59,56% estão preservados e 38,85% degradados;
- houve um aumento de 3,73% da área total da vegetação avaliada de restinga de setembro de 2020 para setembro de 2021;
- a restinga de Pontal do Paraná, vem sofrendo degradação antrópica em toda sua extensão, no entanto, há locais em que o impacto é mais acentuado;
- em setembro de 2020, o Setor 6 apresentou o menor valor de preservação total de restinga, apresentando apenas 5,40 ha, enquanto, o Setor 2 demonstrou o maior valor de preservação com 44,07 ha;
- em 2021, o Setor 6 permaneceu com a menor taxa de preservação, apresentando 8,14 ha, e o Setor 2 com a maior, contendo 43,55 ha;
- de setembro de 2020 para setembro de 2021, os setores 1, 2, 4 e 5 reduziram o percentual de sua área preservada total em relação à degradação total, respectivamente em 9%, 4%, 6% e 8%;
- já os setores 6, 7 e 8 mostraram um aumento em sua área preservada, sendo que o Setor 6 apresentou o maior percentual de recuperação, com aproximada 21%, seguido de 19,8% do Setor 7 e 2% do Setor 8;
- os dados encontrados indicam que as restingas estão em processo de degradação devido à ação entrópica, e
- a metodologia aplicada mostrou ser uma ferramenta aplicável para avaliar a qualidade ambiental das restingas, pois possibilitou imagens de alta definição para as análises.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Emissão de certificado de autorização de voo experimental para veículos aéreos não tripulados**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://pergamum.anac.gov.br/arquivos/IS21-002A.PDF>>. Acesso em: 13 mai. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Orientações para usuários de drones**. Assessoria de Comunicação Social – ASCOM, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Quantidade de Cadastros – Drones**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/quantidade-de-cadastros>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- ALEIXO, A. L. P. et al. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. 2010.
- ALMEIDA, A. M. Nematoides associados a fitotelma de bromélias no ecossistema de restinga: fatores que afetam a estrutura das comunidades. 2017.
- ARANTES, B. et al. Aplicações com drone na agricultura. **Anais da Semana Agronômica da Faculdade Evangélica de Goianésia**, v. 8, nº 2018.
- ARAÚJO, A. P. F. de. **A importância da restinga e sua relação com o turismo: ação de sensibilização ambiental em uma escola de Matinhos Paraná**. Monografia (tecnólogo em gestão do turismo). Universidade Federal do Paraná, setor litoral, Matinhos, 2016.
- ARAÚJO, D. S. D.; LACERDA, L. D. de. A natureza das restingas. **Ciência hoje**, v. 6, nº 33, 1987.
- ARAUJO, D. S. D. de; HENRIQUES, R. P. B. **Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. Restingas: origem, estrutura e processos**, v. 1, 1984.
- AZEVEDO, L. G. de; VERDESIO, J. J. **O uso de sensores remotos e do processamento de dados na identificação de ambientes de importância zoogeográfica**. In: MELLO, M.T. (ed.). A climatologia no Brasil. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Primatologia, 1984.
- BARCELOS, A. C. O uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) em monitoramentos de campo: aplicabilidades e viabilidades. 2017.
- BASTOS, M. de N. do C. A importância das formações vegetais da restinga e do manguezal para as comunidades pesqueiras. 1995.
- BENSON, B. J.; MACKENZIE, M. D. Effects of sensor spatial resolution on landscape structure parameters. **Landscape Ecology**, v. 10, nº 2, 1995.
- BIGARELLA, J. J. Matinho: homem e terra: reminiscências. **ICON Group International**, 1991.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Código Florestal. **Diário Oficial da União**, DF, 2012.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. AIC-N 21/10: veículos aéreos não tripulados. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3499>>. Acesso em: 13 mai. 2021.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Art 225.

BRASIL. Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, DF, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, DF, 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 007 de 23 de julho de 1996. **Diário Oficial da União**, DF, nº 165, 1996.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Complementada pela Resolução nº 302/02. Alterada pela Resolução nº 341/03. Revoga a Resolução no 4/85. **Diário Oficial da União**, DF, nº 90, 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 417 de 23 de novembro de 2009. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e dos estágios sucessionais secundários da vegetação de Restinga na Mata Atlântica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, DF, nº 223, 2009.

CARPENTER, G. A. et al. ART neural networks for remote sensing: vegetation classification from Landsat TM and terrain data. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, nº 2, 1997.

CI-BRASIL (CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos. **Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, IPÊ, SMA-SP & SEMAD-MG**. 2000.

CORREIO DO LITORAL. **Moradores denunciam destruição da restinga na Ilha das Peças**. 2022. Disponível em: <<https://www.correiodolitoral.com/48906/noticias/guaraquecaba/moradores-denunciam-destruicao-da-restinga-na-ilha-das-pecas/>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

DA SILVA, C. A. et al. Diagnóstico da restinga de Pontal do Paraná, litoral paranaense, através da utilização de drones. **Revista Técnico-Científica**, nº 14, 2018.

DAVIS, S. M. et al. Remote sensing: the quantitative approach. New York, 1978.

DE AZEVEDO, E. C.; DE CARVALHO M., J. A. Mapeamento de uso das terras utilizando processamento digital de imagem de sensoriamento remoto. **Embrapa Monitoramento por Satélite**. p. 12, 2001.

DEPARTAMENTO DE IMPRENSA OFICIAL DO PARANÁ. **Diário Oficial do Paraná**, ed. nº 10600. 2020. Disponível em: <<https://www.imprensaoficial.pr.gov.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

DOS SANTOS GUEDES, Juliana; KRUPED, R. A. Características ecológicas e fitossanidade de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa da região sudeste do estado de São Paulo. **Ambiência**, v. 13, 2017.

EISENBEISS, H.; SAUERBIER, M. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. **The Photogrammetric Record**, v. 26, nº 136, 2011.

FAZION, F. Elementos para embasar uma proposta de intervenção paisagística na orla de Pontal do Paraná. **Divers@!**, v. 6, nº 2, 2013.

FELIX, F. C; POMAR, F. A; SILVA, M. L. N; MINCATO, R.M. Mapeamento da cobertura vegetal a partir de imagens de alta resolução obtidas por VANT. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. **Instituto de Geociências – UNICAMP**. Campinas, jul. 2017.

FLORENZANO, T. G. Iniciação ao Sensoriamento Remoto. São Paulo: **Oficinas de Textos**, 2007. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro**. Lei Estadual nº 10.019, São Paulo, 1998.

FONSECA, ELIENE MACIEL DOS SANTOS; DE ARAUJO, ROSIVALDO CORDEIRO. **Fitossanidade: Princípios Básicos e Métodos de Controle de Doenças e Pragas Vegetais**. Saraiva Educação SA, 2015.

HOERLLE, G. S. et al. Monitoramento de áreas de proteção permanente através de imagens e ortofotos geradas por VANTS e fotogrametria. **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS)**. Porto Alegre, 2015.

HOLZER, W.; CRICHYNO, J.; PIRES, A. C. Sustentabilidade da urbanização em áreas de restinga: uma proposta de avaliação pós-ocupação. **Paisagem e ambiente**, nº 19, 2004.

IBGE. Conheça o Brasil - Território. **Biomias Brasileiros**, 2021. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomias-brasileiros.html>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

IBGE. **População estimada em 2017**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=4115705>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico Município de Matinhos**. Dezembro de 2016. Disponível em: <<https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Cadernos-municipais>>. Acesso em: 9 jun 2021.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL. Algumas características físicas e de cobertura arbórea do estado do Paraná. **Fundação Edison Vieira**. Curitiba. 1986.

JASTER, C. B. A estrutura como indicadora do nível de desenvolvimento sucessional de comunidades arbóreas da restinga. Tese (Doutor em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, 2012.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação**, 2014.

KARASIAK, N. **Dzetsaka Qgis classification plugin**. 2016. Disponível em: <<https://github.com/nkarasiak/dzetsaka>>. Acesso em: 22 out. 2020.

KOELHERT, S.; DE HOLANDA, F. M. Preservação da Mata Atlântica na Comunidade de São Luís, Santa Marida de Jetibá, ES. 2014.

KRAICZEI, T. Estudo de caso em três áreas de restinga no litoral do Paraná, como ferramenta de educação ambiental. Universidade Federal do Paraná, Matinhos, 2015.

LEITE, Germano Leão Demolin et al. Efeito do AIB sobre a qualidade e fitossanidade dos alporques de influência da *Caryocar brasiliense* Camb (*Caryocaraceae*). **Revista Árvore**, v. 31, 2007.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. Remote sensing and image interpretation. **John Wiley & Sons**, 2015.

MARQUES, M.; OLIVEIRA, P. E. A. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 27, n. 4, 2004.

MARTINI, L. et al. Estudo das áreas de restinga utilizando sensoriamento remoto e topografia na região litorânea de Matinhos-PR. **I Simpósio de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação**, 2004.

MENDONCA, F. J. Sensoriamento remoto aplicado a agricultura: princípios básicos, metodologia e aplicações. INPE, 1981.

MENEZES, L. T. F.; ARAUJO, D. S. D. Estrutura de duas formações vegetais no cordão externo da Restinga da Marambaia, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, nº 2, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de manejo**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/plano-de-manejo.html>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e campos sulinos. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2000.

NASCIMENTO, M. M. K. Restingas do litoral paranaense: da proteção legal à necessária efetivação de políticas públicas ambientais em prol da preservação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ORSI, H. S.; MESTRE, L. A. M.; RECHETELO, J. Caracterização dos sítios reprodutivos da coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) em uma área de restinga de Pontal do Sul, litoral do Paraná. **Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 10, 2021.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, nº 2, 2012.

PARK, S. K.; SCHOWENGERDT, R. A. Image reconstruction by parametric cubic convolution. *Computer vision, graphics, and image processing*, v. 23, nº 3, 1983.

PETKOV, L. et al. Study and modelling of temperature spatial variability by NOAA-AVHRR thermal imagery. **ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 51, nº 3, 1996.

PIERRI, N. et al. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, 2006.

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, 2006.

PINTO, S. A. F. et al. Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 13, nº 1, 1989.

PINTO, C. R. M. O significado ambiental da *Terminalia catappa* (Castanheira) na Arborização da orla litorânea de Vila Velha (ES). **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 4, nº 1, 2021.

PONTAL DO PARANÁ. Decreto municipal nº 10.207, de 18 de março de 2022. “**Declara de Utilidade Pública e Interesse Social Área de Preservação Permanente (APP), da Orla do Município de Pontal do Paraná**”. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/blwzr>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

PONTAL DO PARANÁ. Decreto municipal nº 1120, de 2002. Cria a “**Unidade de Conservação**” do Município de Pontal do Paraná. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/djnvi>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

PONTAL DO PARANÁ. Decreto municipal nº 4145, de 13 de dezembro de 2012. Cria “**Unidade de Conservação no Município de Pontal do Paraná**”. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/cfniv>>. Acesso em: 10 de abr. 2021.

PONTAL DO PARANÁ. Decreto municipal nº 8.575, de 17 de março de 2020. **Dispõe sobre medidas de prevenção ao contágio pelo CORONAVÍRUS (COVID-19) no Município de Pontal do Paraná**. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/owbsx>>. Acesso em: 6 de abr. 2022.

PONTAL DO PARANÁ. Lei municipal nº 554, de 6 de dezembro de 2004. **Estabelece a política ambiental do município de Pontal do Paraná e dá outras providências.** Disponível em: <<http://leismunicipa.is/ihsdn>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

PRANDINI, M. K.; CORREA, A. D. O.; SILVA, C. A. da. Drones for environmental assessment. 1. ed. Republic of Moldova: **Our Knowledge Publishing**, v. 1, 2021a.

PRANDINI, M. K.; CORREA, A. D. O.; SILVA, C. A. da. Avaliação do índice de acurácia de dados obtidos através de imagens de drones para aplicação em análise ambiental de restingas. In: Frederico Celestino Barbosa. (Org.). **Tópicos em Ciências Exatas e da Terra**. 2 ed. Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre, v. 2, 2021b.

PREFEITURA DE PONTAL DO PARANÁ. **Área irregular em Ipanema**. 2021. Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1426228>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PUERTAS, L. L.; TONETTI, E. L. Mapeamento da restinga herbácea através de imagens Google Earth para os anos de 2001 e 2015, com ênfase na legislação ambiental e revitalização da orla do município de Matinhos - litoral do Paraná. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, nº 26, 2016.

RODERJAN, C. V. et al. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 24, nº 1, 2002.

ROUGHGARDEN, J.; RUNNING, Steven W.; MATSON, Pamela A. What does remote sensing do for ecology? **Ecology**, v. 72, nº 6, 1991.

SANTOS, T. T.; KOENIGKAN, L. V. Produção de ortomapas com VANTs e OpenDroneMap. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2018. **Circular Técnica**, 05. Disponível em: <<https://tinyurl.com/ydgb9cgj>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. **A vegetação de restinga no estado de São Paulo**. 2021. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/a-vegetacao-de-restinga-no-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

SILVA, C. Gestão da biodiversidade: os desafios para o século XXI. **Intersaberes**, 2014.

SILVA, C. A.; ZANDONA, E. **Ecologia aplicada à engenharia ambiental e sanitária. Engenharia ambiental e sanitária**, vol. 1. ed. 1. SILVA, C. A. (Org.). Pontal do Paraná, 2022.

SILVA, C. et al. Uso de drones para estimar o volume de resíduos sólidos aparentes e diagnosticar as condições ambientais de um aterro sanitário no litoral do estado do Paraná - Brasil. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, v. 25, 2021.

STEFANELLO, A. C. Percepção de riscos naturais: um estudo dos balneários turísticos Caiobá e Flamingo em Matinhos (PR). Curitiba, Brasil, 2006.

SZEKIELDA, K. **Satellite monitoring of the earth**. New York, Wiley-Interscience, 1988.

TOMLINS, G. F. Some considerations in the design of low cost remotely-piloted aircraft for civil remote sensing applications. **The Canadian Surveyor**, v. 37, nº 3, 1983.

VANZ, J. G. **Visedu-drone: módulo de integração com robot operating system**. Monografia (graduação em ciência da computação) – Universidade Regional de Blumenau. 2015.

WORLD WIDE FOUND – BRASIL (WWF-BRASIL). **Ecodrones**. 2021. Disponível em: **Erro! A referência de hiperlink não é válida.**>. Acesso em: 15 mai. 2020.

WORLD WIDE FOUND – BRASIL (WWF-BRASIL). **Visão da biodiversidade da ecorregião: Serra do Mar**. Brasília. 2011. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/mata_atlantica/mata_atlantica_acoes_resultados/planejamento_de_paisagem/visao_de_biodiversidade_da_serra_do_mar/>. Acesso em: 9 abr. 2021.