

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Thiago Lorencetti Ehlert

**Efeito do lançamento de efluente de lagoa de evapoinfiltração sobre vegetação
de restinga no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição
(Florianópolis, SC)**

Florianópolis

2023

Thiago Lorencetti Ehlert

**Efeito do lançamento de efluente de lagoa de evapoinfiltração sobre vegetação
de restinga no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição
(Florianópolis, SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Michele de Sá Dechoum

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ehlert, Thiago Lorencetti

Efeito do lançamento de efluente de lagoa de
evapoinfiltração sobre vegetação de restinga no Parque
Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição
(Florianópolis, SC) / Thiago Lorencetti Ehlert ;
orientador, Michele de Sá Dechoum, 2023.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis,
2023.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Restinga. 3. Lançamento de
efluente de esgoto doméstico. 4. Parque Natural Municipal
das Dunas da Lagoa da Conceição . 5. Ecossistemas
costeiros. I. Dechoum, Michele de Sá. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas.
III. Título.

Thiago Lorencetti Ehlert

**Efeito do lançamento de efluente de lagoa de evapoinfiltração sobre vegetação de restinga no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição
(Florianópolis, SC)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas

Florianópolis, 22 de junho de 2023.

Prof^a. Dr^a. Daniela Cristina de Toni
Coordenadora do Curso

Banca examinadora

Prof^a. Dr^a. Michele de Sá Dechoum
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Dr^a. Mariana Coutinho Hennemann
Avaliadora
Fundação Municipal do Meio Ambiente - FLORAM

Prof^a. Dr^a. Mayara Krasinski Caddah
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof^a. Dr^a. Tânia Tarabini Castellani
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Stanley e Eliane, meu irmão Jonathan e minha avó Regina que, mesmo de longe, me apoiaram e sem eles este trabalho não teria sido realizado.

À minha orientadora Michele por sua paciência e apoio durante o desenvolvimento do trabalho e por todos os ensinamentos e revisões.

À toda a equipe do LEIMAC pelas experiências e bons momentos compartilhados.

Ao Everton pela ajuda em campo e na identificação das espécies.

Aos meus colegas da graduação, em especial ao Gabriel, Santiago e Victor pela parceria nos trabalhos e estudos, almoços no RU e por todos os momentos que passamos nesses anos.

Aos meus colegas de apartamento, Cauê, Djuliano e Miguel, com quem passei boa parte do meu tempo nesses anos de graduação e compartilhei momentos muito bons, que tornaram meus dias mais leves.

À FLORAM pela autorização E103590/2021 para a realização deste projeto de pesquisa.

RESUMO

As restingas são complexos vegetacionais que representam importantes habitats no bioma Mata Atlântica ao longo da costa brasileira. No entanto, são ambientes sob constante ameaça pelo histórico de ocupação humana no litoral brasileiro e pela intensificação da degradação antrópica que vem ocorrendo nas últimas décadas. Em 2021, houve o rompimento da barragem de uma lagoa de evapoinfiltração que armazenava efluente tratado de esgoto doméstico, localizada em uma estação de tratamento inserida no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC). Esse desastre gerou significativos e negativos impactos sociais, econômicos e ambientais na região. Como forma de escoar o excesso desse efluente e evitar novos rompimentos, foi implantado um sistema emergencial de bombeamento para uma área de dunas, dentro do Parque. No local são observados processos erosivos e carreamento de sedimentos, além da formação de uma lagoa artificial em local onde não havia corpos d'água naturais. Neste cenário, o presente trabalho avaliou o impacto do lançamento desse efluente sobre vegetação de restinga protegida pelo Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC). Para tanto, a vegetação foi comparada entre a área afetada diretamente pelo lançamento do efluente e uma área adjacente não afetada diretamente. Avaliou-se temporalmente a porcentagem de solo exposto, o soterramento, o vigor e a cobertura das espécies herbáceo-subarborescentes presentes, além da riqueza, diversidade e composição da comunidade vegetal, durante os meses de novembro de 2021 a agosto de 2022. Os valores de soterramento, vigor da vegetação, riqueza, diversidade, cobertura e composição de espécies diferiram entre as duas áreas. A diminuição da riqueza e a alteração na composição de espécies observadas na área artificial reforçam a necessidade de implementação de medidas para a restauração desse ambiente. Destaca-se, ainda a recomendação para a interrupção de lançamento de efluente sobre a vegetação de restinga, uma vez que se configura um fator de degradação em uma unidade de conservação.

Palavras-chave: Degradação ambiental; Degradação antrópica; Ecossistemas costeiros; Perda de diversidade biológica; Poluição; Unidade de Conservação.

ABSTRACT

Restingas are vegetation complexes that represent important habitats in the Atlantic Forest biome along the Brazilian coast. However, they are under constant threat due to the history of human occupation of the Brazilian coast as well as the intensification of anthropic degradation that has occurred in recent decades. The dam of an evapoinfiltration lagoon that stores treated effluent from domestic sewage, located in a treatment plant inserted in the Dunas da Lagoa da Conceição Municipal Park (Florianópolis, SC) broke in 2021. This disaster generated significant negative social, economic, and environmental impacts in the region. To drain the excess of this effluent and avoid new ruptures, an emergency pumping system was implemented in a dune area within the Park borders. At the site, erosive processes and sediment carriage have been observed, in addition to the formation of an artificial lagoon in a place where there were no nature water bodies. In the present study we assessed the impact of the discharge of this effluent on restinga vegetation protected by the Dunas da Lagoa da Conceição Municipal Park (Florianópolis, SC). To this end, the vegetation was compared between the area directly affected by the effluent discharge and an adjacent non directly affected area. The percentage of exposed soil, burial, vigor and cover of the herbaceous-subshrub species present, and the richness, diversity and composition of the plant community were temporally evaluated during the months of November 2021 to August 2022. Values for burial, vegetation vigor, species richness, diversity, cover and composition differed between the two areas. The decrease in species richness and the change in composition species observed in the artificial area reinforce the need to implement measures for the restoration of the degraded area. There is also the recommendation to stop the discharge of effluent on the restinga vegetation, a degradation factor in this protected area.

Keywords: Environmental degradation; Anthropic degradation; Coastal ecosystems; Loss of biological diversity; Pollution; Conservation Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	14
Figura 2 – Áreas de amostragem no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	15
Figura 3 – Quadrado de PVC e estaca de madeira utilizadas na amostragem da vegetação no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	17
Figura 4 – Valores médios e desvios padrão de soterramento nas áreas artificial e natural amostradas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	19
Figura 5 – Porcentagens das espécies em cada condição nas áreas amostradas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil) em cada uma das estações	20
Figura 6 – Boxplot da cobertura média de espécies por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	21
Figura 7 – Boxplot da riqueza de espécies por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	22
Figura 8 – Boxplot da porcentagem de solo exposto por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	23
Figura 9 – Riqueza e diversidade de espécies estimada por rarefação em cada área e em cada estação no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	24/25
Figura 10 – Cobertura média (%) das espécies por parcela nas quatro estações em cada área amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	27
Figura 11 – Gráficos nMDS comparando a composição de espécies entre as áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1	SISTEMA DE ESTUDO	12
2.2	DELINEAMENTO AMOSTRAL E COLETA DE DADOS EM CAMPO	14
2.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	18
3	RESULTADOS	19
3.1	VARIAÇÃO TEMPORAL NO SOTERRAMENTO	19
3.2	VIGOR DA VEGETAÇÃO	19
3.3	COBERTURA E RIQUEZA DE ESPÉCIES E PORCENTAGEM DE SOLO EXPOSTO.....	20
3.4	RIQUEZA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES POR ÍNDICES	23
3.5	COBERTURA DE CADA ESPÉCIE POR PARCELA.....	25
3.6	COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	28
4	DISCUSSÃO	28
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32
	APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES	37

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano. Originalmente estendia-se continuamente pela costa brasileira, correspondendo a 15% do território brasileiro, chegando também ao Paraguai e à Argentina (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2001). Já foram catalogadas pelo menos 19.355 espécies de plantas e aproximadamente 2.200 espécies de vertebrados, com 39,5% e 43% de endemismo, respectivamente. (MYERS et al., 2000; ROCHA et al., 2004; 2007; PAGLIA & PINTO, 2010; FORZZA *et al.*, 2012). No entanto, o Bioma já perdeu mais de 93% de sua área original, devido a diversos fatores relacionados à presença humana. Por causa da sua degradação e por possuir quantidades excepcionais de espécies endêmicas, a Mata Atlântica é considerada um “hotspot” de biodiversidade (MYERS, 1988; MYERS et al., 2000). Além disso, a Mata Atlântica possui uma contribuição bastante importante na provisão e manutenção de serviços ecossistêmicos para milhões de brasileiros que vivem no Bioma, como a manutenção da biodiversidade, provisão de alimentos e água potável, regulação da qualidade do ar e do clima, prevenção de erosão e de desastres, usos para recreação e turismo, valores estéticos (beleza natural), além de vários outros (MEA, 2005).

A restinga é um complexo vegetacional associado a diferentes formações geomorfológicas, que ocorrem nas planícies costeiras arenosas ao longo da costa brasileira, formando importantes habitats na Mata Atlântica (ARAUJO, 1992). A vegetação de restinga pode variar desde formações herbáceas, frequentes nas faixas de praia e ante-dunas, até formações arbóreas, cujo dossel geralmente não ultrapassa 20 metros de altura (MENEZES-SILVA, 2002).

No Brasil, a região costeira tem um histórico de ocupação bastante antigo e intenso; por conta disso, as restingas estão sob constante ameaça pelas alterações que ocorreram e estão ocorrendo em relação à paisagem original (ROCHA et al., 2004; 2007). As mudanças climáticas também representam grandes ameaças às espécies da Mata Atlântica, com potencial redução da área ocupada e até extinções (COLOMBO, 2007). Por conta disso, medidas de proteção são fortemente sugeridas em tais ambientes, para preservar habitats e espécies, muitas delas ameaçadas de extinção e/ou endêmicas. Além dos distúrbios antrópicos e mudanças climáticas, as dunas costeiras, por exemplo, estão sob a ação constante de estressores físicos,

como o movimento da areia, salinidade do ar e regimes de inundação (CASTILLO & MORENO-CASASOLA, 1996).

A Ilha de Santa Catarina (município de Florianópolis, Santa Catarina) vem apresentando um ritmo crescente de ocupação, com acentuado aumento da densidade populacional. De acordo com o último censo finalizado do IBGE, em 2010, a população atingiu o patamar de quase 624 habitantes/km², valores bem acima da média do estado e com estimativas de ter aumentado para aproximadamente 765 habitantes/km² em 2021 (IBGE, 2021). Somado a isso, a fisiografia da Ilha de Santa Catarina apresenta cursos d'água superficiais de pequeno porte e os maiores cursos d'água são ambientes lênticos, características que trazem desafios quanto à disposição final de efluentes tratados (SANTOS, 2018).

Um dos meios para suprir a demanda por tratamento do esgoto em Florianópolis foi a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Lagoa da Conceição em 1988, que tem como objetivo coletar e tratar os esgotos gerados nas regiões próximas a este corpo lagunar, atendendo à demanda populacional crescente. O tratamento realizado até maio de 2022 era do tipo secundário, no qual não há remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio. A partir daquele mês, iniciou-se a operação do sistema terciário, com a remoção química do fósforo e a remoção biológica do nitrogênio. O efluente tratado é então encaminhado para uma lagoa de evapoinfiltração, em uma área de dunas, no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (SANTOS, 2018; CASAN, 2022). O processo de evapoinfiltração visa o retorno do efluente tratado para a natureza tanto pela infiltração na subsuperfície, onde chega ao lençol freático, como pela evaporação diretamente à atmosfera (CASAN, 2021a). Essa prática é tecnicamente correta e melhor que o lançamento de efluentes diretamente em corpos d'água naturais. Porém, o constante monitoramento da qualidade das águas e da estabilidade das barragens é de fundamental importância, visto que efluentes de tratamento de esgoto doméstico apresentam compostos de fósforo e nitrogênio, resíduos de matéria orgânica e compostos potencialmente nocivos, que não são decompostos no processo de tratamento como metais pesados, patógenos, microplásticos e fármacos, aumentando a carga orgânica e a sedimentação de materiais (UFSC, 2021a).

A adição de recursos como nitrogênio, fósforo e micronutrientes tem se mostrado uma precursora do declínio da riqueza de espécies de produtores como as plantas e as algas. Essa adição geralmente faz com que poucas espécies dominem a

comunidade, levando as espécies raras, que com frequência são competidoras inferiores, a diminuir ou até desaparecer localmente (HARPOLE & TILMAN, 2007; RELYEA & RICKLEFS, 2021). Além disso, no sul do Brasil um fator importante para o tipo de vegetação de restinga é o regime de inundação do solo, que varia conforme a topografia do terreno, a proximidade de corpos de água e a profundidade do lençol freático. De acordo com a ocorrência, periodicidade e a duração das inundações, diferentes formações vegetacionais/tipos de vegetação podem cobrir o solo (MENEZES-SILVA, 2002). Por conta de a distribuição e composição das espécies da restinga estarem bastante relacionadas com a disponibilidade de água dos lençóis freáticos, a disposição inadequada de efluentes de esgoto doméstico pode alterar os padrões adequados desses corpos hídricos, promovendo riscos à vegetação (MENDONÇA & CASTELLANI, 1993; CASTELLANI *et al.*, 1995; CORDEIRO *et al.*, 2011; UFSC, 2021b).

Em janeiro de 2021, a barragem de uma lagoa de evapoinfiltração do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Lagoa da Conceição, que armazenava efluente tratado de esgoto doméstico dentro do PNMDLC, se rompeu, gerando significativos e negativos impactos sociais, econômicos e ambientais na região. Como medida emergencial, um sistema de bombeamento foi instalado para escoar o excesso de efluente e evitar novos rompimentos na Lagoa da Conceição (CASAN, 2021b). O escoamento ocasionou a formação de uma lagoa artificial em outra área de dunas dentro do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). O PNMDLC, instituído pela Lei Municipal Nº 10.388/2018 tem como objetivos proteger a biodiversidade e garantir condições para a preservação e a restauração dos ecossistemas. Sendo assim, o lançamento de efluentes, mesmo que tratados, não é uma prática adequada nestes ambientes.

Neste contexto, é muito importante a avaliação dos impactos desse processo sobre, dentre outros aspectos, a vegetação de restinga, visto a importância destes habitats do ponto de vista biológico e de todos os serviços ecossistêmicos que proporciona. Assim, este estudo visa avaliar os impactos do lançamento de efluente tratado de esgoto doméstico sobre a vegetação de restinga no PNMDLC. Os objetivos específicos foram: (1) avaliar se há diferenças quanto à composição, riqueza, diversidade e cobertura de espécies herbáceo-subarborescentes entre a área diretamente afetada pelo lançamento de efluentes e a área não afetada diretamente; (2) avaliar o vigor das plantas, classificando-as em verde, parcialmente seca ou seca; e (3) verificar

e comparar temporalmente o soterramento dos indivíduos amostrados. Foi testada a hipótese de que a riqueza, a diversidade e a composição de espécies na comunidade vegetal, assim como a porcentagem de solo exposto, a cobertura e o vigor das espécies herbáceo-subarborescentes e o índice de soterramento iriam diferir entre a área diretamente influenciada pelo bombeamento de efluente e uma área adjacente não influenciada diretamente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 SISTEMA DE ESTUDO

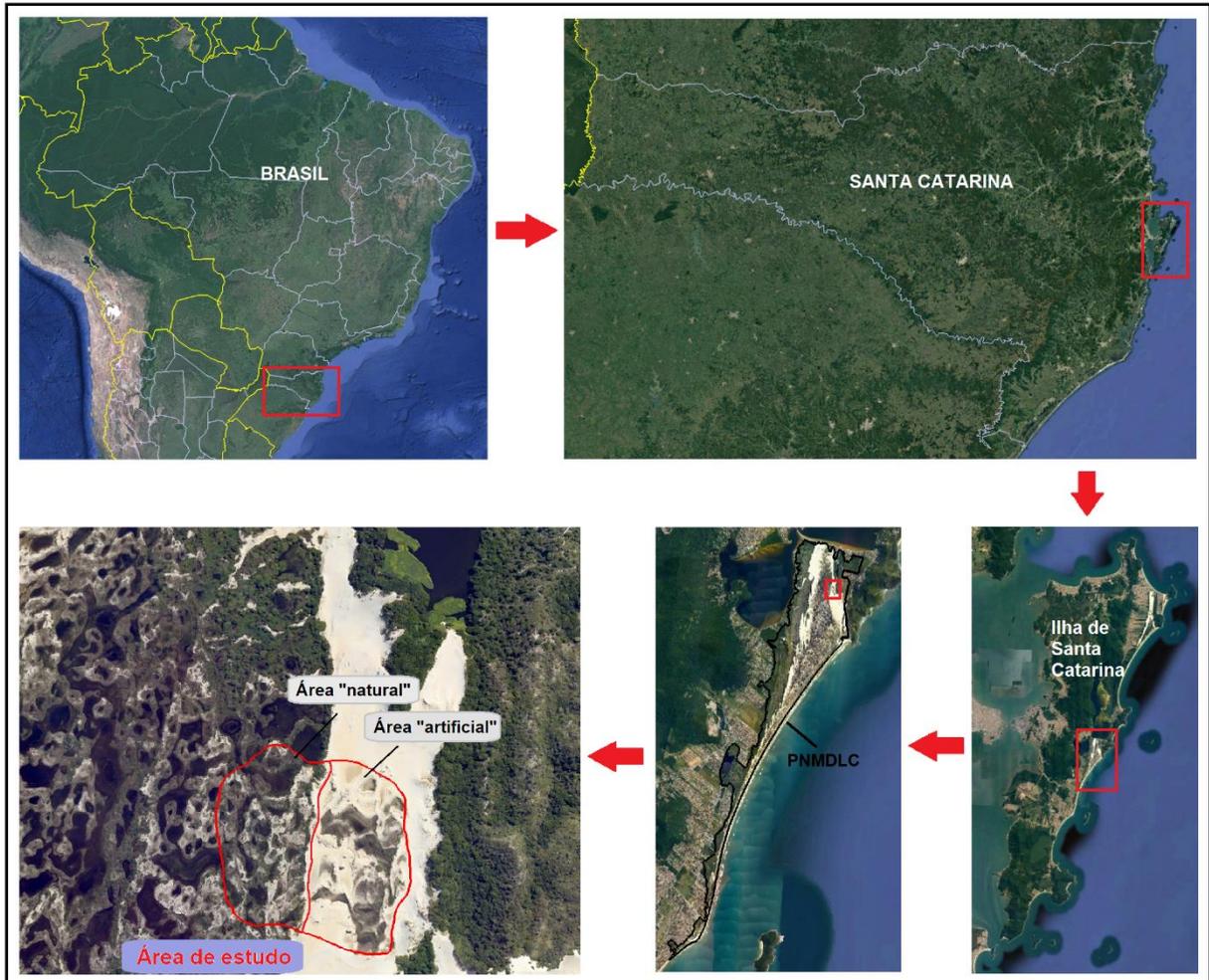
O estudo foi realizado em uma área localizada entre as latitudes 27° 37' 0.4" – 27° 37' 6.6" S e entre as longitudes 48° 27' 9.4" – 48° 27' 15.9" W, no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC), em Florianópolis (SC) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima na região é classificado como subtropical úmido com verão quente. As chuvas são bem distribuídas durante o ano, porém com maior precipitação nos meses de verão e menor no inverno. A temperatura média anual é de 21°C, sendo 17°C a média no inverno e 25°C no verão (INMET, 2023).

O PNMDLC abrange uma área de 706,69 hectares e abriga importantes remanescentes de restinga, divididos em oito tipos de habitat: praia, duna frontal, dunas internas (móveis, fixas e semifixas) e baixadas (secas, úmidas e alagadas) (GUIMARÃES, 2006). Dentro do Parque havia duas lagoas de evapoinfiltração, administradas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), que armazenavam efluente tratado de esgoto doméstico provenientes do tratamento realizado no Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição. Em janeiro de 2021, houve o rompimento da barragem de uma das lagoas, com a enxurrada de efluente atingindo casas e a própria Lagoa da Conceição (NDMAIS, 2021). Como medida emergencial, um sistema de bombeamento foi instalado em junho do mesmo ano, sobre outra área nas dunas dentro do Parque, com o objetivo de escoar o excesso de efluente tratado e manter o volume da lagoa de evapoinfiltração em um nível que evitasse novo rompimento (CASAN, 2021b). No local onde o efluente foi lançado houve o estabelecimento de uma lagoa artificial, onde não havia corpos

d'água perenes anteriormente, alterando o ambiente e a qualidade da água de lagoas temporárias e permanentes dentro do Parque. Além disso, nesse local são observados o processo erosivo e o carreamento de sedimentos, consequências do corte na duna para instalação de dois canos de grande calibre, responsáveis pelo transporte do efluente (UFSC, 2021b). Próximo à lagoa artificial há uma área de baixada com várias lagoas naturais.

A área de estudo abrange tanto baixadas secas quanto úmidas, tanto no caso do trecho chamado de “artificial” no qual vem ocorrendo o lançamento de efluente, quanto no trecho chamado de “natural”, que é adjacente e onde não está ocorrendo o lançamento de efluente (Figura 1). As baixadas secas são áreas baixas e relativamente planas que podem ser inundadas por períodos bem curtos, caso ocorra precipitação elevada por vários dias (GUIMARÃES, 2006). As espécies predominantes são herbáceo-subarbustivas, com destaque para *Actinocephalus polyanthus*, *Gaylussacia brasiliensis*, *Pleroma urvilleanum*, *Noticastrum malmei*, *Epidendrum fulgens*, *Dodonaea viscosa*, *Cyperus trigynus*, as mais abundantes (GUIMARÃES, 2006). As baixadas úmidas são áreas baixas que podem ser inundadas por poucas semanas ou meses em cada ano e ocorrem principalmente próximas a baixadas alagadas (GUIMARÃES, 2006). O habitat apresenta vegetação herbáceo-subarbustiva, sendo *Drosera capillaris*, *D. brevifolia*, *Utricularia spp.* e *Syngonanthus chrysanthus*, as mais comuns (GUIMARÃES, 2006).

Figura 1 – Localização da área de estudo no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). Na imagem do centro inferior é possível ver, em preto, os limites do Parque e na imagem à esquerda desta há a área de estudo, dividida em área “artificial” e área “natural”.



Fonte: Google Earth (2023).

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL E COLETA DE DADOS EM CAMPO

As coletas de dados foram realizadas em duas áreas diferentes, denominadas por “área artificial” e “área natural”. A primeira (Figura 2A) se encontra na região onde se formaram lagoas artificiais devido ao lançamento de efluente tratado de esgoto doméstico e a segunda (Figura 2B) está em uma região adjacente, com lagoas naturais.

Figura 2 – Áreas de amostragem no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). (A) Área artificial. (B) Área natural.



Fonte: Thiago Ehlert (2022).

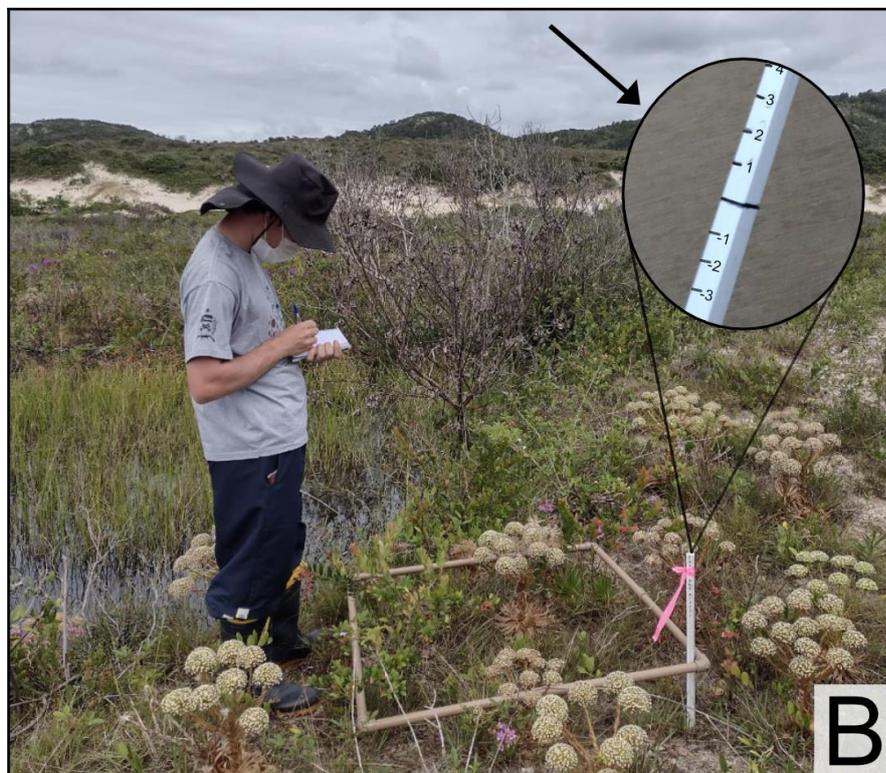
Em outubro de 2021, estacas de madeira foram instaladas para a alocação de parcelas fixas (1 x 1 m) de amostragem da vegetação em 20 pontos alocados aleatoriamente em cada uma das duas áreas amostradas. As parcelas distavam no mínimo três metros entre si e um metro de corpos d'água.

A caracterização da vegetação foi feita em cada uma das parcelas com o uso de um quadrado de PVC de 1 x 1 m (Figura 3A), nas quais foram identificadas as espécies presentes e suas coberturas estimadas, assim como foi estimada a porcentagem de solo exposto. A identificação das espécies foi realizada por de consultas a um especialista. As coberturas das espécies e de solo exposto foram divididas nas seguintes classes: Classe 1: 0 a 5% (mediana: 2,5%); Classe 2: 5 a 15% (10%); Classe 3: 15 a 25% (20%); Classe 4: 25 a 50% (37,5%); Classe 5: 50 a 75% (62,5%) e Classe 6: 75 a 100% (87,5%) (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000). As medianas foram utilizadas nas análises estatísticas. Para se avaliar o efeito do lançamento de efluente sobre a vegetação, o vigor de cada espécie amostrada em cada parcela foi avaliado visualmente e categorizado em: verde (todos os indivíduos verdes), parcialmente seca (indivíduos verdes e indivíduos secos) ou seca (todos secos).

Foi calculado mensalmente um valor de soterramento da vegetação por meio da instalação de 40 estacas de madeira (Figura 3B), havendo uma estaca por parcela. As estacas tinham 100 cm de comprimento e foram graduadas em intervalos de um centímetro, sendo que 50 cm ficavam enterrados no solo. As estacas ficaram fixas durante todo o período de amostragem.

Todas as coletas de dados foram realizadas entre novembro de 2021 e agosto de 2022, com exceção de fevereiro de 2022 (por motivos pessoais). Para a caracterização da vegetação, as coletas foram realizadas em novembro de 2021 (primavera), março (verão), junho (outono) e agosto (inverno) de 2022, totalizando quatro amostragens.

Figura 3 – Quadrado de PVC (1 x 1 m) utilizado para a amostragem da vegetação na área de estudo no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). (A) Parcela de PVC. (B) Detalhe de uma das estacas de madeira graduada para avaliação do índice de soterramento, indicado pela seta. O traço central é o ponto até onde ficou enterrada, sendo possível avaliar se o nível do solo baixou ou subiu a cada mês.



Fonte: Thiago Ehlert (2022).

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A variação temporal no soterramento foi avaliada temporalmente por meio de um gráfico de barras, comparando-se as duas áreas. O vigor da vegetação (seca, parcialmente seca e verde) foi representado por gráficos de pizza.

Como as premissas de normalidade e homoscedasticidade dos dados para a análise de variância de dois fatores não foram atendidas em todos os casos, foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon para a comparação da cobertura média e da riqueza de espécies, assim como da porcentagem de solo exposto, entre as duas áreas em cada estação do ano.

A riqueza de espécies, a diversidade a partir do índice de Shannon e a diversidade do índice de Simpson foram comparadas entre as duas áreas por meio de curvas de rarefação construídas a partir da interpolação e da extrapolação dos dados coletados, com 100 repetições. A extrapolação foi feita considerando-se o dobro de unidades amostrais por área – ou seja, 40 parcelas.

A cobertura de cada espécie amostrada por parcela foi avaliada graficamente por meio de gráficos de barras. A comparação da composição de espécies entre as duas áreas em cada estação foi feita a partir do cálculo do Índice de Jaccard, considerando-se matrizes de presença e ausência de espécies. A diferença entre as duas condições foi calculada por meio de uma Análise de variância multivariada permutacional (*Permutational Multivariate Analyses of Variance* – PERMANOVA), com base em 10000 permutações, e representada graficamente em um Escalonamento multidimensional não métrico (*Non-metric multidimensional scaling* - nMDS).

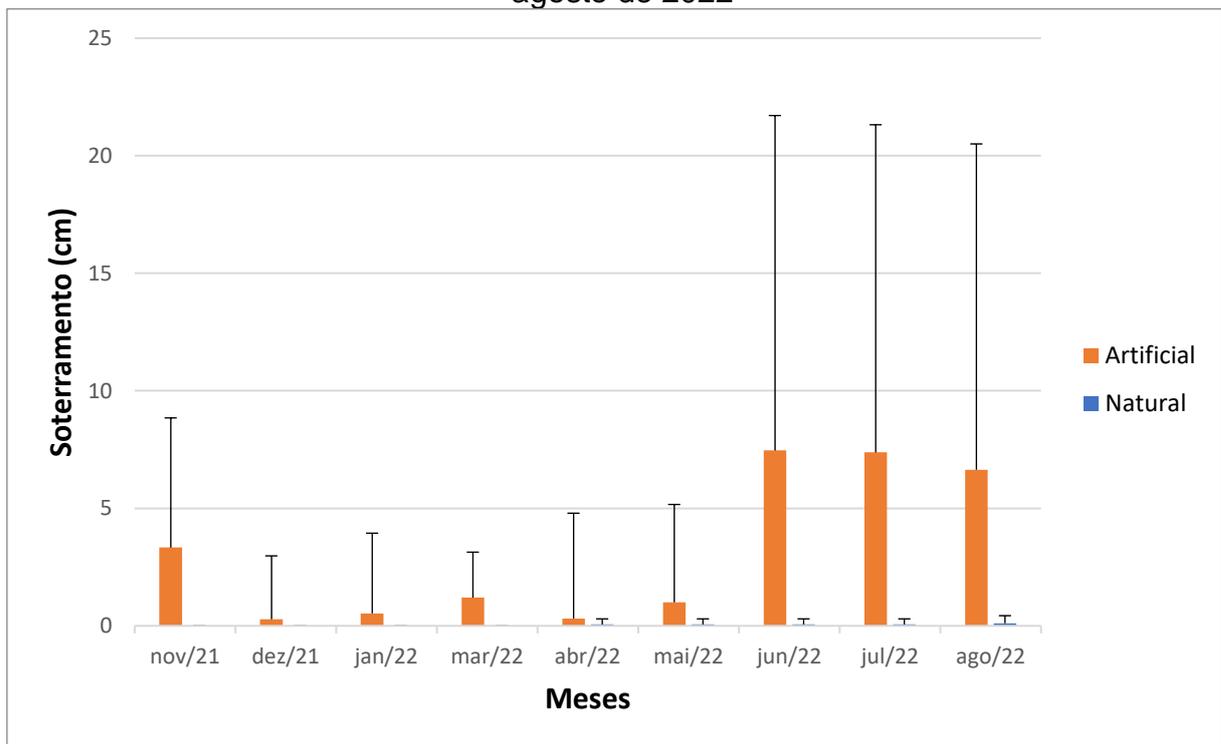
Todas as análises estatísticas foram realizadas na interface R 4.1.3 (R CORE TEAM, 2022), utilizando-se os pacotes iNEXT (HSIEH et al., 2022) para as curvas de rarefação, vegan (OKSANEN et al., 2022) para a comparação da composição de espécies e ggplot2 (WICKHAM et al., 2023) para a comparação da cobertura média e da riqueza de espécies e da porcentagem de solo exposto.

3 RESULTADOS

3.1 VARIAÇÃO TEMPORAL NO SOTERRAMENTO

Houve grande variação no valor médio de soterramento na área artificial ao longo do tempo de amostragem. O valor médio foi de 3,3 cm em novembro de 2021, havendo uma diminuição nos meses seguintes até maio de 2022, devido à erosão causada em alguns pontos onde houve inundação por efluente. Sequencialmente, o soterramento aumentou consideravelmente em junho, julho e agosto de 2022 (Figura 4). Já na área natural o valor de soterramento foi baixo e constante, variando de 0 a 0,1 cm entre os meses de novembro de 2021 a agosto de 2022.

Figura 4 – Valores médios (+ desvios padrão) de soterramento nas áreas artificial e natural amostradas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil) entre os meses de novembro de 2021 e agosto de 2022



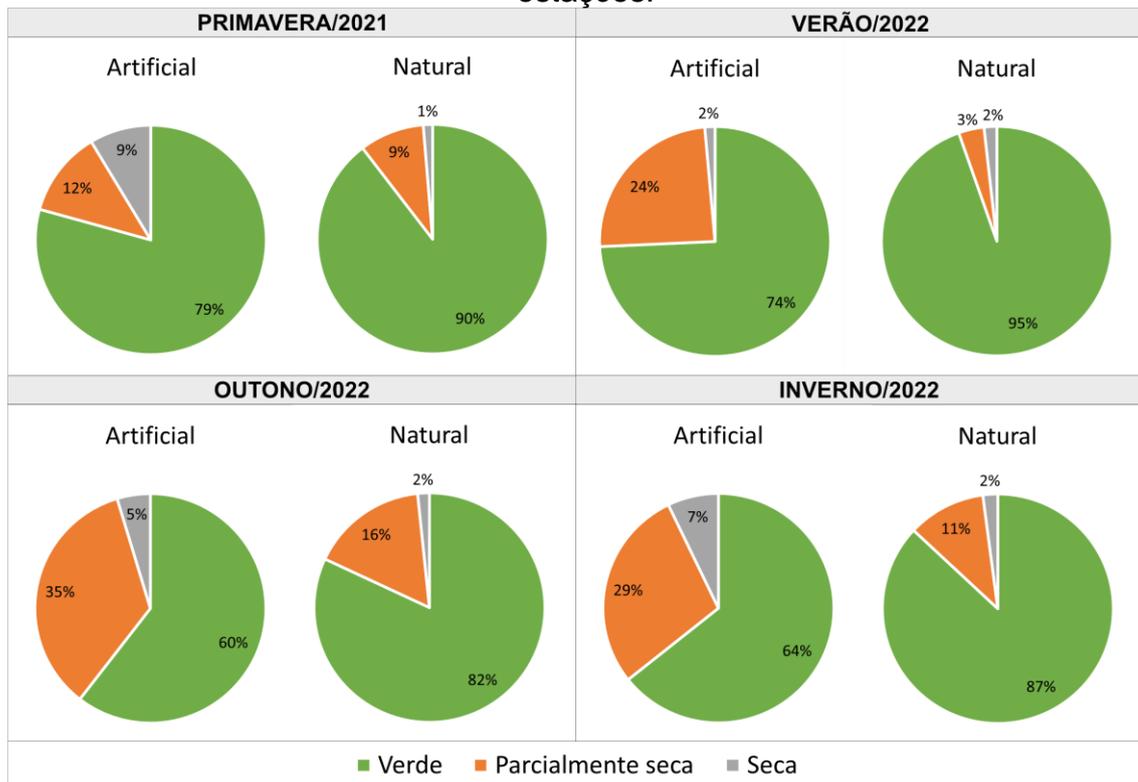
Fonte: Thiago Ehlert (2023).

3.2 VIGOR DA VEGETAÇÃO

Parece haver um processo de secamento da vegetação no outono e no inverno, o que foi observado nas duas áreas. Entretanto, a porcentagem de vegetação

parcialmente seca foi maior e a de vegetação verde menor na área artificial do que na área natural em todas as estações (Figura 5).

Figura 5 – Porcentagens das espécies nas condições “verde”, “parcialmente seca” e “seca” nas áreas artificial e natural amostradas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil) em cada uma das estações.

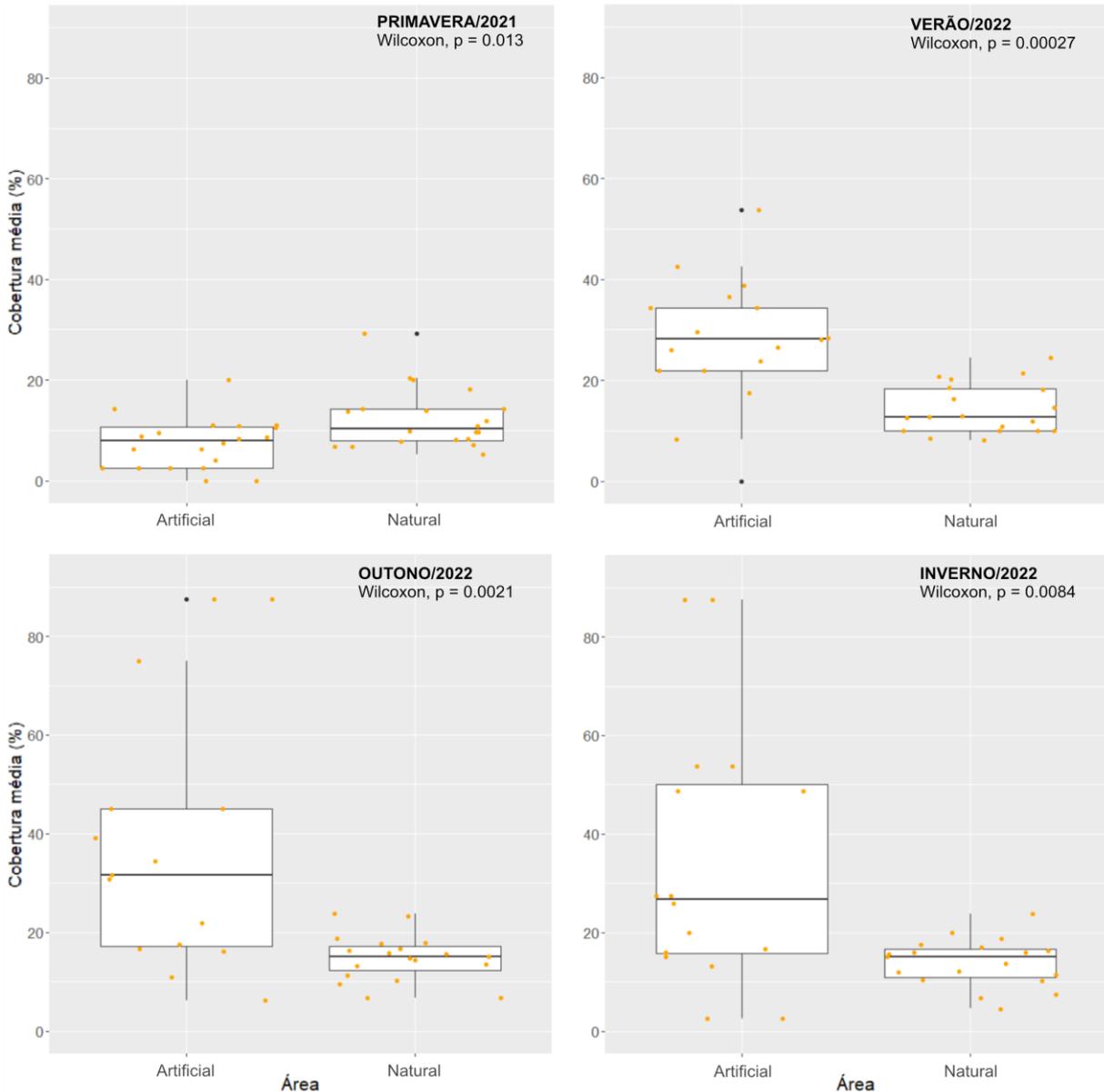


Fonte: Thiago Ehlert (2023).

3.3 COBERTURA E RIQUEZA DE ESPÉCIES E PORCENTAGEM DE SOLO EXPOSTO

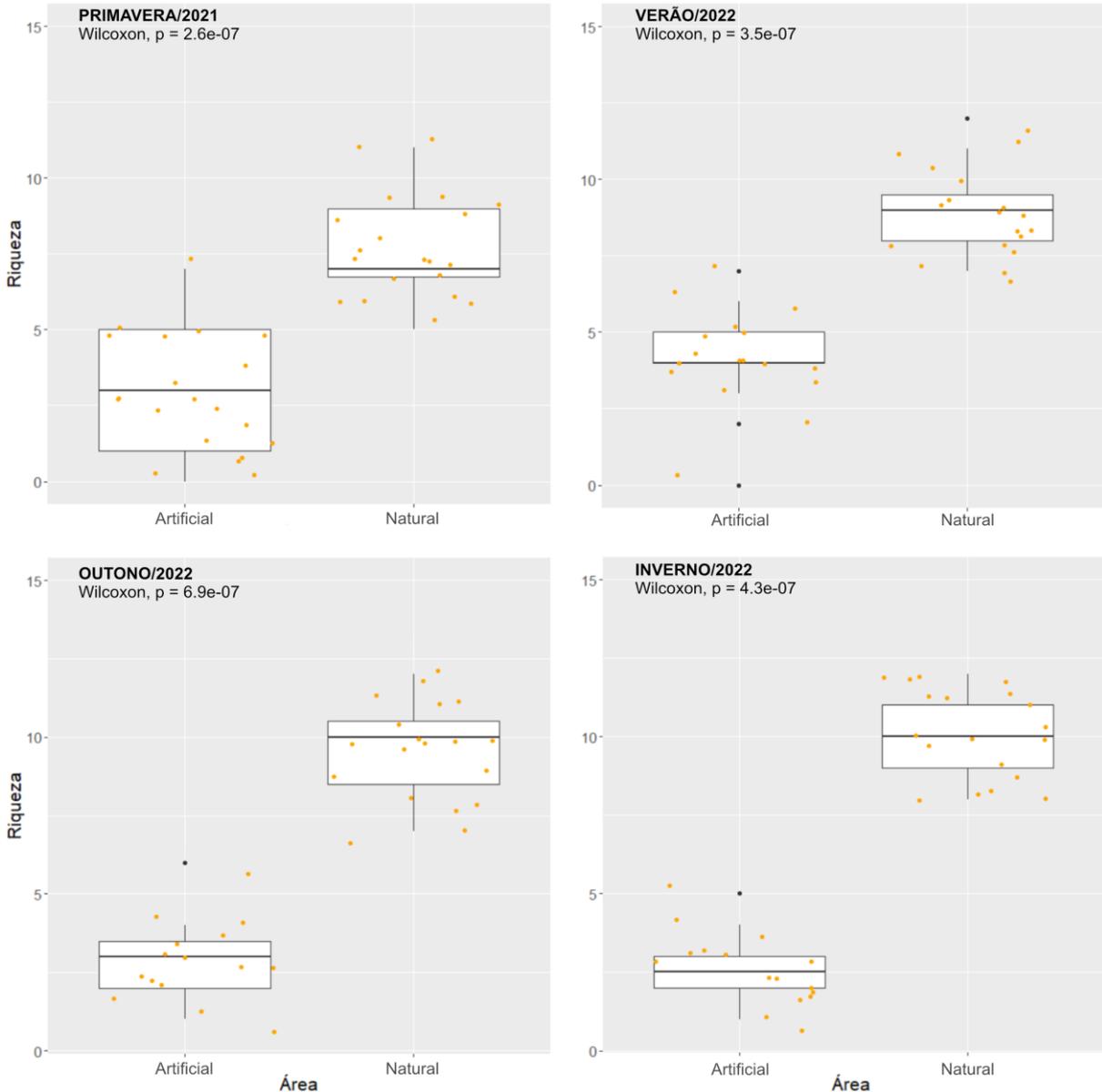
A cobertura média da vegetação foi maior na área natural na primavera, e maior na área artificial no verão, no outono e no inverno (Figura 6). Já no caso da riqueza de espécies, os valores médios foram maiores na área natural do que na artificial em todas as estações (Figura 7).

Figura 6 – Boxplot da cobertura média de espécies por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). Os pontos amarelos representam as amostras e os pontos pretos representam os outliers de cada área. Os boxplots representam a mediana (linha preta) e o primeiro e o terceiro quartis (linhas inferior e superior, respectivamente). Valores de $p < 0,05$ indicam que os conjuntos de dados diferem entre si.



Fonte: Thiago Ehlert (2023).

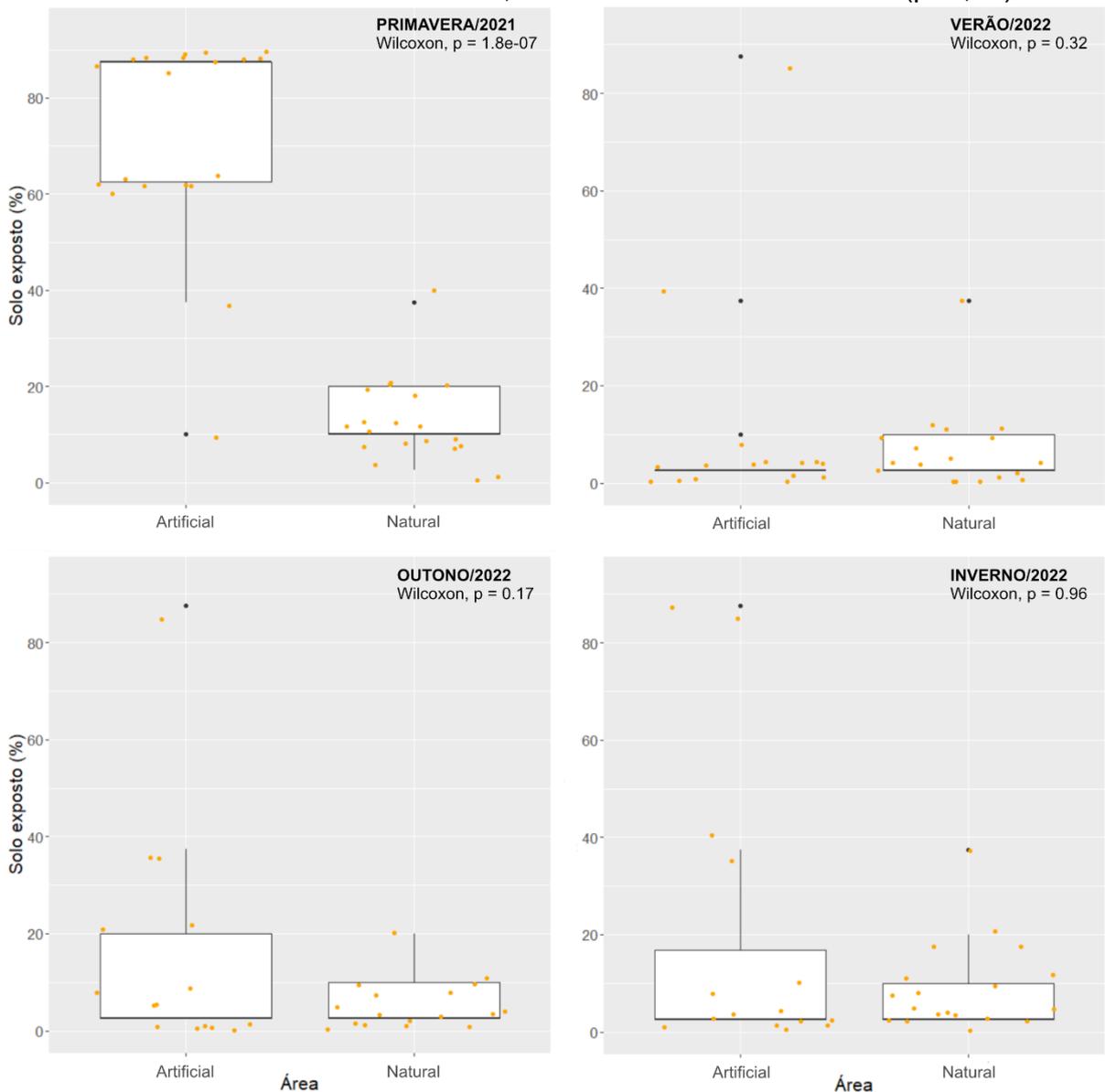
Figura 7 – Boxplot da riqueza de espécies por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). Os pontos amarelos representam as amostras e os pontos pretos representam os outliers de cada área. Os boxplots representam a mediana (linha preta) e o primeiro e o terceiro quartis (linhas inferior e superior, respectivamente). Valores de $p < 0,05$ indicam que os conjuntos de dados diferem.



Fonte: Thiago Ehlert (2023).

A porcentagem de solo exposto diferiu entre as duas áreas somente na primavera (Figura 8), apresentando valores mais altos na área artificial. Nas demais estações, não houve diferença estatística ($p > 0,05$).

Figura 8 – Boxplot da porcentagem de solo exposto por parcela nas áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). Os pontos amarelos representam as amostras e os pontos pretos representam os outliers de cada área. Os boxplots representam a mediana (linha preta) e o primeiro e o terceiro quartis (linhas inferior e superior, respectivamente). Valores de $p < 0,05$ indicam que os conjuntos de dados diferem. Caso contrário, não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).



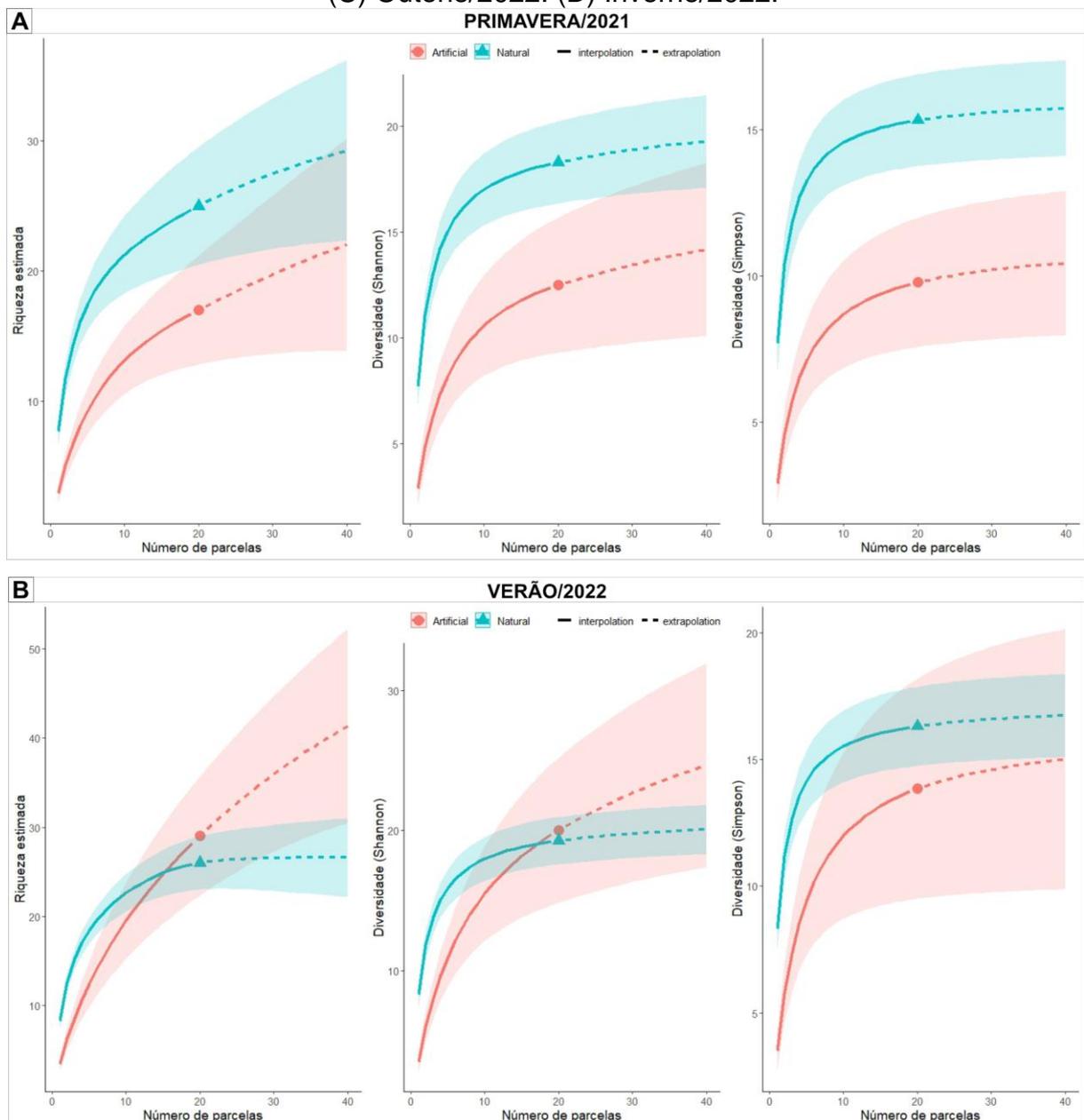
Fonte: Thiago Ehlert (2023).

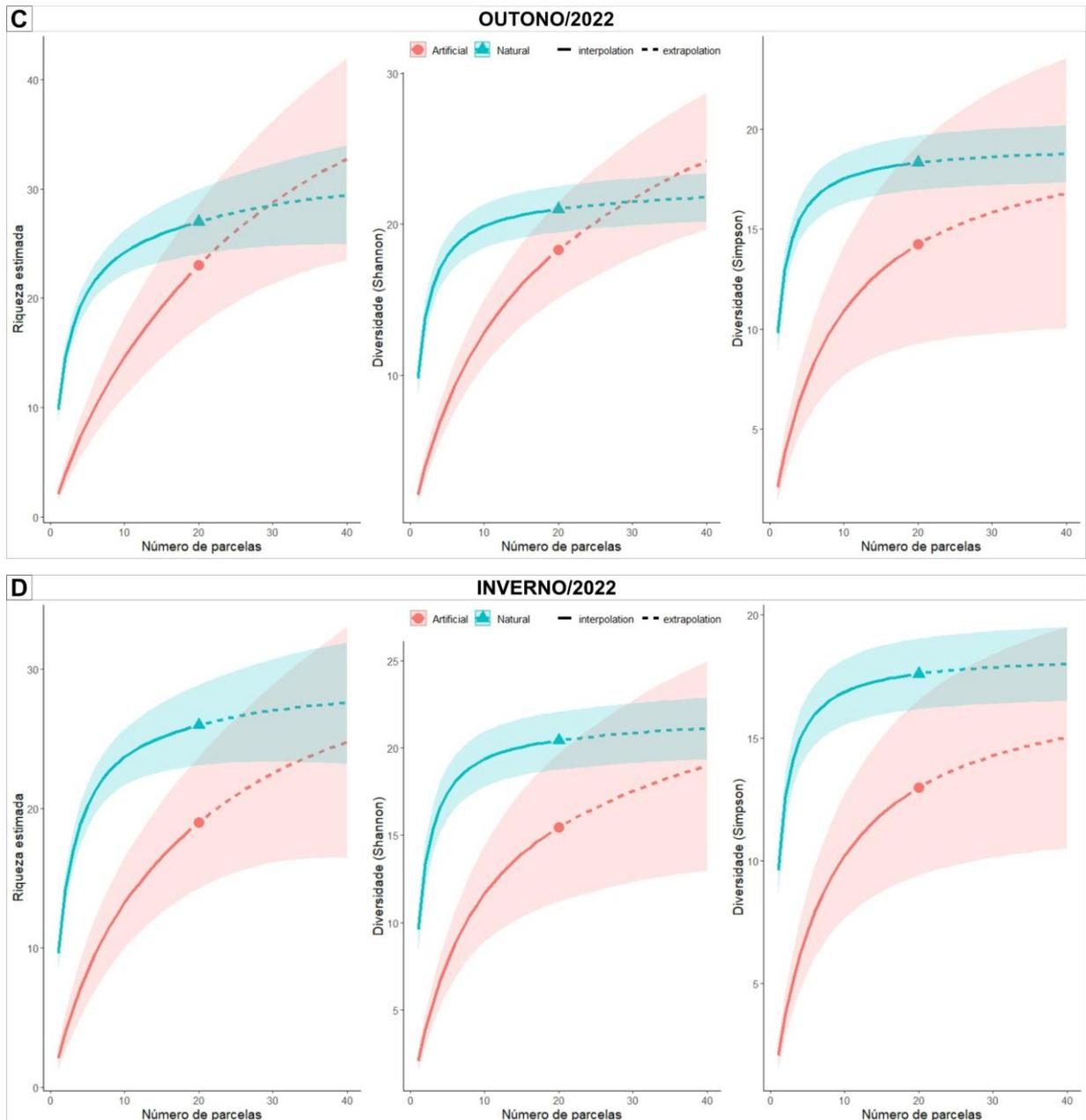
3.4 RIQUEZA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES POR ÍNDICES

Nos dados interpolados, tanto a riqueza quanto a diversidade estimada pelos índices de Shannon e de Simpson foram maiores na área natural do que na área

artificial na primavera de 2021, e no outono e inverno de 2022, não havendo diferença entre as duas áreas somente no verão de 2022 (Figura 9).

Figura 9 – Riqueza e diversidade de espécies estimada por rarefação em cada área e em cada estação no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). Os gráficos da esquerda mostram a riqueza de espécies e os do centro e da direita a diversidade de espécies pelo índice de Shannon e pelo índice de Simpson, respectivamente. A linha sólida representa a interpolação e a linha pontilhada a extrapolação para o dobro de parcelas amostradas. Área sombreada: IC=95%. Em (A) os resultados para a primavera/2021. (B) Verão/2022. (C) Outono/2022. (D) Inverno/2022.



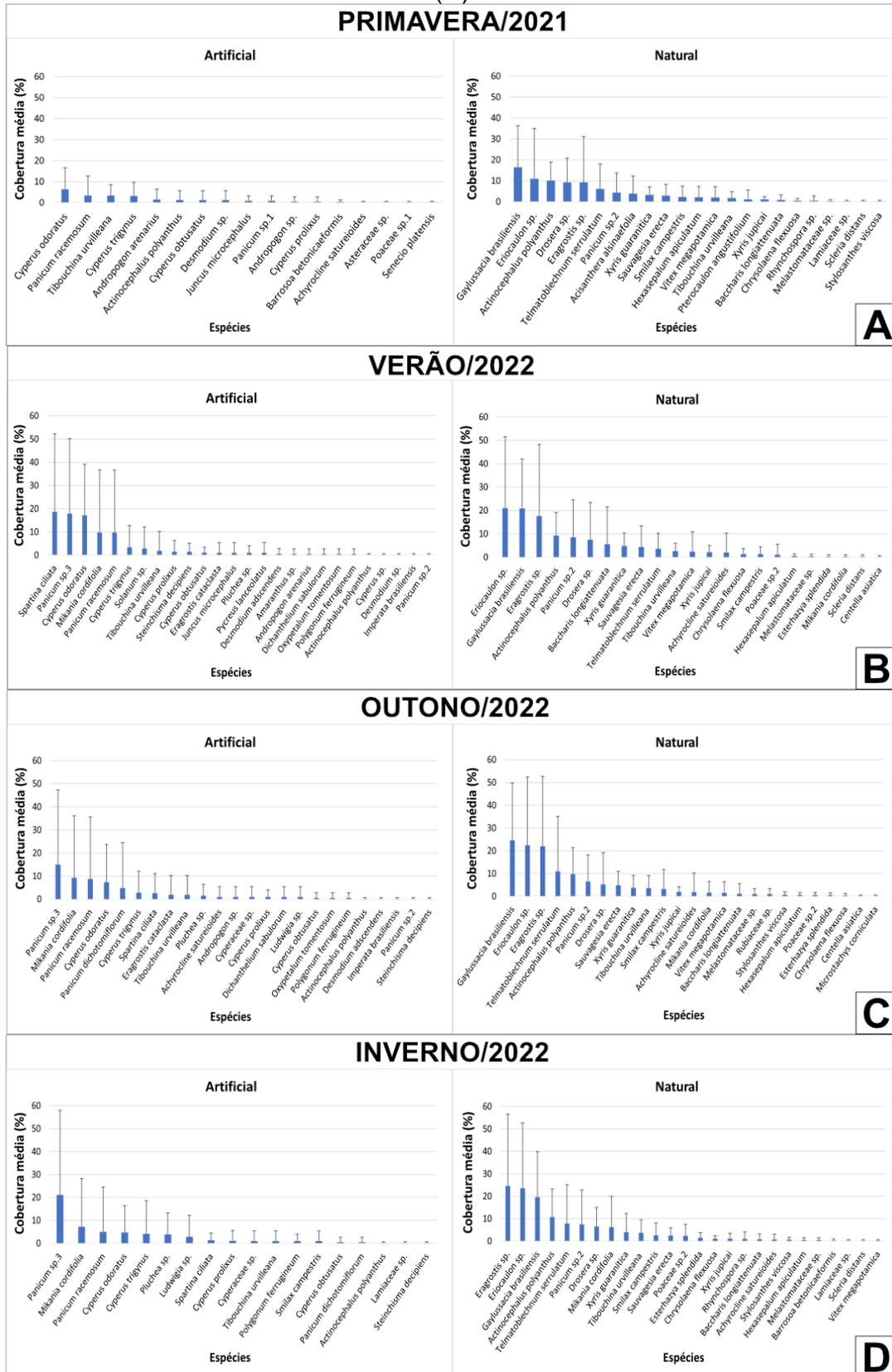


3.5 COBERTURA DE CADA ESPÉCIE POR PARCELA

Comparando-se as duas áreas, a cobertura média das principais espécies foi maior na área natural na primavera, outono e inverno, enquanto no verão tiveram cobertura mais semelhantes. Na primavera, as espécies *Cyperus odoratus*, *Panicum racemosum*, *Tibouchina urvilleana* e *Cyperus trigynus* tiveram as maiores coberturas médias por parcela na área artificial (Figura 10A). Nas estações seguintes, do verão e outono, houve um aumento considerável da cobertura das espécies mais

abundantes, sendo estas *Spartina ciliata*, *Panicum* sp.3, *Cyperus odoratus*, *Mikania cordifolia* e *Panicum racemosum* (Figuras 10B e 10C). No inverno *Panicum* sp.3 teve uma cobertura média consideravelmente maior em relação às demais espécies (Figura 10D). Já na área natural observa-se um padrão semelhante das espécies com maior cobertura média nas quatro estações, com maior ocorrência de *Gaylussacia brasiliensis*, *Eriocaulon* sp., *Actinocephalus polyanthus*, *Drosera* sp. e *Eragrostis* sp. (Figura 9) Houve também um aumento da cobertura nas demais estações em relação à primavera.

Figura 10 – Cobertura média (%) das espécies por parcela nas quatro estações em cada área amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil). (A) Na primavera/2021. (B) Verão/2022. (C) Outono/2022. (D) Inverno/2022.

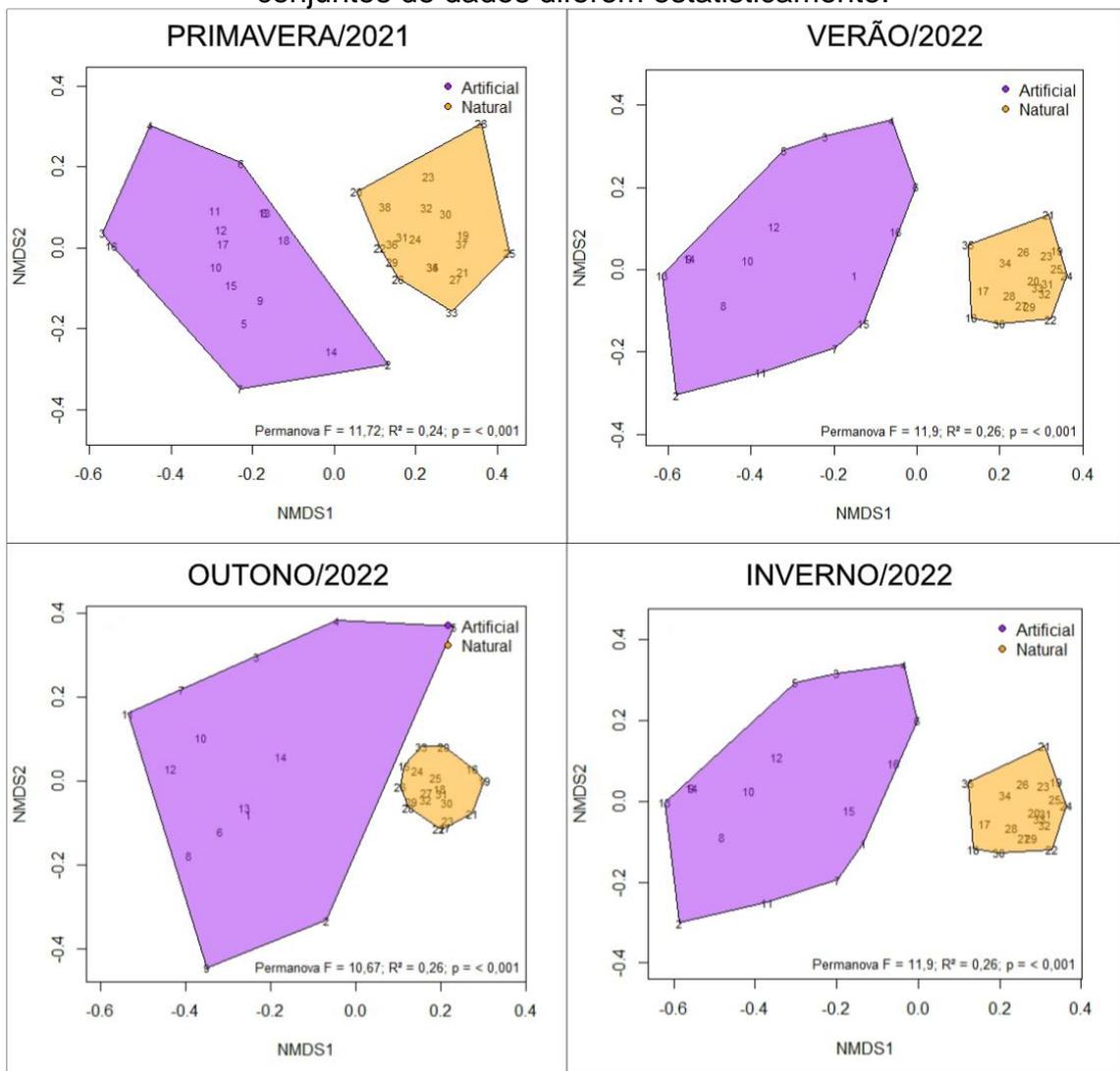


Fonte: Thiago Ehler (2023).

3.6 COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

A composição de espécies diferiu entre as áreas artificial e natural em todas as estações (Figura 11).

Figura 11 – Gráficos nMDS comparando a composição de espécies entre as áreas artificial e natural amostrada no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil) nas quatro estações. Quando $p < 0,05$, os conjuntos de dados diferem estatisticamente.



Fonte: Thiago Ehler (2022).

4 DISCUSSÃO

Neste estudo, avaliamos os efeitos do lançamento de efluente de esgoto doméstico tratado sobre a vegetação de restinga em uma unidade de conservação.

Observou-se um maior soterramento e um menor vigor da vegetação na área artificial, quando comparada à natural. A cobertura média de espécies nas parcelas diferiu entre as áreas artificial e natural nas quatro estações, sendo menor na área artificial na primavera de 2021 e maior no verão, outono e inverno de 2022 – ou seja, à medida que o tempo foi passando. Ainda, a riqueza e a diversidade de espécies foram menores na área artificial, e a composição de espécies também diferiu entre as duas áreas em todas as estações. Dessa forma, pode-se afirmar que a hipótese postulada foi corroborada.

À medida que o tempo foi passando, na área artificial, foram sendo observadas uma redução na riqueza de espécies e um aumento na dominância de espécies ruderais das famílias Cyperaceae e Poaceae, a exemplo de *Cyperus odoratus*, uma espécie bastante comum em áreas degradadas (DUARTE et al., 2022). O estudo de HARPOLE & TILMAN (2007) mostra que a adição de nutrientes como nitrogênio e fósforo sobre parcelas de gramíneas provoca um declínio na riqueza de espécies. Isso ocorre, pois, a adição de nutrientes favorece poucas espécies, enquanto as espécies raras, geralmente competidoras inferiores, diminuem ou até desaparecem da comunidade (RELYEA & RICKLEFS, 2021).

Há espécies de restinga, como o caso daquelas com raízes rasas em áreas de dunas estabilizadas, que dependem do ambiente com baixo movimento de areia, o que favorece o acesso à água e a fixação de sementes (COSTA et al., 1988). Portanto, alterações na dinâmica da movimentação de areia trazem riscos às espécies. COSTA et al. (1988) observou que a distribuição da espécie *Andropogon arenarius* nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul é restrita a áreas com baixo movimento de areia e com lençol freático raso, pois a espécie apresenta um sistema de raízes rasas. Nessas condições, *A. arenarius* parece competir por nutrientes e espaço com a espécie *Spartina ciliata*. Isso corrobora os resultados obtidos no presente estudo, visto que a abundância de *A. arenarius* na área artificial diminuiu com o passar do tempo, enquanto o valor de soterramento aumentou. Em contrapartida, *S. ciliata* foi mais abundante que *A. arenarius* no verão, outono e inverno de 2022. O soterramento da vegetação na área diretamente afetada pode estar relacionado à geomorfologia do entorno da área artificial, por conta do processo natural de movimentação de dunas móveis, com carreamento de areia das partes mais altas para a baixada. Destaca-se, entretanto, que tal processo pode ter sido

agravado em virtude do corte das dunas para a instalação dos tubos para o escoamento emergencial da lagoa de evapoinfiltração.

Distúrbios são importantes vetores de modificação de nichos e distribuição de espécies, que podem excluir competitivamente algumas delas (SHEIL, 2016). Quando estes distúrbios são antrópicos, promovem um grande risco para a biodiversidade e preservação da restinga. ROCHA et al. (2007) identificam 14 fontes de degradação antrópica sobre esses ambientes, dentre elas a remoção da vegetação para construção de casas, ruas, calçadas e pastagens, estabelecimento de espécies de plantas exóticas, substituição de substratos originais por outros desfavoráveis às plantas nativas e a remoção seletiva de espécies vegetais de interesse econômico. Portanto, medidas que garantam a proteção desses habitats são muito importantes para a preservação da biodiversidade e de muitas espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção.

Neste estudo, infelizmente não possuímos dados da área de estudo antes do bombeamento do efluente, o que possibilitaria a comparação com o cenário anterior. Em trabalhos futuros pode ser interessante avaliar se as espécies dominantes na área artificial são típicas de áreas degradadas e se são beneficiadas por situações deste tipo.

As comunidades vegetais em ambientes de baixadas úmidas de dunas são bastante influenciadas pela disponibilidade de água dos lençóis freáticos, o que altera a dinâmica populacional, composição florística e distribuição das espécies (MENDONÇA & CASTELLANI, 1993; CASTELLANI et al., 1995). Destaca-se que o efluente tratado de esgoto doméstico bombeado para a área de estudo apresentava valores elevados de nutriente dissolvidos, com cerca de 15 e 20 vezes mais derivados de fósforo e nitrogênio, o que provoca eutrofização e floração de algas (UFSC, 2021b). O tratamento do efluente com a retirada destes nutrientes só começou a ser realizado em maio de 2022, já na etapa final de amostragem (CASAN, 2022). O pH da lagoa artificial era de 7,44 a 7,6, comparado aos valores 5,50 a 5,52 encontrado em lagoas naturais adjacentes. Aliado a isso, há o potencial de contaminação de águas subterrâneas com eventuais prejuízos à vegetação (UFSC, 2021b). Neste estudo foi observado um menor vigor da vegetação, o que pode estar relacionado com o estresse ocasionado pelo lançamento do efluente, mas também à ecologia das espécies encontradas, visto que a composição de espécies diferiu entre as áreas. Dessa forma, pode-se supor que os resultados encontrados no presente trabalho são

resultados do efeito de mudanças nas condições físico-químicas do ambiente, pelo lançamento de efluente.

Um dos objetivos principais das Unidades de Conservação é justamente o de preservar a biodiversidade, então episódios como o lançamento de efluente sobre a restinga não deveriam ocorrer. Os resultados aqui apresentados mostram que há efeitos negativos como a diminuição da riqueza, mudanças na composição florística e a piora do vigor dos indivíduos, servindo como mais uma fonte de informação para apoiar as políticas de conservação e preservação da restinga e de Unidades de Conservação.

5 CONCLUSÃO

Estudos relacionados aos impactos causados pelo lançamento de efluente de esgoto doméstico sobre a vegetação de restinga são escassos. Visto isso, o presente estudo agrega conhecimento sobre os efeitos que esse tipo de efluente causa e como altera a composição florística na restinga do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. Os resultados deste trabalho mostram que os valores de soterramento, vigor da vegetação, riqueza, diversidade, cobertura e composição de espécies diferem quando comparamos a área diretamente influenciada pelo lançamento de efluente e a área não influenciada diretamente. A diminuição da riqueza na área artificial e a mudança na composição de espécies, reforça a necessidade de medidas que garantam a proteção desses habitats e o cumprimento dos objetivos da Unidade de Conservação para a manutenção de ambientes adequados para a conservação e preservação da biodiversidade. Dessa forma, é recomendado a interrupção do lançamento de efluente sobre a vegetação de restinga no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. Destaca-se, ainda, que a área artificial deve ser alvo da implementação de medidas para restauração ecológica da vegetação.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, D. S. D. Vegetation Types of Sandy Coastal Plains of Tropical Brazil: A First Approximation. In SEELINGER, U. (ed.). **Coastal Plant Communities of Latin America**. New York: Academic Press, p. 337-347, 1992.

ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e Composição Florística de Quatro Formações Vegetais de Restinga no Complexo Lagunar Grussaí/IQUIPARI, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 14, n. 3, p. 301-315, 2000.

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Por dentro do saneamento: O que é uma Lagoa de Evapoinfiltração**. 9 fev. 2021a. 1 ilustração. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/lagoa-da-conceicao#0>. Acesso em: 19 jul. 2021

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Esclarecimento sobre o sistema emergencial de bombeamento na lagoa**. 15 jul. 2021b. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/esclarecimento-sobre-o-sistema-emergencial-de-bombeamento-na-lagoa-artificial#0>. Acesso em: 19 jul. 2021

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **CASAN investe em melhorias no sistema de saneamento da Lagoa da Conceição**. 17 nov. 2022. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-investe-em-melhorias-no-sistema-de-saneamento-da-lagoa-da-conceicao-3#0>. Acesso em: 26 jun. 2023

CASTELLANI, T. T., FOLCHINI, R., SCHERER, K. Z. Variação temporal da vegetação em um trecho de baixada úmida entre dunas, praia da Joaquina, Florianópolis, SC. **Insula**. n. 24, p. 37-72, 1995.

CASTILLO, S. A., MORENO-CASASOLA, P. Coastal sand dune vegetation: An extreme case of species invasion. **Journal of Coastal Conservation**, v. 2, n. 1, p. 13–22, 1996.

CHEN, H. **VennDiagram: Generate High-Resolution Venn and Euler Plots**. R package, version 1.7.3. 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/VennDiagram/index.html>

COLOMBO, A. F. **Conseqüências potenciais das mudanças climáticas globais para espécies arbóreas da Mata Atlântica**. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CORDEIRO, M. R., RODRIGUES, S. M., SOUZA, P. R. N., FERREIRA, M. I. P. Avaliação da contaminação de efluentes domésticos em poços sobre área de restinga. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 5, n. 1, p. 89-102, 2011.

COSTA, C. S. B., SEELIGER, U. CORDAZZO, C. V. Distribution and fenology of *Andropogon arenarius* Hackel on coastal dunes of Rio Grande do Sul, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 48, n. 3, p. 527-536, 1988

DUARTE, E., SILVA, A. C., HIGUCHI, P., BORTOLUZZI, R. L. C., LARSEN, J. G., NUNES, A. S., SILVA, M. A. F., DALLABRIDA, J. P. Banco de sementes de áreas alto-montanas em regeneração natural pós-distúrbio no Planalto Sul-Catarinense. **Ci. Fl.**, v. 32, n. 3, p. 1617-1639, 2022.

FORZZA, R. C. *et al.* New brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. Ja 2012, p, 39-45, 2012.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica; período 1995-2000**. Relatório final. São Paulo, 2002.

GUIMARÃES, T. B. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. 2006. 107 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HARPOLE, W. S., TILMAN, D. Grassland species loss resulting from reduced niche dimension. **Nature**, v. 446, n. 7137, p. 791-793, 2007

HSIEH, T., MA, K., & CHAO, A. **Interpolation and extrapolation for species diversity**. R package, version 3.0.0. 2022. Disponível em: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 02 jun. 2023

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos**. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos>. Acesso em: 09 mai. 2023.

_____. Lei n. 10.388, de 05 de jun. de 2018. **Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/2018/1039/10388/lei-ordinaria-n-10388-2018-dispoe-sobre-a-criacao-da-unidade-de-conservacao-parque-natural-municipal-das-dunas-da-lagoa-da-conceicao>. Acesso em: 15 mai. 2023.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: our human planet: summary for decision-makers**. The Millennium Ecosystem Assessment series. Island Press, Washington, DC. 2005.

MENDONÇA, E. N., CASTELLANI, T. T. Aspectos da ecologia populacional de *Drosera brevifolia* Pursh em um trecho de baixada úmida de dunas, Florianópolis, SC. **Biotemas**, v. 6, n. 1, p. 3148, 1993.

MENEZES-SILVA, S. Diagnóstico das Restingas do Brasil. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Org.). **Workshop para avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha**. Relatório técnico. Brasília: MMA, 2002. Publicação em CD-ROM.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

MYERS, N. Threatened biotas: "hot spots"; in tropical forests. **Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187–208, 1988.

NDMAIS. **Rompimento de estrutura da Casan deixa avenida das Rendeiras, em Florianópolis, submersa**. 2021. Disponível em: <https://ndmais.com.br/seguranca/rompimento-de-estrutura-da-casan-deixa-avenida-das-rendeiras-submersa/>. Acesso em: 15 mai. 2023.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan: Community Ecology Package**. R package, version 2.6-4. 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>.

OLIVEIRA-FILHO, A. T., FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

PAGLIA, A. P., PINTO, L. P. Biodiversidade da Mata Atlântica. In: MARONE, E., RIET, D., MELO, T. (orgs.). Brasil Atlântico - um país com a raiz na mata. **Instituto BioAtlântica**. Rio de Janeiro, p. 102-129, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2022. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

RELYEA, R., RICKLEFS, R. **A economia da Natureza**. 8 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 836pp, 2021.

ROCHA, C. F. D., BERGALLO, H. G., SLUYS, M. V., ALVES, M. A. S., JAMEL, C. E. The remnants of restinga habitats in the brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 2, p. 263–273, 2007

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. A Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de restinga do Estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação. São Carlos: Editora Rima, p. 341-352, 2004.

SANTOS, V. **Disposição de efluentes tratados em uma lagoa de evapoinfiltração**. 2018. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018

SHEIL, D. Disturbance and distributions: avoiding exclusion in a warming world. **Ecol. Soc.**, v. 21, n. 1, p. 10, (2016).

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Nota técnica conjunta sobre a instalação do sistema de bombeamento emergencial de efluente no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição**. Florianópolis, 2021b. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/07/Nota-t%C3%A9cnica-PNM-Dunas-jun-2021-1.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2023

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Nota técnica sobre o rompimento da barragem da CASAN**. Florianópolis, 2021a. Disponível em: https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/01/Nota-te%CC%81cnica-impactos-e-a%C3%A7%C3%B5es-necess%C3%A1rias-de-mitiga%C3%A7%C3%A3o-e-restaura%C3%A7%C3%A3o-da-lagoa-da-cocnei%C3%A7%C3%A3o-e-sistema-de-dunas_UFSC-2.pdf. Acesso em: 19 mai. 2023

WICKHAM, H. *et al.* **Ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics**. R package, version 3.4.2. 2023. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org/>

APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES AMOSTRADAS NA ÁREA ARTIFICIAL E NA ÁREA NATURAL NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DAS DUNAS DA LAGOA DA CONCEIÇÃO (FLORIANÓPOLIS, SC, BRASIL) NAS QUATRO ESTAÇÕES. O “X” INDICA A PRESENÇA DA ESPÉCIE NA ÁREA E NA ESTAÇÃO INDICADAS.

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.		X						
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.						X	X	
Apocynaceae	<i>Oxypetalum tomentosum</i> Wight ex Hook. & Arn.		X	X					
Asteraceae	<i>Achyrocline satureioides</i> Gardner	X		X			X	X	X
	Asteraceae 1	X							
	<i>Baccharis longiattenuata</i> A.S.Oliveira					X	X	X	X

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Asteraceae	<i>Barrosoa betonicaeformis</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	X							X
	<i>Chrysoleaena flexuosa</i> (Sims) H.Rob.					X	X	X	X
	<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.		X	X	X		X	X	X
	<i>Pluchea</i> sp.		X	X	X				
	<i>Pterocaulon angustifolium</i> DC.					X			
	<i>Senecio platensis</i> Arechav.	X							
Blechnaceae	<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D.J.Ohlsen & Brownsey					X	X	X	X

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Cyperaceae	Cyperaceae 1			X	X				
	<i>Cyperus obtusatus</i> (J.Presl & C.Presl) Mattf. & Kük.	X	X	X	X				
	<i>Cyperus odoratus</i> L.	X	X	X	X				
	<i>Cyperus prolixus</i> Kunth	X	X	X	X				
	<i>Cyperus</i> sp.		X						
	<i>Cyperus trigynus</i> Spreng.	X	X	X	X				
	<i>Pycneus lanceolatus</i> C.B.Clarke		X						
	<i>Rhynchospora</i> sp.					X			X
	<i>Scleria distans</i> R.Br.					X	X		X
Droseraceae	<i>Drosera</i> sp.					X	X	X	X

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> Meisn.					X	X	X	X
Eriocaulaceae	<i>Actinocephalus polyanthus</i> (Bong.) Sano	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Eriocaulon</i> sp.					X	X	X	X
Euphorbiaceae	<i>Microstachys corniculata</i> (Vahl) A.Juss. ex Griseb.							X	
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.		X	X					
	<i>Desmodium</i> sp.	X	X						
	<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.					X		X	X
Juncaceae	<i>Juncus microcephalus</i> Kunth	X	X						

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Lamiaceae	Lamiaceae 1				X	X			X
	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke					X	X	X	X
Melastomataceae	<i>Acisanthera</i> <i>alsinaefolia</i> (DC.) Triana					X			
	Melastomataceae 1					X	X	X	X
	<i>Tibouchina</i> <i>urvilleana</i> Cogn.	X	X	X	X	X	X	X	X
Ochnaceae	<i>Sauvagesia erecta</i> L.					X	X	X	X
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.			X	X				
Orobanchaceae	<i>Esterhazyia</i> <i>splendida</i> J.C.Mikan						X	X	X
Poaceae	<i>Andropogon</i> <i>arenarius</i> Hack.	X	X						
	<i>Andropogon</i> sp.	X		X					

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Poaceae	<i>Dichantherium sabulorum</i> (Lam.) Gould & C.A.Clark		X	X					
	<i>Eragrostis cataclasta</i> Nicora in Burkart		X	X					
	<i>Eragrostis</i> sp.					X	X	X	X
	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.		X	X					
	<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.			X	X				
	<i>Panicum racemosum</i> Spreng.	X	X	X	X				
	<i>Panicum</i> sp.1	X							
	<i>Panicum</i> sp.2					X	X	X	X
	<i>Panicum</i> sp.3						X	X	X
	Poaceae 1	X							

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Poaceae	Poaceae 2						X	X	X
	<i>Spartina ciliata</i> Brongn.		X	X	X				
	<i>Steinchisma decipiens</i> (Nees) W.V.Brown		X	X	X				
Polygonaceae	<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.		X	X	X				
Rubiaceae	<i>Hexasepalum apiculatum</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete & J.H.Kirkbr.					X	X	X	X
	Rubiaceae 1							X	
Smilacaceae	<i>Smilax campestris</i> Griseb.				X	X	X	X	X
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.		X						

Família	Espécie	Área artificial				Área natural			
		Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)	Primavera (2021)	Verão (2022)	Outono (2022)	Inverno (2022)
Xyridaceae	<i>Xyris guaranitica</i> Malme					X	X	X	X
	<i>Xyris jupicai</i> Rich.					X	X	X	X
-	Desconhecida 1					X	X		X
	Desconhecida 2		X			X	X		
	Desconhecida 3		X						
	Desconhecida 4		X						
	Desconhecida 5						X	X	