



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS, ALGAS E
PLANTAS

Collini Cristina Pinheiro

**Variação estrutural em *Juncus microcephalus* Kunth ocorrente em ambiente de
restinga sob a ação de efluente de esgoto doméstico**

Florianópolis/SC

2025

Collini Cristina Pinheiro

Variação estrutural em *Juncus microcephalus* Kunth ocorrente em ambiente de restinga sob a ação de efluente de esgoto doméstico

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Biologia de Fungos, Algas e Plantas.

Orientadora: Prof^a Makeli Garibotti Lusa, Dr^a
Coorientadores: Prof^a Ana Cláudia Rodrigues, Dr^a
e Prof. Rodolfo Moresco, Dr.

Florianópolis/SC

2025

Pinheiro, Collini Cristina

Variação estrutural em *Juncus microcephalus* Kunth
ocorrente em ambiente de restinga sob a ação de efluente
de esgoto doméstico / Collini Cristina Pinheiro ;
orientadora, Makeli Garibotti Lusa, coorientador, Ana
Cláudia Rodrigues, coorientador, Rodolfo Moresco, 2025.
52 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-
Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas,
Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Biologia de Fungos, Algas e Plantas. 2. Anatomia
vegetal. I. Lusa, Makeli Garibotti. II. Rodrigues, Ana
Cláudia . III. Moresco, Rodolfo IV. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Biologia
de Fungos, Algas e Plantas. V. Título.

Collini Cristina Pinheiro

Variação estrutural em *Juncus microcephalus* Kunth ocorrente em ambiente de restinga sob a ação de efluente de esgoto doméstico

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 30 de maio de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profª Makeli Garibotti Lusa, Drª (Presidente)
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Profª Fernanda Maria Cordeiro de Oliveira, Drª
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Profª Shirley Martins Silva, Drª
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Biologia de Fungos, Algas e Plantas.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Profª Makeli Garibotti Lusa, Drª
Orientadora

Florianópolis/SC, 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e sabedoria para nunca desistir e ter me protegido, iluminado e guiado meus caminhos para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais, Eduardo Reis Pinheiro e Geisa Henkel Pinheiro, por todo apoio nas horas difíceis e incentivo aos estudos e por todos os valores que me ensinaram, para sempre agir com a verdade e honestidade.

À minha família, por toda compreensão dos momentos em que precisei estar ausente por conta da pesquisa.

À minha professora orientadora Dr^a Makeli Garibotti Lusa, à professora coorientadora Dr^a Ana Cláudia Rodrigues e ao professor coorientador Dr. Rodolfo Moresco pela confiança, paciência e ajuda durante todo o processo de descobertas com a pesquisa.

Aos meus amigos Gustavo Ribeiro, Karoline Almeida Lima e Ketyllen Costa por toda ajuda e suporte para que eu não me sentisse sozinha durante todo o processo, seja durante as coletas, as idas aos finais de semana ao laboratório ou para me acolher em seus lares aconchegantes durante os dias em Florianópolis.

A todos os amigos que fiz ao longo da pós-graduação e que levarei pra sempre com muito carinho no coração, em especial Everton Richetti, Josi Wolff, William Cabral, Fabrizia Baretta e Luciele Romanowski.

À Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e à Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, pela disponibilização de recursos e equipe técnica de laboratório (técnicos e monitores) qualificada para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Em janeiro de 2021, uma lagoa artificial de evapoinfiltração da Estação de Tratamento de Efluentes localizada nas proximidades do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, no município de Florianópolis/SC teve uma de suas paredes rompidas, ocasionando um dos maiores desastres ambientais do município. Esse efluente se espalhou pelos arredores, passando pelas ruas, invadindo as casas, até chegar à Lagoa da Conceição. A partir desse evento, a água de efluente, advinda de outra lagoa, começou a ser drenada pela companhia de saneamento público para uma área de dunas, no interior da unidade de conservação referida, iniciando um processo de alteração ambiental na região. *Juncus microcephalus* foi eleita para este estudo com a finalidade de investigar possíveis alterações estruturais, já que apresenta-se distribuída na área alterada, bem como em condição natural da restinga. Para este estudo foram selecionados três pontos amostrais, sendo um ponto localizado na lagoa formada diretamente pela drenagem, um ponto lateral a essa, mas separado por um cordão arenoso e outro ponto localizado em condição de baixada alagada da restinga, numa área mais distante dentro da unidade de conservação. Para a avaliação da qualidade ambiental e do material botânico, foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos da água e do sedimento, além da caracterização morfoanatômica dos materiais amostrados de *Juncus microcephalus*. Os resultados das análises da água e sedimento revelaram diferenças entre os pontos, com destaque para o ponto 02, que apresentou os maiores níveis de degradação ambiental, evidenciados por elevada turbidez, baixos teores de oxigênio dissolvido, alta DBO e excesso de ferro e fósforo. Os resultados evidenciaram significativa degradação ambiental nos pontos 01 e 02, com destaque para elevadas concentrações de DBO, fósforo, nitrogênio e ferro, além de baixos valores de oxigênio dissolvido, indicando processo avançado de eutrofização. Alterações morfológicas e anatômicas foram observadas em resposta às condições ambientais contaminadas por poluentes. Indivíduos dos pontos mais impactados (01 e 02) apresentaram maior área foliar, aerênquima e ocorrência de idioblastos lipofílicos, enquanto no ponto 03, em condição natural, foi observada maior espessura da epiderme e menor área foliar, entre outras características analisadas, sugerindo adaptações ao déficit hídrico, condizente com a condição natural. Diferenças significativas também foram observadas na exoderme das raízes, com maior suberização nos ambientes contaminados, sugerindo barreira contra poluentes. Esses resultados evidenciam a plasticidade morfoanatômica de *J. microcephalus* frente às variações ambientais, especialmente em áreas afetadas por poluição por efluentes.

Palavras-chave: *Juncus microcephalus*; poluição; anatomia vegetal; vegetação aquática.

ABSTRACT

In January 2021, an artificial evapoinfiltration lagoon from the Wastewater Treatment Plant located near the Dunas da Lagoa da Conceição Municipal Natural Park, in the municipality of Florianópolis/SC, suffered a rupture in one of its walls, causing one of the greatest environmental disasters in the municipality. The effluent spread throughout the surrounding area, flowing through streets, invading homes, and eventually reaching the Lagoa da Conceição. Following this event, effluent water from another lagoon began to be drained by the public sanitation company into a dune area within the aforementioned conservation unit, initiating a process of environmental alteration in the region. *Juncus microcephalus* was chosen for this study to investigate possible structural changes, as it is found both in the altered area and in the natural restinga conditions. Three sampling points were selected for this study: one located in the lagoon formed directly by the drainage, one lateral to it but separated by a sandy barrier, and another in a natural seasonally flooded restinga lowland area further within the conservation unit. To assess environmental quality and botanical material, analyses of the physical-chemical parameters of water and sediment were conducted, along with the morpho-anatomical characterization of the *Juncus microcephalus* samples. The results of the water and sediment analyses revealed differences among the sites, with point 02 standing out due to higher levels of environmental degradation, evidenced by high turbidity, low dissolved oxygen content, high BOD, and excessive iron and phosphorus levels. The results highlighted significant environmental degradation at points 01 and 02, with notably high concentrations of BOD, phosphorus, nitrogen, and iron, as well as low dissolved oxygen levels, indicating an advanced eutrophication process. Morphological and anatomical changes were observed in response to contaminated environmental conditions. Individuals from the most impacted sites (01 and 02) showed larger leaf area, more developed aerenchyma, and the presence of lipophilic idioblasts, while in point 03, under natural conditions, greater epidermal thickness and smaller leaf area were observed, among other characteristics, suggesting adaptations to water deficit consistent with natural conditions. Significant differences were also observed in the root exodermis, with greater suberization in contaminated environments, suggesting a barrier against pollutants. These results highlight the morpho-anatomical plasticity of *J. microcephalus* in response to environmental variations, particularly in areas affected by effluent pollution.

Keywords: *Juncus microcephalus*; pollution; plant anatomy; aquatic vegetation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	DESENVOLVIMENTO	14
2.1	MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1.1	Pontos amostrais e coleta das amostras.....	14
2.1.2	Análise da água superficial.....	17
2.1.3	Análise do sedimento	18
2.1.4	Análise do material botânico	19
2.1.4.1	Análises em microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	19
2.1.4.2	Análises em microscopia de luz.....	19
2.1.4.3	Análises morfométricas e estatística.....	20
2.2	RESULTADOS.....	21
2.2.1	Caracterização ambiental qualitativa	21
2.2.2	Caracterização físico-química da água superficial	22
2.2.3	Caracterização físico-química do sedimento	23
2.2.4	Caracterização do material botânico.....	24
2.2.5	Caracterização morfoanatômicas.....	26
2.2.5.1	Folha	26
2.2.5.2	Caule ereto	28
2.2.5.3	Rizoma	30
2.2.5.4	Raiz.....	32
2.2.6	Caracterização histoquímica.....	34
2.2.7	Caracterização morfométrica.....	35
2.3	DISCUSSÃO	37
2.3.1	Caracterização da água e do solo	37
2.3.2	Material botânico.....	39
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A restinga, um ecossistema costeiro ameaçado, localiza-se em regiões litorâneas do Brasil e apresenta vegetação altamente adaptada a diversas condições adversas como ventos fortes e constantes, névoa salina e condições edáficas únicas, com solos arenosos e salinos, sendo desafiadoras para muitas outras formas de vida. Composta por rica diversidade de plantas, a restinga desempenha um papel importante, podendo abrigar grande diversidade de espécies vegetais e fúngicas, servir como refúgio e fornecer alimentos para diversas espécies de vertebrados e invertebrados, além de servir como barreira natural contra erosão, entre outros serviços ecossistêmicos (NASCIMENTO *et al.*, 2022).

Em 1993 foi publicado o Decreto Federal nº 750 que reconhece a restinga como um ecossistema pertencente ao bioma Mata Atlântica. Para o cumprimento deste decreto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabeleceu na Resolução nº 261 de 1999 os parâmetros básicos que definem os estágios sucessionais das distintas fisionomias de restinga do estado de Santa Catarina, onde são observadas três fitofisionomias: herbácea, arbustiva e arbórea (BINFARÉ e FALKENBERG, 2016).

Embora existam legislações que garantem a proteção dos ecossistemas de restinga, vemos em diversas cidades da costa brasileira que a poluição litorânea tem tomado proporções alarmantes em consequência das ações humanas (FREITAS *et al.*, 2022). As atividades econômicas das cidades litorâneas relacionadas aos portos e ao turismo são grandes ameaças para os ecossistemas costeiros. Além disso, a exploração imobiliária também vem contribuindo muito para o aumento desses problemas ambientais (MUNIZ, 2022). Com o avanço imobiliário, o saneamento básico se torna fundamental para suprir a demanda das localidades e evitar maiores danos ambientais nos ecossistemas de restinga. Além da água potável, o saneamento básico deve incluir a coleta e destinação correta dos resíduos sólidos e dar o tratamento adequado ao esgoto urbano gerado pelas atividades humanas (Agência Nacional de Águas).

O esgoto urbano, também chamado de efluente doméstico, precisa ser tratado antes de ser despejado em cursos d'água receptores, conforme estabelecido pelo CONAMA através da Resolução nº 357 de 2005 dispõe sobre os parâmetros adequados de lançamento de efluentes. Para tanto, os municípios devem manter

Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's, garantindo o tratamento correto desse efluente. Apesar das determinações legais, o lançamento inadequado do efluente pode ser observado em muitas cidades litorâneas, prejudicando dois ecossistemas importantes: os manguezais e as restingas (FINKLER *et al.*, 2018).

O estado de Santa Catarina possui uma importante diversidade de espécies vegetais de restinga que são reconhecidas e apresentadas na Resolução CONAMA nº 261/1999. Dentre essas, as espécies que se desenvolvem próximas a locais úmidos ou banhados, tendem a estar sujeitas a contaminação por efluentes não tratados ou tratados de forma inadequada.

É indispensável que todos os efluentes recebam o tratamento mais adequado conforme o poluente que o compõem, antes de serem lançados nos corpos receptores (drenagem, lagos, rios, etc.), pois é, a partir de um tratamento propício, que se garante a qualidade dos ecossistemas, em especial os ambientes aquáticos (FINKLER *et al.*, 2018). Em sua composição total, o efluente doméstico pode apresentar o resíduo poluidor, a matéria orgânica, organismos patogênicos e metais pesados misturados com água (FINKLER *et al.*, 2018).

Os metais são elementos químicos que formam ligações metálicas robustas entre seus átomos, altamente reativos e interagem facilmente com outras substâncias químicas, comprometendo a função de diferentes moléculas nos organismos. Esses elementos ocorrem naturalmente nos ecossistemas, mas a quantidade liberada por atividades humanas tende a ser muito maior do que as quantidades mínimas necessárias para o funcionamento adequado de vários organismos. Assim, o CONAMA estabelece limites ideais para esses compostos no meio ambiente (POMINI, 2019). Esses metais representam riscos significativos para a saúde da população, além dos demais seres vivos, devido à sua capacidade de bioacumulação no meio ambiente e à sua dificuldade de serem metabolizados pelos organismos (MUNIZ e FILHO, 2006). Como os tecidos não conseguem metabolizar os metais pesados e acumulam grandes quantidades deles por longos períodos, os mesmos começam a ser danificados, o que pode causar toxicidade nos indivíduos e diversas doenças (POMINI, 2019).

Espécies que ocorrem em ambientes poluídos podem apresentar estratégias para sobreviverem, como controlar a absorção para evitar a entrada de poluentes em seus tecidos, ou podem acumular os poluentes em seus tecidos tendo sucesso em removê-los do ambiente em questão (chamadas de fitorremediadoras), ou

também podem absorver os poluentes e utilizá-los em seu proveito e tornando-se individualmente ou populacionalmente mais robustas sendo conhecidas como espécies bioindicadoras de ambientes poluídos (SILVEIRA e MACHADO, 2018). São exemplos de espécies fitorremediadoras o capim-vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) e erva-do-sal (*Batis maritima* L.) bastante utilizado na remoção de metais pesados de substratos contaminados como solo e água (ALMEIDA, 2011; CLEMENTE, 2021). Já como espécie bioindicadora, podemos citar *Avicennia schaueriana* (Stapf & Leechm. ex Moldenke), popularmente conhecida como mangue-preto, que apresentou tendência de bioacumular metais pesados em seus tecidos, podendo então ser utilizada para fins de monitoramento ambiental em áreas de manguezal (RAMOS e GERALDO, 2007).

A espécie *Juncus microcephalus* Kunth, é uma espécie presente na restinga, que pertence à família Juncaceae, que inclui sete gêneros e aproximadamente 440 espécies distribuídas pelo mundo todo, sendo encontradas no Brasil aproximadamente 24 espécies (SUCRE, 2021). Essa família é composta por plantas herbáceas, de hábito cespitoso (GIULIETTI *et al.*, 2017), que se desenvolvem em regiões mais temperadas, em planícies aluviais ou margens de rios, sendo encontradas até cerca de dois mil metros acima do nível do mar (ÁLVAREZ *et al.*, 2021). *Juncus microcephalus* é nativa do Brasil, mas não endêmica, com ocorrência na região Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, podendo ser encontrada nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado, Pampa e Mata Atlântica, nas vegetações de campos de altitude, campos limpos, restinga, associada a corpos de água ou ocorrendo sobre afloramentos rochosos (REFLORA, 2024).

Em Santa Catarina, podemos encontrar indivíduos de *Juncus microcephalus* no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, localizado no município de Florianópolis. Criado em 1988, o parque tem atualmente uma área aproximada de 706,69 hectares (Lei Ordinária 10.388/2018 de Florianópolis/SC), apresentando na sua extensa maioria o ecossistema de restinga, que abriga lagoas temporárias e lagunas permanentes e está localizado entre a Lagoa da Conceição e as Praias da Joaquina e do Campeche. Além desse parque, Florianópolis possui nove unidades de conservação (UCs) reconhecidas por lei, de acordo com a Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM).

O município de Florianópolis, capital catarinense, é um destino turístico bastante procurado por possuir diversos cenários paradisíacos, como belas praias e

trilhas desafiadoras. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, Florianópolis possui mais de 500 mil habitantes, espalhados em uma área territorial de 674,8 km², onde 100% das residências recebem água tratada, no entanto 34,4% destas não possuem um tratamento correto de seu efluente sanitário gerado (Painel de Saneamento Brasil, 2023), o que é contraditório com o status turístico mencionado.

Para atender à crescente demanda por tratamento de esgoto em Florianópolis, foi implantado em 1988 o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Lagoa da Conceição, com foco na coleta e tratamento dos efluentes das áreas próximas à referida lagoa. Até maio de 2022, o tratamento era do tipo secundário, sem remoção de nutrientes como fósforo e nitrogênio. Somente a partir dessa data, passou a operar o tratamento terciário, com remoção química do fósforo e biológica do nitrogênio. O efluente tratado é direcionado para uma lagoa de evapoinfiltração localizada em área de dunas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. Nesse sistema, o retorno do efluente à natureza ocorre por infiltração no solo e evaporação (EHLERT, 2023).

Em janeiro de 2021, a referida lagoa artificial de evapoinfiltração teve uma de suas paredes rompidas, ocasionando um dos maiores desastres ambientais do município. Esse efluente se espalhou pelos arredores, passando pelas ruas, invadindo as casas, até chegar à Lagoa da Conceição (SENGE.SC). Como resposta emergencial e para evitar novos acidentes, foi instalado um sistema de bombeamento da água de efluente que leva e despeja tal produto numa nova área, inserida entre dunas do parque o que resultou na formação de uma lagoa artificial (EHLERT, 2023). Apesar de o efluente ser considerado como tratado, o lançamento em áreas de dunas e no núcleo de uma unidade de conservação não é adequado, já que impacta diretamente na conservação da biodiversidade e dos ecossistemas (EHLERT, 2023). Após o ocorrido, a Lagoa da Conceição vem sendo monitorada com testes físico-químicos pela CASAN e pesquisas vêm sendo realizadas no local para acompanhar e entender o tamanho do impacto causado. No entanto, ainda pouco se sabe ainda sobre os danos que esse desastre pode ter causado no ecossistema do parque, com alguns esforços iniciais como os relatados por Ehlert (2023).

Assim, *Juncus microcephalus* foi escolhida como espécie a ser estudada por sua ocorrência em região contaminada por água de efluente advinda da lagoa de

evapoinfiltração, e por estar presente também em região não contaminada do mesmo parque, o que possibilitou esse trabalho comparativo, no intuito de compreender se a alteração antrópica exerce efeito sobre a espécie vegetal em questão.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a estrutura de *Juncus microcephalus* ocorrente no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC), sob a influência de efluente de esgoto doméstico, e em área natural de restinga, livre de contaminação.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar amostras de água superficial e sedimento em três pontos amostrais, quanto aos parâmetros físico-químicos e avaliar se há poluição considerando a legislação brasileira vigente;
- Avaliar a estrutura morfoanatômica e a histoquímica dos órgãos vegetativos de *Juncus microcephalus* coletados nos três pontos e compará-los entre si para entender as estratégias da espécie frente à poluição.

2 DESENVOLVIMENTO

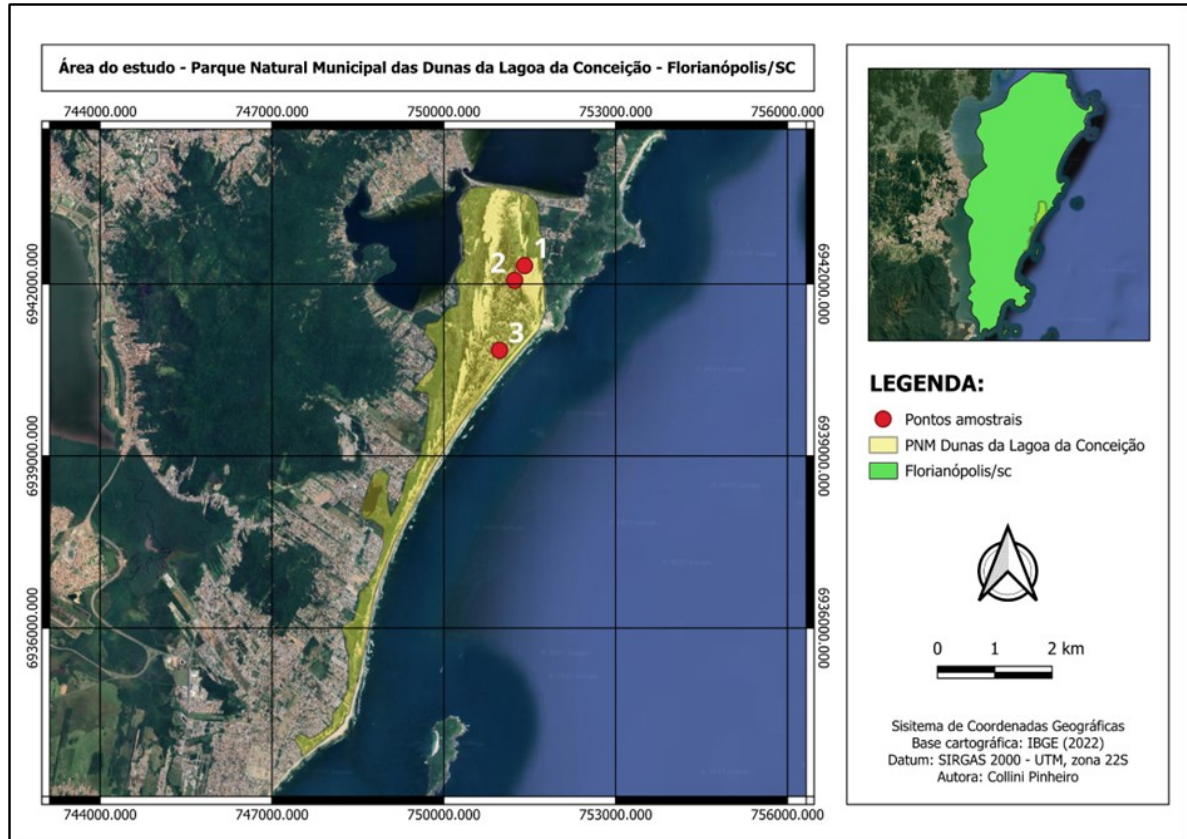
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.1 Pontos amostrais e coleta das amostras

O material amostrado foi coletado em julho de 2022. Foram coletadas amostras de água superficial, sedimento e de material botânico de indivíduos de *Juncus microcephalus* em três pontos (Fig. 1), sendo: Ponto 1 (27°61'62"S 48°45'31"W), área que recebeu a descarga de água de efluente, derivada da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN; Ponto 2 (27°37'4"S 48° 27'13"W), área próxima à primeira (aproximadamente 100 metros de distância), separada por um cordão de areia, que também recebeu água contaminada por efluente proveniente da ETE; e Ponto 3 (27°38'10"S 48°27'41"W), região do parque mais distante das primeiras (aproximadamente 2 quilômetros de distância das primeiras), livre de contaminação.

As coletas foram realizadas de forma manual (Fig. 2), e foram avaliados alguns parâmetros *in situ*, sendo eles: temperatura ambiente, cor, odor, materiais flutuantes, transparência e pH da água coletada.

Figura 1 - Mapa da área de estudos e dos pontos amostrais. Ponto 1 - Área que recebeu a descarga de água de efluente, derivada da ETE. Ponto 2 - Área próxima à primeira, separada por um cordão de areia, que também recebeu água contaminada por efluente proveniente da ETE. Ponto 3 - Região do parque livre de contaminação.



Fonte: A autora (2025).

Figura 2 - Coleta realizada no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. **A.** Vista geral aos fundos da lagoa da ETE próximo ao Ponto 1. **B.** Ponto 01 - Área que recebe a descarga de efluente de esgoto doméstico **C.** Ponto 02 - Área próxima ao Ponto 01. **D.** Ponto 03 - Área natural do parque, distante das áreas contaminadas.



Fonte: A autora (2025).

2.1.2 Análise da água superficial

As amostras de água superficial coletadas em cada ponto foram armazenadas em recipientes plásticos de cinco litros, sendo coletados ao todo 10 litros para cada ponto. Logo após a coleta, ainda em campo, a água passou pelo processo de filtração para retirada do excesso de matéria orgânica e foi realizada a aferição de alguns parâmetros físico-químicos: a) *Temperatura*: Foi verificada a temperatura ambiente e a temperatura de cada amostra, ambas com termômetro digital Minipa®. b) *pH*: O pH foi verificado durante a amostragem utilizando a fita de papel indicador de pH marca Kasvi. Para confirmação, em laboratório o pH foi mensurado com um peagâmetro digital de mesa, Tecnal®. c) *Turbidez*: a turbidez de cada amostra foi determinada em laboratório, utilizando um equipamento turbidímetro. d) *Oxigênio dissolvido (OD), potencial redox e condutividade*: os dados foram mensurados através da sonda multiparâmetros Akso AK88. e) *Sólidos solúveis*: foram aferidos utilizando-se um refratômetro portátil, de grau Brix. f) *Sólidos sedimentáveis*: para determinar os sólidos sedimentáveis foi utilizado, em laboratório, a técnica determinada pela Norma Brasileira (NBR) nº 10.561 (ABNT, 1988), usando cone de Imhoff para quantificação. g) *DBO e DQO*: o valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e da Demanda Química de Oxigênio - DQO foram determinados respectivamente pelos métodos 5210 D e 5220 D do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMWW (2017). h) *Cloretos*: foram determinados pelo método 4500-Cl-B do SMWW. i) *Cloro*: determinado pelo método 4500-Cl G do SMWW. j) *Fluoreto*: determinado pelo método 4500 F, B e D do SMWW. k) *Nitrogênio*: foi determinado pelo método Kjeldahl (YASUHARA e NOKIHARA, 2001). l) *Fósforo*: a determinação das quantidades de fósforo foi realizada através do método do Molibdovanadato, também conhecido como determinação por colorimetria do SMWW (2017). Para tal análise foram utilizados 35 ml de amostra, colocados em um frasco Erlenmeyer de 125 ml e adicionado 5 ml de ácido nítrico (HNO_3), 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e colocado para ferver a 150°C até evaporar boa parte da água da amostra. Após essa etapa, as amostras esfriaram e foram adicionados 1 ml de água destilada, 4 ml de hidróxido de sódio (NaOH) e 1 gota de fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) em cada uma. Na sequência para cada amostra foi adicionado gota a gota hidróxido de sódio (NaOH) novamente, até o líquido ficar de cor rosa forte e logo em seguida, foi adicionado

também gota a gota, ácido sulfúrico (H_2SO_4), até o líquido ficar transparente. Após esse procedimento as amostras foram colocadas em balão volumétrico de 50 ml, foi adicionado 10 ml de vanadato (NH_4VO_3) e foi completado o balão volumétrico com água destilada e na sequência foram analisadas em espectrofotômetro. Para cada amostra, as análises foram realizadas em duplicatas.

Além dos parâmetros físico-químicos, foi investigada a presença de metais traço (cádmio, chumbo, cobre, ferro, manganês, mercúrio, níquel e zinco) a partir de ensaios laboratoriais. Após as análises, o restante da água coletada foi armazenada em recipientes plásticos de 500 mililitros e congeladas a -20°C para a preservação dos compostos presentes para realização de análises adicionais que fossem necessárias ao longo da pesquisa. As análises físico-química da água foram realizadas no Laboratório de Cultivo Celular Vegetal - LCCV e no Laboratório de Farmacologia da Universidade do Vale do Itajaí – Univali. A determinação da presença de metais traço foi realizada pela Central de Laboratório de Ensaios Analíticos - CLEAn - Univali.

2.1.3 Análise do sedimento

As 400g das amostras de sedimento de cada ponto foram colocadas em pacotes Zip Lock (Fig. 3B) e armazenadas em freezer a -20°C no LCCV para preservação dos compostos presentes para posterior realização das análises em laboratório. Para as amostras, foram determinados os seguintes parâmetros físico-químicos: a) *pH*: o valor de pH foi definido em laboratório com um peagâmetro digital de mesa, Tecnal®. b) *Fósforo*: determinação por colorimetria do SMWW (2017). c) *Nitrogênio*: determinado pelo método Kjeldahl (YASUHARA e NOKIHARA, 2001). d) *Sódio*: determinado pelo método EPA 3050 B:1996, EPA 3051 A:2007, EPA 6010 D:2018 do determinação por colorimetria do SMWW (2017). Todas as análises físico-químicas citadas foram realizadas pela Central de Laboratório de Ensaios Analíticos - CLEAn, da Univali.

2.1.4 Análise do material botânico

Foram coletados seis indivíduos de *Juncus microcephalus* em cada ponto amostral, considerando sistema aéreo (folhas e caules eretos) e subterrâneo (rizomas e raízes) para as análises morfológicas e anatômicas. Além disso, foram coletados indivíduos com estrutura reprodutiva para montagem de exsicata e tombamento do material testemunho no Herbário FLOR da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

Para as análises morfométricas e anatômicas qualitativas e quantitativas, as amostras vegetais foram fixadas em FAA 70 (formaldeído 37%, ácido acético glacial e álcool etílico 70%, na proporção 0,5:0,5:9) (JOHANSEN, 1940) por 24 horas e depois armazenadas em etanol 70%. Parte do material fixado foi utilizada para a realização de testes histoquímicos, parte para análises em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e parte foi infiltrada em historresina para a confecção de lâminas histológicas permanentes, para as análises anatômicas quantitativas e qualitativas.

2.1.4.1 *Análises em microscopia eletrônica de varredura (MEV)*

As amostras de raiz, rizoma, caule ereto e folha previamente fixadas, foram seccionadas transversalmente à mão livre, em porções de aproximadamente 1 centímetro, da região mediana de cada órgão. Na sequência, foram desidratadas em série etílica até álcool absoluto e secas via ponto crítico em equipamento modelo EM-CPD-030/LEICA. Depois disso, as amostras foram coladas com fitas dupla-face de carbono em stubs e recobertas com uma camada de pó de ouro no metalizador modelo EM-SCD-500/LEICA. Esse material foi analisado no Microscópio de Varredura JEOL JSM-6390LV com filamento de tungstênio, no LCME - Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

2.1.4.2 *Análises em microscopia de luz*

A partir do material botânico previamente fixado e estocado em etanol 70%, foi confeccionado laminário histológico. Para tanto, foram selecionadas amostras de

folhas (terço médio das folhas cilíndricas), caules eretos (alongados), rizomas (regiões plenamente desenvolvidas) e raízes (íntegras, na porção mediana entre o ápice a a inserção no rizoma). Parte das amostras foi analisada a partir de cortes a mão livre (confeção de lâminas temporárias), especialmente para testes histoquímicos e parte foi processada para inclusão em historresina (Leica). Tais amostras foram desidratadas em série etílica até etanol 96% e seguiram o processo de inclusão em historresina conforme instruções do fabricante. O material foi pré-infiltrado por sete dias e infiltrado por mais dez dias e então emblocado em historresina. Para cada órgão, foram confeccionados seis blocos por ponto amostral, sendo um bloco para cada indivíduo. Os blocos foram seccionados em micrótomo rotativo Leica, a 5 µm de espessura, para a montagem das lâminas permanentes. Foram montadas oito lâminas para cada bloco, com seis cortes por lâmina, totalizando 48 lâminas por ponto amostral, para cada órgão. Para descrição geral, parte do laminário foi corado com Azul de Toluidina (ATO) (0,05% em tampão citrato-fosfato, pH 4,5; Sakai, 1973).

Para os testes histoquímicos foram utilizados os seguintes reagentes: lugol para detecção de amido (JOHANSEN, 1940); sudan III para detecção de lipídios (SASS, 1951); azul brilhante de Comassie para detecção de proteínas (GAHAN, 1984); e cloreto férrico para detecção de compostos fenólicos (JOHANSEN, 1940).

As análises e capturas das imagens do material foram realizadas em microscópio Leica DM2500 acoplado com câmera de captura DFC29, pelo software Leica Application Suite 3.8. Todos os procedimentos acima citados foram realizados no Laboratório de Anatomia Vegetal - LAVeg, no Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

2.1.4.3 *Análises morfométricas e estatística*

Após a finalização das capturas, foram realizadas as mensurações no Programa Image-J (ELICEIRI, 2021) nos órgãos dos seis indivíduos para cada ponto amostral. Para a folha, foram mensuradas a área total (diâmetro), área interna da lacuna (aerênquima), parênquima clorofiliano paliçádico, parênquima clorofiliano regular, parênquima de preenchimento, parênquima total, altura das células da epiderme e espessura da parede periclinal externa da epiderme. Para o caule ereto e o rizoma foram mensurados a espessura da região do córtex (incluindo exoderme

e endoderme). E para as raízes, foram mensurados, área radicular total (diâmetro), área do cilindro central, altura das células da endoderme, espessura do córtex e comprimento dos pelos radiculares.

A partir da obtenção desses dados, foram realizadas análises estatísticas para comparar os dados quantitativos obtidos nos três pontos de coleta, a partir do cálculo da média, desvio padrão e subsequente Análise de Variância Univariada (ANOVA). Na sequência, foi realizado um teste post-hoc para identificar quais grupos diferem entre si. Os dados foram assim submetidos ao teste de Tukey com nível de significância de 5% para a avaliação da variação dos parâmetros nos ambientes. Os dados foram analisados estatisticamente em ambiente R, utilizando o pacote Vegan (R Core Team, 2022).

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Caracterização ambiental qualitativa

No momento da coleta, no ponto 01 a água não apresentava coloração, tinha odor fraco, sem espumas, sem fauna presente, sem material flutuante. O sedimento coletado apresentou coloração clara, esperada para ambiente arenoso de praia. A vegetação nesse ponto tinha coloração verde clara (habitual).

No ponto 02 a água apresentou coloração marrom, forte odor característico de efluente doméstico, sem espumas, sem fauna presente e com presença de um tapete de macrófitas na superfície. O sedimento coletado apresentou coloração mais escura, assim como toda a vegetação presente neste ponto.

No ponto 03 a água estava incolor, sem odor, sem espumas, sem fauna e apenas folhas secas flutuando na superfície. O sedimento possuía uma coloração clara, da mesma forma a vegetação presente, que possuía um menor porte comparado aos demais pontos.

2.2.2 Caracterização físico-química da água superficial

Com relação aos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água coletadas nas lagoas dos pontos analisados, podemos observar os valores na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos e metais analisados nas amostras de água coletadas.

Parâmetro	Amostras			Legislação aplicável
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	CONAMA nº 357/05
pH	6,93	6,61	5,64	6 - 9
Turbidez (NVT)	0,1	74,5	0,1	≤ 40
OD (mg)	8,6	1,08	9,48	≥ 5
Potencial redox (mV)	59,7	35	175,6	-
Condutividade (uS/cm)	879	487	92	-
DBO (mg/L)	7,6	23	2,7	≤ 3
DQO (mg/L)	< 50,0	< 50,0	< 50,0	-
Sólidos solúveis totais (mg/L)	7	218	1	500
Cloro (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 0,01
Fluoreto (mg/L)	0,52	0,26	< 0,16	≤ 1,4
Cloretos (mg/L)	154,77	93,82	22,04	≤ 250
Nitrogênio (mg/L)	47,1	1,6	< 1,0	2,18
Fósforo (mg/L)	0,16	1,62	0,004	≤ 0,025
Cádmio (mg/L)	< 0,000	< 0,001	< 0,001	≤ 0,001
Chumbo (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤ 0,01
Cobre (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤ 0,009
Ferro (mg/L)	0,25	0,71	0,08	≤ 0,3
Manganês (mg/L)	0,02	0,05	0,02	≤ 0,1
Mercúrio (mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	≤ 0,0002
Níquel (mg/L)	< 0,025	< 0,025	< 0,025	≤ 0,025
Zinco (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 0,18

Fonte: A autora (2025).

Além dos resultados das análises físico-químicas, a Tabela 1 também apresenta os valores padrão para qualidade de corpos d'água estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA nº 357/05). Foram considerados os valores estabelecidos para água doce classe I, embora a resolução define que corpos d'águas localizadas dentro de unidades de conservação deverão ser considerados como classe especial e que suas características naturais devem ser mantidas por tempo integral.

2.2.3 Caracterização físico-química do sedimento

Os parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de solo coletadas nos três pontos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de sedimento.

Parâmetro	Amostras		
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
pH	6,86	6,27	4,93
Fósforo (mg/kg)	15,83	19,92	10,09
Nitrogênio (mg/kg)	200,47	109,27	401,19
Sódio (mg/kg)	23,9	106,3	24,1

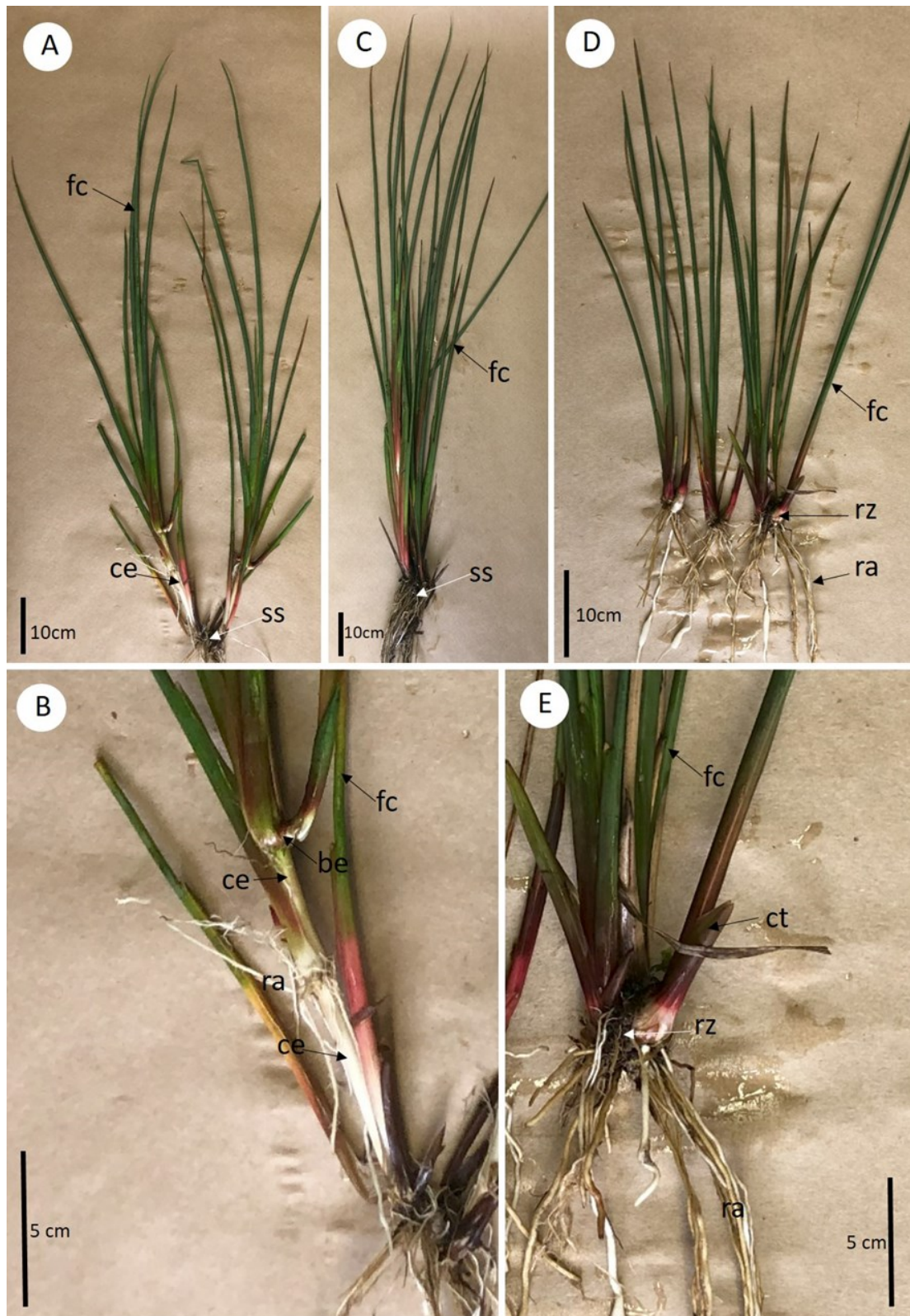
Fonte: A autora (2025).

Para solos não há uma regulamentação nacional que infira sobre a sua qualidade e níveis considerados para poluição, diferentemente dos parâmetros físico-químicos que possuem valores padrão para qualidade de corpos d'água estabelecidos por legislação, no Brasil, não existe nenhum tipo de lei com o mesmo objetivo.

2.2.4 Caracterização do material botânico

Com relação à morfologia, os indivíduos de *J. microcephalus* apresentam sistema subterrâneo constituído de rizoma plagiotrópico congesto, coberto por escamas e raízes adventícias, as quais se originam nos nós do rizoma e, geralmente, não se ramificam (Fig. 3A-E). Os rizomas podem originar caules eretos que se elevam perpendicularmente acima do solo, de diferentes tamanhos, cujo ápice se entumece, com estrutura semelhante ao rizoma subterrâneo, o qual forma raízes adventícias, folhas e gemas (Fig. 3B). As folhas são cilíndricas com bainha amplexicaule e aberta.

Figura 3 - Hábito de *Juncus microcephalus*. **A-B.** Ponto 01. **C.** Ponto 02. **D-E.** Ponto 03. be: base entumecida; ce: caule ereto; ct: catafilo; fc: folha cilíndrica; ss: sistema subterrâneo; ra: raiz adventícia; rz: rizoma.



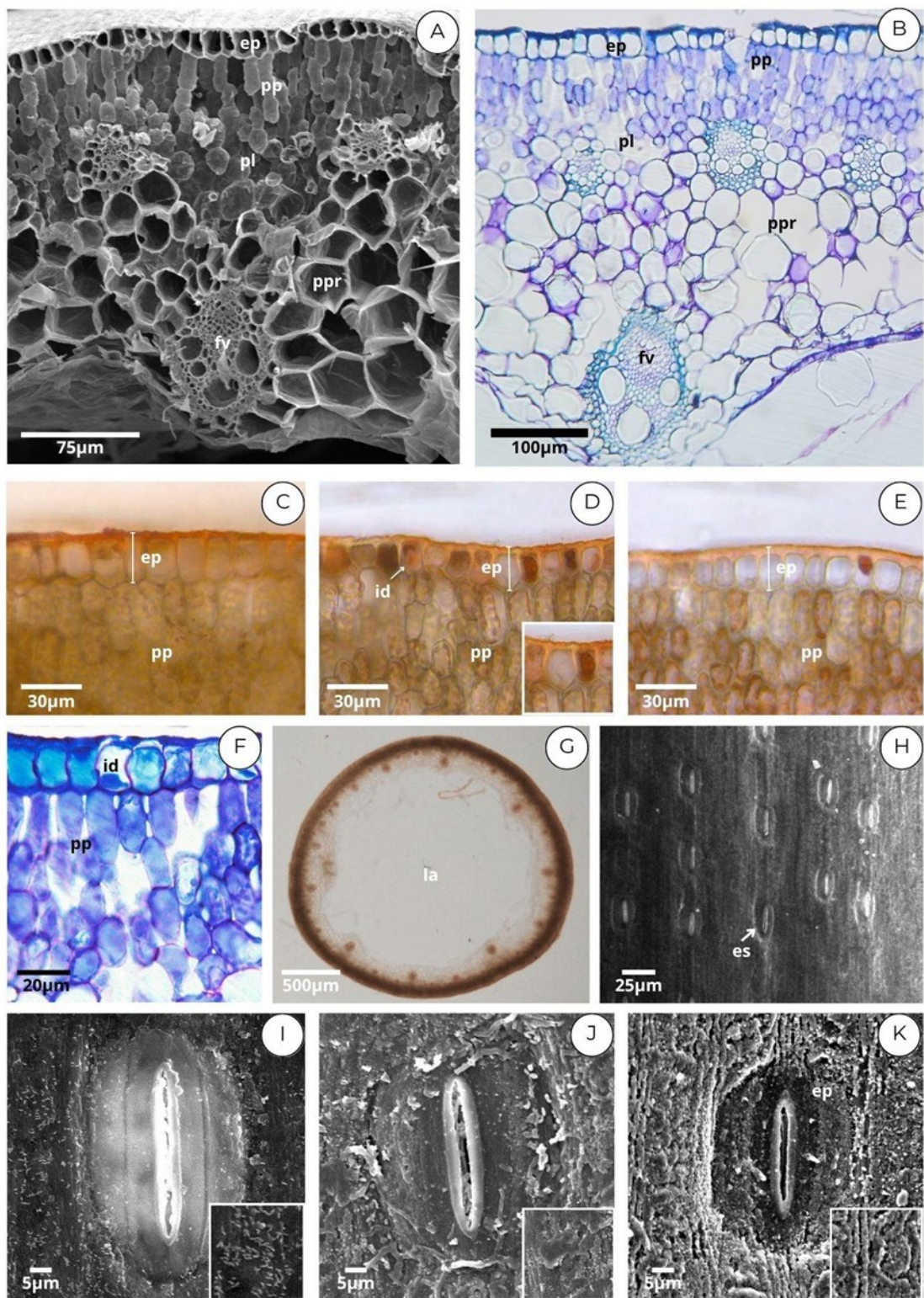
Fonte: A autora (2025).

2.2.5 Caracterização morfoanatômicas

2.2.5.1 Folha

A porção cilíndrica da folha de *J. microcephalus* (Fig. 4A-K) apresenta epiderme uniestratificada seguida internamente de três camadas de parênquima paliçádico e aproximadamente três camadas de parênquima lacunoso, e internamente por sete a dez camadas de parênquima de preenchimento, onde estão dispersos os feixes vasculares (Fig. 4A-B, G). Na região central da folha existe uma ampla lacuna de aerênquima (Fig. 4H). Na epiderme, foram identificados idioblastos de natureza lipofílica em indivíduos de todos os pontos, mas com reação mais intensa nos indivíduos do ponto 2 (Fig. 4C-E). A metacromasia do reagente azul de toluidina sugere a presença de compostos fenólicos (Fig. 4G). Os estômatos estão distribuídos de forma uniforme na superfície foliar (Fig. 4F), mas a superfície foliar de cada ponto apresentou características distintas entre si. Na superfície das folhas amostradas no ponto 01 foi observada cera epicuticular em formato de bastonete e presença de cutícula lisa (Fig. 4I). Já na superfície foliar de amostras do ponto 02 (Fig. 4J) podemos observar a cera em formato de crosta ao redor do estômato e a cutícula pouco estriada. E na superfície da folha de amostras do ponto 03 a cera apresenta ambos os formatos (bastonete e crosta) e a cutícula apresentando muitas estrias (Fig. 4K).

Figura 4 - Folha de *Juncus microcephalus*, região mediana. **A, H-K.** Imagens de MEV. **B-F.** Imagens de microscopia de luz. **A-G.** Secções transversais. **H-K.** Secções longitudinais frontais. **A, C, H-I.** Indivíduos do ponto 01. **B, D, F-G, J.** Indivíduos do ponto 02. **E, K.** Indivíduos ponto 03. **A-B.** Observa-se a epiderme unisseriada, parênquima clorofiliano paliçádico e lacunoso seguido por parênquima de preenchimento, onde estão inseridos os feixes vasculares. **C-F.** Detalhe da epiderme mostrando altura da célula da epiderme e idioblastos com reação positiva para substâncias lipofílicas. **G.** Visualização geral da folha com ampla lacuna de aerênquima central. **F.** Organização dos estômatos. **I-K.** Detalhe dos estômatos com detalhes da deposição das ceras epicuticulares ('*insets*'). ep: epiderme; es: estômato; fv: feixe vascular; id: idioblasto; la: lacuna de ar do aerênquima; pl: parênquima lacunoso; pp: parênquima paliçádico; ppr: parênquima de preenchimento.

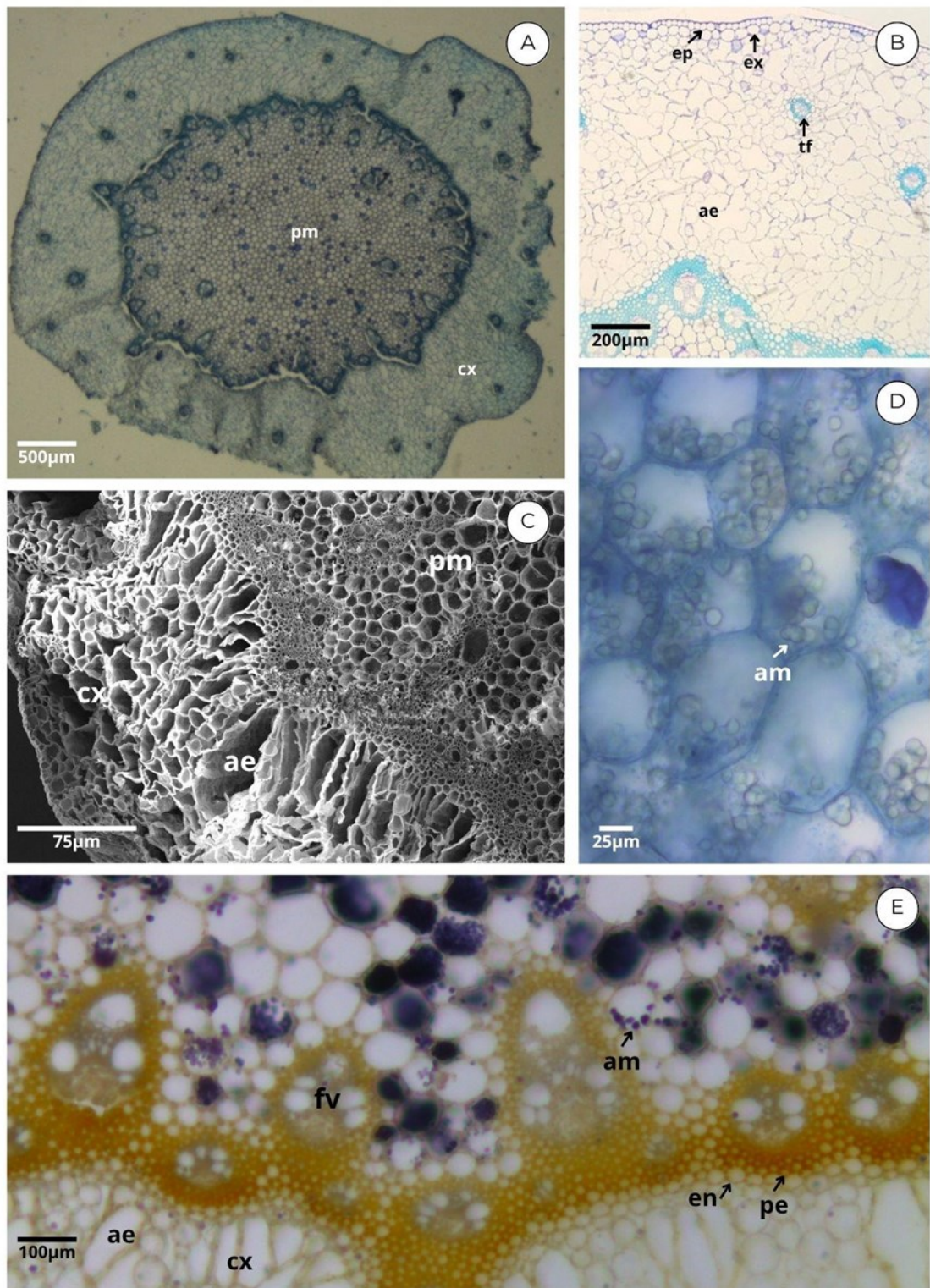


Fonte: A autora (2025).

2.2.5.2 *Caule ereto*

O caule ereto tem formato cilíndrico (Fig. 5A), e em secção transversal observamos que a epiderme é uniestratificada, seguida internamente por uma camada de exoderme e por uma série de camadas de aerênquima com espaços intercelulares regulares (Fig. 5B-C). Nessa região cortical podem ser observados inúmeros traços foliares (Fig. 5A-B). O cilindro vascular apresenta parênquima de reserva (amilífero), cujas células são amplas, isodiamétricas e armazenam amiloplastos em grande quantidade (Fig. 5D-E). Além disso, o cilindro vascular apresenta feixes vasculares colaterais, em organização atactostélica e envolvidos externamente por periciclo fibroso e por endoderme (Fig. 5E).

Figura 5 - Caule ereto de *Juncus microcephalus*. **A-E**. Secções transversais. **A-B, D-E**. Imagens de microscopia de luz. **C**. Imagem de MEV. **A, C, E**. Indivíduos do ponto 01. **B**. Indivíduo do ponto 02. **A**. Visualização geral do caule ereto. **B**. Detalhe da epiderme e córtex com exoderme e aerênquima com traços foliares. **D**. Células do parênquima de reserva evidenciando grãos de amido. **E**. Parênquima amilífero no cilindro vascular. Notar feixes vasculares colaterais delimitando as regiões do córtex e do cilindro vascular, envolvidos por anel de esclerênquima de origem pericíclica. ae: lacuna de ar do aerênquima; am: grãos de amido; cx: córtex; en: endoderme; ep: epiderme; ex: exoderme; fv: feixe vascular; pe: periciclo; pm: parênquima medular; tf: traço foliar.

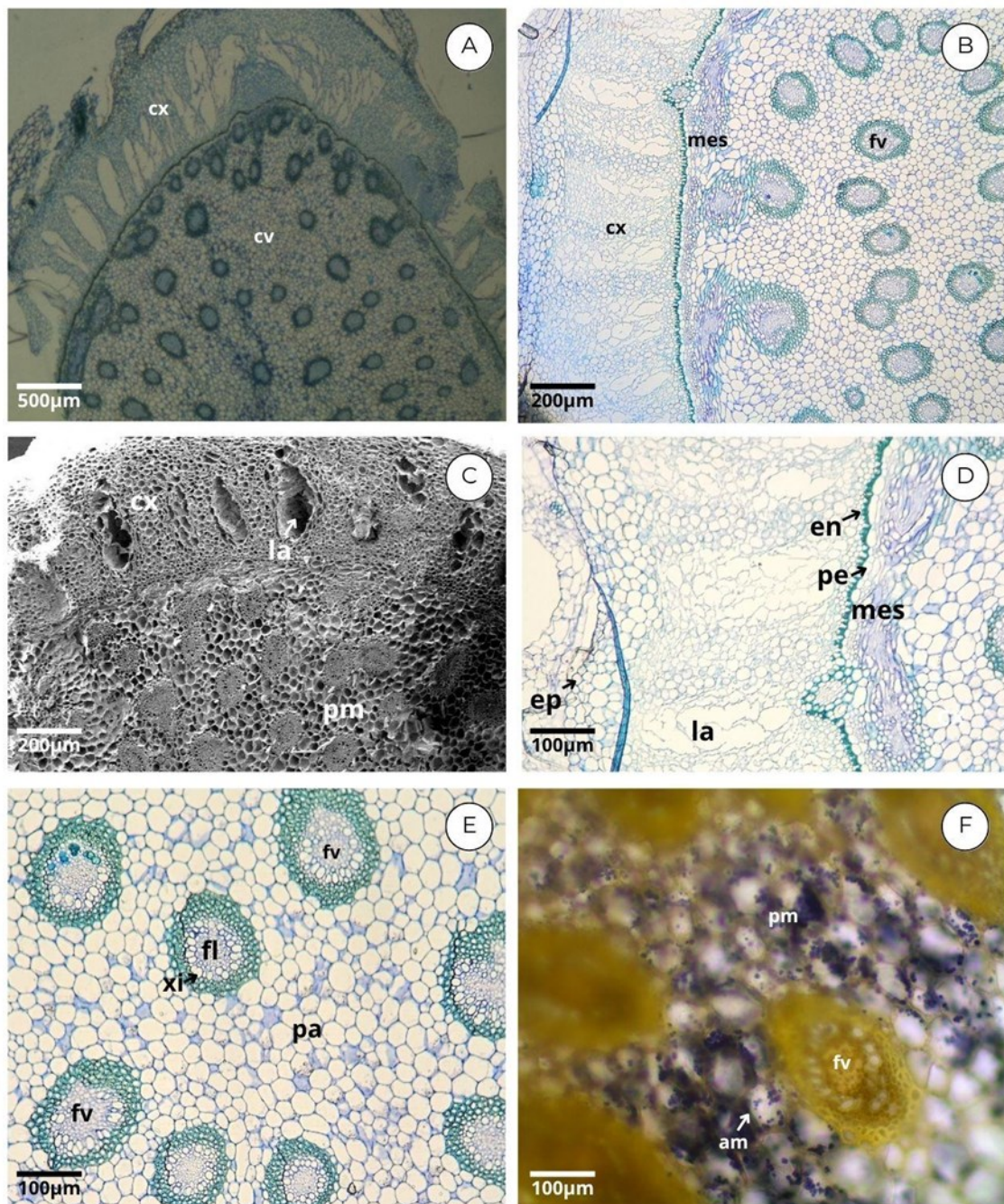


Fonte: A autora (2025).

2.2.5.3 Rizoma

O rizoma em *Juncus microcephalus* é subterrâneo com a estrutura anatômica semelhante à descrita para o caule ereto (Fig. 6A-F). O órgão também apresenta epiderme uniestratificada, seguida internamente pelo parênquima e aerênquima cortical, com lacunas visualmente amplas (Fig. 6A-C) e pela endoderme, que diferentemente do caule ereto, apresenta espessamento de suberina em formato de “U” (Fig. 6D). Observa-se externamente o meristema de espessamento secundário (MES) (Fig. 6D) e feixes vasculares anfivasais, envoltos por bainha de esclerênquima aparentemente mais conspícua, sendo também dispersos no parênquima amilífero (Fig. 6E-F).

Figura 6 - Rizoma de *Juncus microcephalus*. **A-F**. Secções transversais. **A-B, D-F**. Imagens de microscopia de luz. **C**. Imagem de MEV. **A, C, D, F**. Indivíduos do ponto 01. **B, E**. Indivíduos do ponto 02. **A-C**. Visão geral. **D**. Detalhe da epiderme, exoderme, aerênquima, endoderme e MES. **E**. Detalhe dos feixes vasculares anfivasais dispersos no parênquima do cilindro vascular. **F**. Células do parênquima de reserva no cilindro vascular evidenciando grãos de amido. ae: lacuna de ar do aerênquima; am: grãos de amido; cx: córtex; ep: epiderme; ex: exoderme; fv: feixe vascular; pa: parênquima amilífero; la: lacuna de aerênquima; mes: meristema de espessamento secundário; pe: periciclo; en: endoderme; fl: floema; xi: xilema.

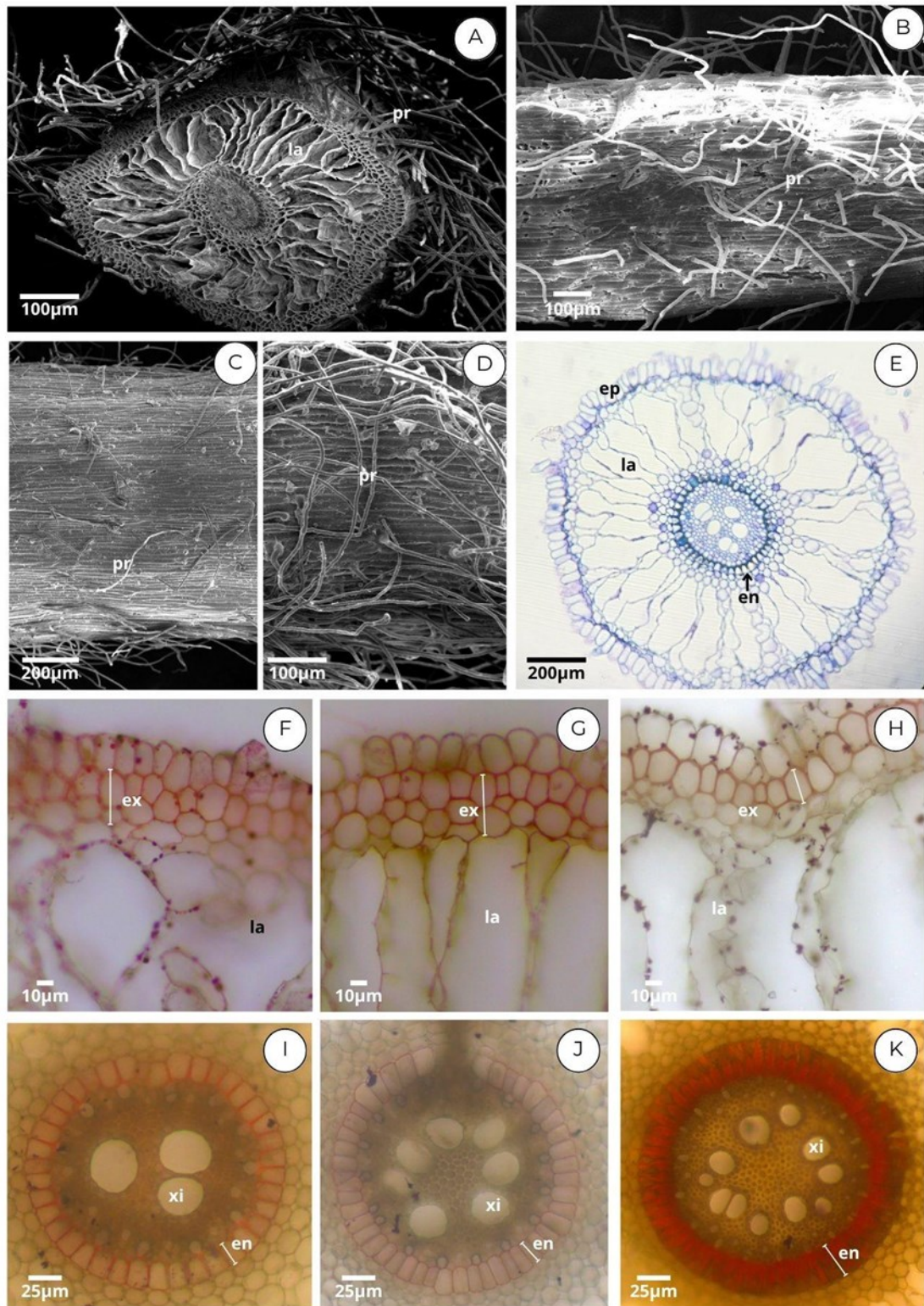


Fonte: A autora (2025).

2.2.5.4 Raiz

A anatomia da raiz de *Juncus microcephalus* é similar em todos os pontos amostrados, no entanto, as raízes do ponto 03 (Fig. 7A, D) apresentaram visualmente maior quantidade de pelos radiculares, em relação às raízes dos pontos 01 e 02 (Fig. 7B-C, respectivamente). Em corte transversal, a epiderme é formada por uma única camada de células alongadas periclinalmente. O córtex apresenta exoderme com duas camadas de células nos pontos 1 e 2 (Fig. 7F-G) e uma camada no ponto 3 (Fig. 7H), seguida por amplo aerênquima (Fig. 7E), e mais internamente por três a quatro camadas de células parenquimáticas, sendo a última a endoderme (Fig. 7I-K). A endoderme apresenta espessamento da parede em “U” de natureza suberizada, sendo o espessamento muito mais conspícuo nos indivíduos do ponto 03 (Fig. 7K). O cilindro vascular é poliarco, envolvido por uma camada de células do periciclo logo abaixo da endoderme, interrompida por elementos de vaso do protoxilema. O floema é menos evidente e a medula tende à esclerificação (Fig. 7I-K).

Figura 7 - Raiz de *Juncus microcephalus*, região mediana. **A-D**. Imagens de MEV. **E-K**. Imagens de microscopia de luz. **A, E-K**. Secções transversais. **B-D**. Secções longitudinais frontais. **B, E-F, I**. Indivíduos do ponto 01. **C, G, J**. Indivíduos do ponto 02. **A, D, H, K**. Indivíduos do ponto 03. **E**. Visualização geral da raiz. **F-G**. Detalhe mostrando exoderme suberificada nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente. **I-K**. Detalhe da endoderme. ae: lacuna de ar do aerênquima; en: endoderme; ep: epiderme; ex: exoderme; pr: pelo radicular; xi: xilema.



Fonte: A autora (2025).

2.2.6 Caracterização histoquímica

Os testes histoquímicos realizados e as intensidades de reação podem ser observados na Tabela 3. Para proteínas, foi identificada reação apenas para aquelas estruturais, sem diferenciação entre os órgãos analisados. Compostos fenólicos (identificados pelo cloreto férrico) foram observados na exoderme das raízes, na endoderme do rizoma e na epiderme e no periciclo do caule ereto. A presença de grãos amido foi detectada no caule ereto e no rizoma, para ambos órgãos ocorrendo nas células do parênquima do cilindro vascular, com reação intensa nos três pontos (Fig. 5D-E, 6F). Na folha, observou-se reação intensa no conteúdo de algumas células da epiderme indicando a presença de idioblastos com substâncias lipofílicas (Fig. 4D-E) e a presença de cutícula com reação mais intensa nos pontos 01 e 02 (Fig. 4C-E). A reação dos idioblastos lipofílicos foi mais intensa nos pontos 01 e 02 quando comparada ao ponto 03. Nas raízes, reação positiva para substâncias lipofílicas pode ser observada nas paredes das células da exoderme e na parede celular da endoderme, para todos os pontos, indicando a presença de suberina.

Tabela 3 - Resultado da análise histoquímica nos órgãos vegetativos de *Juncus microcephalus*. P1 = Ponto 01; P2 = Ponto 02; P3 = Ponto 03; (-) sem reação; (+) reação positiva; (++) reação positiva intensa; (+++) reação positiva muito intensa.

Reagente	Compostos	Órgão	Região/tecido	P1	P2	P3
Azul Brilhante de Comassie	Proteínas	Folha, caule ereto, Rizoma e Raiz	-	-	-	-
Cloreto Férrico	Fenóis	Caule ereto	Epiderme	++	++	++
			Periciclo	+++	+++	+++
		Rizoma	Endoderme	++	+	++
		Raiz	Exoderme	+	+	+++
Lugol	Amido	Caule ereto	Cilindro vascular	++	++	++
		Rizoma	Cilindro vascular	++	++	++
		Folha	Idioblastos	+	++	+
Sudan III	Lipídios	Folha	Cutícula	+++	+++	+
			Exoderme	+	++	+
		Raiz	Endoderme	+	+	+

Fonte: A autora (2025).

2.2.7 Caracterização morfométrica

A Tabela 4 apresenta os valores das médias e desvio padrão das mensurações feitas na folha, caule reto, rizoma e raiz de *Juncus microcephalus*.

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão da anatomia quantitativa dos órgãos vegetativos de *Juncus microcephalus*. DP = desvio padrão. Todos os valores são apresentados em micrômetros (μm).

Variável	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Área foliar total	1223.06	304.05	1441.53	370.18	8977.67	290.89
Lacuna do aerênquima foliar	674.66	189.98	839.28	227.99	490.08	182.60
Parênquima paliádico	121.28	19.93	131.10	41.69	138.17	16.61
Parênquima lacunoso	124.40	30.96	153.44	47.37	119.25	26.86
Parênquima clorofiliano total	70.01	20.79	64.64	26.38	79.18	12.44
Parênquima de preenchimento	51.11	6.04	66.46	19.94	58.98	4.84
Parênquima total	245.69	28.08	309.99	69.32	257.42	36.15
Altura da epiderme foliar	4.57	0.25	4.16	0.35	4.72	0.36
Espessura da parede periclinal externa da epiderme foliar	0.70	0.11	0.74	0.14	1.18	0.14
Espessura do córtex do caule ereto	0.75	0.19	0.75	0.09	0.84	0.08
Espessura do córtex do rizoma	0.55	0.09	0.75	0.09	0.84	0.08
Área radicular total	821.65	291.66	955.18	199.37	116.98	527.85
Comprimento do pelo radicular	207.03	139.28	204.28	76.21	204.28	76.21
Espessura do córtex radicular	207.61	40.76	221.02	29.55	238.35	65.63
Espessura da endoderme radicular	6.83	1.47	6.38	1.18	6.38	1.18
Área do cilindro central radicular	38327.88	14790.10	46969.85	12695.20	75068.90	38841.43

Fonte: A autora (2025).

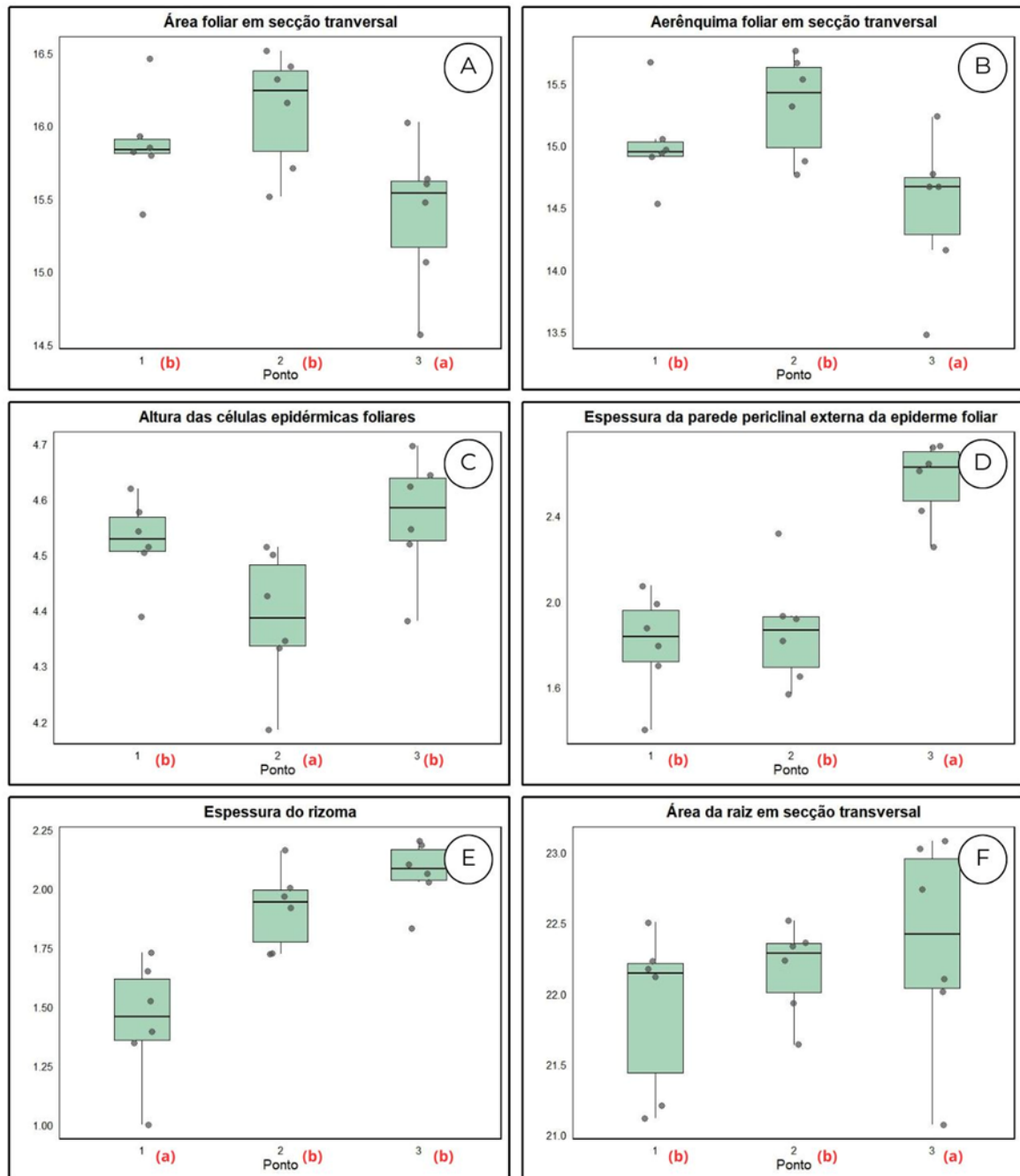
As variáveis morfométricas que apresentaram diferenças significativas entre os pontos estão apresentadas na Tabela 5 e ilustradas em gráficos na Figura 8.

Tabela 5 - Diferenças significativas reveladas a partir da ANOVA. GL: Graus de Liberdade; SQ: Soma dos quadrados; F= Fischer; p: valor de significância. Dados transformados em escala logarítmica.

Órgão/região	GL	SQ	Média (log)	F	p
Área foliar total	2	1.57	0.78	4.41	0.0310
Aerênquima foliar	2	2.08	1.04	4.61	0.0275
Altura da epiderme foliar	2	0.11	0.05	4.91	0.0229
Espessura da parede periclinal externa da epiderme foliar	2	2.11	1.05	19.63	0.0001
Espessura do córtex do rizoma	2	1.28	0.64	16.83	0.0001
Área radicular total	2	2.08	1.04	4.61	0.0275

Fonte: A autora (2025).

Figura 8 - Gráficos das análises estatísticas das variáveis morfométricas que apresentaram diferenças significativas entre os pontos. Letras iguais nos pontos não diferem estatisticamente entre si pelo teste.



Fonte: A autora (2025).

Os valores obtidos para as medidas da área foliar total em secção transversal apresentam diferença significativa entre os pontos 2 e 3 ($p = 0.03$), mas quando comparados os pontos 2 com 1 e 3 com 1, não são estatisticamente diferentes (Fig. 8A). Da mesma forma, diferenças significativas entre os pontos 2 e 3 foram registradas para as medidas da lacuna do aerênquima foliar ($p = 0.03$) (Fig.

8B) e altura da epiderme foliar ($p = 0.02$), mas nesse último caso também houve diferença entre os pontos 1 e 2 (Fig. 8C). A espessura da parede periclinal externa da epiderme foliar apresentou diferença estatística significativa entre os pontos 1 e 3 e entre os pontos 2 e 3, ambos com valor de $p = 0.01$ encontrado (Fig. 8D). A espessura do córtex do rizoma apresentou diferença estatística entre os pontos 1 e 2 e entre 1 e 3, sendo os valores de $p = 0.01$ para ambos (Fig. 8E). Para a raiz, a área radicular total apresentou diferença estatística significativa entre os pontos 1 e 3 e 2 e 3, com o valor de $p = 0.03$ (Fig. 8F).

2.3 DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização da água e do solo

Em relação às características da água e do sedimento, os resultados obtidos indicam diferenças ambientais significativas entre os pontos amostrais analisados. O ponto 02, que ocorre numa área imediatamente lateral ao ponto de descarga de água do efluente, foi o que apresentou maior desconformidade em relação à legislação ambiental, especialmente no que se refere aos parâmetros de qualidade da água (Resolução CONAMA 357/05), o que pode sugerir que este local drene as substâncias descarregadas no ponto 01. Esse ponto registrou elevada turbidez, atribuída ao alto teor de sólidos dissolvidos, além de concentrações de oxigênio dissolvido abaixo dos limites estabelecidos (GUEDES *et al.*, 2024). Também foram observadas altas concentrações de ferro disponível e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) elevada, com valor muito acima do permitido (23 mg/L) indicando possível impacto orgânico, indicando atividade microbiológica intensa e possível presença de matéria orgânica em decomposição. Os valores de oxigênio dissolvido (OD) no ponto 02 foram abaixo do estabelecido (1,08 mg/L), reforçando então que existe grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, pois quanto maior a quantidade de oxigênio dissolvido, melhor é a qualidade do ambiente aquático (SANTOS, 2012). No sedimento, o ponto 02 também se destacou pelos maiores teores de sódio, o que pode ser resultado de uma influência do mar, a partir de deposição atmosférica desse elemento ou sugerindo uma atuação das características geoquímicas do substrato (RAMOS, J., 2015).

O ponto 01, por sua vez, apresentou também valores de DBO acima dos limites permitidos, comprometendo a qualidade da água. Além disso, o sedimento desse ponto revelou elevadas concentrações de fósforo, fator que pode estar relacionado ao aporte de nutrientes provenientes da descarga de água efluente, já que na área não ocorrem outras atividades antrópicas tão próximas (COPATI, FONTANA e JESUS, 2023).

Já o ponto 03, que apresenta condição natural de baixada alagada ocorrendo entre cordões de dunas, demonstrou menor nível de alteração, apenas com valores de pH abaixo do estabelecido na legislação vigente. No entanto, destacou-se pelo acúmulo significativo de nitrogênio no sedimento, o que pode estar associado à deposição de matéria orgânica e processos de mineralização (SILVA, 2000). Esse local, distante da área contaminada, apresenta características próprias de área sujeita ao alagamento pela variação do regime hídrico, que constituem lagoas temporárias que surgem durante os períodos de chuva na região e que elevam o nível de água presente no lençol freático (SILVA, *et al.*, 2016). Nesses locais, os solos e por conseguinte, a água, apresentam comumente pH mais baixos devido às características esperadas para um solo arenoso que pode ser mais ácido por falta de nutrientes (GALVÃO, SALCEDO e OLIVEIRA, 2008) e a presença de matéria orgânica oriunda da decomposição da biota frente à variação do volume de água junto a processos de mineralização, pode ser responsável pelo elevado teor de nitrogênio (PERIN *et al.*, 2004).

O nitrogênio é um elemento considerado essencial para o desenvolvimento de vegetais, mas em grandes concentrações passam a ser poluentes, pois indicam uma eutrofização do ambiente (SANTOS, 2012). De acordo com Santos (2012), nas águas residuais, o nitrogênio é predominantemente encontrado na forma de nitrogênio amoniacal. Geralmente, há pouca ou nenhuma presença de nitrito e nitrato, uma vez que esses compostos se formam em condições aeróbicas, quando o nitrogênio amoniacal é oxidado por microrganismos a nitrito ou nitrato. O valor estabelecido de nitrogênio pela Resolução CONAMA é de 2,0 mg/L para ambientes com pH menor que 7,5. Desta forma, os valores de nitrogênio são superiores apenas no ponto 01 (47,1 mg/L), não atendendo a legislação, enquanto que o ponto 02 (1,6 mg/L) e ponto 03 (<1 mg/L) estão abaixo do limite máximo estabelecido.

O fósforo, assim como o nitrogênio, também pode ser considerado um elemento essencial para o desenvolvimento de vegetais. No solo existe em duas

formas: orgânica e inorgânica. A forma orgânica está geralmente vinculada à matéria orgânica, enquanto a forma inorgânica está disponível para ser absorvida pelas plantas ou se adsorver às partículas do solo (SANTOS, 2012). De acordo com Copati, Fontana e Jesus (2023), o fósforo é um dos elementos responsáveis pelo processo de eutrofização de ambientes aquáticos. Dos valores de fósforo encontrados, apenas o ponto 03 (0,004 mg/L) atendia o valor máximo permitido no ambiente, enquanto os pontos 01 (0,16 mg/L) e 02 (1,62 mg/L) estavam acima, indicando um processo de eutrofização muito avançado. O ponto 03 atende o valor permitido pela legislação nacional.

Com relação a presença de metais presentes nas amostras de água coletadas, somente o ferro (Fe) no ponto 02 (0,71 mg/L) ficou acima do valor estabelecido, seguido pelo ponto 01 (0,25 mg/L) que chegou próximo do limite e ponto 03 (0,08 mg/L) com valor bem mais baixo.

Esses achados ressaltam a heterogeneidade ambiental entre os pontos amostrais, evidenciando variações nas características físico-químicas da água e do sedimento, bem como indicam influências advindas de fontes externas de poluição. Os dados acima apontados indicam notável eutrofização nos ambientes em torno dos pontos 01 e 02 de coleta, o que gera desequilíbrio na composição das comunidades nesses locais e indicam necessidade da interrupção no lançamento de efluente na área de restinga (EHLERT, 2023).

2.3.2 Material botânico

A morfologia de *J. microcephalus* observada aqui é semelhante ao descrito por Eleuterius (1976) para *Juncus roemerianus* Scheele, apesar do rizoma de *J. microcephalus* ser mais congestionado em relação ao rizoma de *J. roemerianus* que é mais alongado. O rizoma de *J. microcephalus* como na definição clássica da estrutura (FONT QUER, 2001) apresenta-se envolto por catafilos e apresentou acúmulo de amido nos indivíduos de todos os ambientes, cuja reserva pode estar relacionada à capacidade de permanência da espécie diante de situações menos favoráveis, permitindo o seu rebrotamento. O caule ereto em *J. roemerianus* pode apresentar de 1 a vários centímetros (ELEUTERIUS, 1976). Aqui observamos a mesma situação, em alguns indivíduos ele é mais alongado e conspícuo, porém, tal

variação não teve relação com o ambiente onde a planta foi coletada. Este caule ereto, congestionado ou não, tem crescimento determinado culminando na formação de folhas cilíndricas e escapos florais. Chama-se atenção que nem todo caule ereto vai necessariamente formar um escapo floral, podendo permanecer vegetativo por toda existência (ELEUTERIUS, 1976). Sobre as raízes adventícias observamos aqui apenas um tipo, que não se ramifica, diferente do observado em *J. roemerianus* o qual apresenta dois tipos (ELEUTERIUS, 1976).

Acerca da influência das alterações ambientais, exemplificadas pelas variações físico-químicas da água e do sedimento nos pontos 01 e 02, no material botânico, podemos destacar que houveram respostas de ordem morfológica e anatômica nos materiais analisados.

Nas folhas, o formato da cera e as ornamentações da cutícula na superfície foliar variaram entre os indivíduos de cada ponto amostrado. A cera e as ornamentações de cutícula são muito conspícuas no material ocorrendo em condição natural (ponto 03) e menos pronunciadas nos indivíduos que ocorrem nos pontos 01 e 02. De acordo com Bondada *et al.* (1996), em estudos realizados em *Gossypium hirsutum* L. foi possível observar menor quantidade de cera quando a planta se encontrava em local com boa irrigação e aumento da camada de cera quando em locais em condição de estresse hídrico, condição comum para os indivíduos coletados no ponto 03, que sofrem com períodos de seca em estações menos chuvosas.

Também foi notada maior ocorrência de idioblastos epidérmicos nas folhas, especialmente nos indivíduos do ponto 02. Quando analisados histoquimicamente esses idioblastos tiveram reação positiva para substâncias lipofílicas. Embora a reação para compostos fenólicos não tenha confirmado essa classe química nesses idioblastos, estudos têm comprovado a lipofilicidade de fenólicos (MATERSKA, 2010; ROLEIRA *et al.* 2010). Além disso, a metacromasia do reagente azul de toluidina, apontando coloração azul esverdeada (RAMALINGAM e RAVINDRANATH 1970), também indica a possível presença de compostos fenólicos nestas células. Estudos recentes têm apontado a ocorrência de compostos fenólicos, como antioxidantes naturais que defendem a planta contra condições de estresse, como a exposição a poluentes (GONCHARUK e ZAGOSKINA, 2023; SAINI *et al.* 2024). Os dados ambientais do ponto 02 aqui relatados, sugerem que esse ambiente drene grande quantidade de matéria orgânica, cloretos e ferro, sendo apontado como o

local com maior alteração, o que poderia explicar a maior ocorrência de idioblastos nas folhas.

Além disso, a análise de variância (ANOVA) indicou diferenças significativas para folha quando comparadas entre os pontos, sendo: variações na área foliar total; na lacuna do aerênquima foliar; na espessura da epiderme; e na espessura da parede periclinal externa da epiderme. De acordo com Cabral, Melo e Silva (2018), a variação na área foliar pode estar relacionada a uma estratégia de redução de perda de água. Essa explicação pode ser notada nos indivíduos do ponto 03, que apresentaram folhas menores que indivíduos do ponto 01 e 02, onde a disponibilidade de água é diferente, pois o ponto 03 está localizado em uma área natural, logo os indivíduos estão sujeitos a escassez hídrica por períodos maiores comparado aos demais pontos, que estão constantemente recebendo aporte de água, advinda da descarga de água de efluente. Esse fato também pode sugerir uma relação do ambiente com o tamanho da lacuna do aerênquima, que se apresentou significativamente menor nos indivíduos do ponto 03.

A respeito da maior altura das células epidérmicas da folha, estudos realizados em *Smilax campestris*, também apontam espessamento significativo na epiderme adaxial das folhas em plantas ocorrendo em condição natural de restinga como adaptação estrutural típica de folhas expostas à intensa radiação solar (CABRAL, MELO e SILVA, 2018). Essa característica contribui também para minimizar a perda de água e reduzir a entrada direta de luz, aumentando a reflectância da superfície foliar e ajudando a evitar o superaquecimento do mesófilo (CABRAL, MELO e SILVA, 2018). Além das células da epiderme serem mais altas em condição natural (ponto 03), a parede mais espessada dessas células também pode exercer função de proteção contra o déficit hídrico (MARTINS, MACHADO e ALVES, 2007). É importante salientar que os indivíduos dos pontos 01 e 02 estão mais expostos ao aporte de matéria orgânica, indicado pelas análises de água e de sedimento, além do aporte contínuo de água, e portanto, apresentam menor restrição hídrica e de nutrientes, condições opostas ao observado na condição natural (ponto 03).

No caule ereto e no rizoma, a presença de amiloplastos é evidente, e assim como observado em *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia rosea* e *Blutaparon portulacoides*, pode garantir o desenvolvimento da planta durante períodos de baixa disponibilidade de nutrientes (KUSTER, 2010). Embora a análise de variância não

tenha apresentado diferenças significativas para a espessura cortical do caule ereto, no rizoma foram identificadas maiores medidas no córtex nos pontos 02 e 03 e consequentemente, menores medidas no ponto 01. A área cortical do rizoma apresenta maior prevalência de aerênquima e apesar de no gênero *Juncus* o aerênquima ser considerado mais constitutivo do que responsivo a variações de nutrientes e de etileno (VISSER e BÖGEMANN, 2006), os indivíduos coletados no ponto 01 estavam sujeitos à maior volume de impurezas e a concentrações mais elevadas de cloretos, fluoretos e nitrogênio, o que pode ter influenciado negativamente o desenvolvimento dos rizomas em contato direto com a água e sedimentos, e consequentemente, poderia justificar o menor tamanho da região cortical do rizoma nesses indivíduos. Para a raiz, a análise de variância revelou diferenças significativas para a área radicular total, sendo maior nos indivíduos dos pontos 02 e 03. A menor medida para área radicular no ponto 01 pode ser igualmente justificada pelo exposto acima, dado que está em contato direto com a água de efluente.

Além disso, em relação à exoderme radicular, os indivíduos dos pontos 01 e 02 apresentaram de duas a três camadas de exoderme suberizada, enquanto no ponto 03, os indivíduos apresentaram raízes com uma camada de exoderme suberizada. De acordo com Bona e Morretes (2003) as plantas capazes de crescer em ambientes alagados, têm em sua exoderme a principal função de barreira contra a perda de oxigênio contido no aerênquima. No entanto, além de atuar como barreira de retenção de oxigênio, a exoderme pode atuar como barreira na entrada de poluentes presentes no meio aquático em que as raízes estão inseridas, justificando assim a exoderme multisseriada nos pontos 01 e 02. Esse comportamento pode ser observado em raízes de *Echinodorus grandiflorus*, onde as células exodérmicas foram capazes de acumular chumbo em altos níveis (RIBEIRO *et al.*, 2015).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram diferenças ambientais significativas entre os pontos amostrais, evidenciando variações nos parâmetros de qualidade da água e nas características físico-químicas do sedimento. O ponto 01 apresentou água com DBO acima dos limites permitidos, elevadas concentrações de cloretos, fluoretos, fósforo e ferro, possivelmente relacionadas ao aporte direto de água de efluente. Apesar disso, o ponto 02 apresentou maior desconformidade em relação à legislação ambiental vigente, com elevada turbidez, baixos níveis de oxigênio dissolvido, maior concentração de ferro e maior demanda bioquímica de oxigênio (DBO), indicando elevada concentração de matéria orgânica e, conseqüentemente, impacto orgânico significativo, o que nos leva a sugerir que ocorra uma drenagem de matéria orgânica do ponto 01 para o 02. Já o ponto 03, embora tenha apresentado pH abaixo do estabelecido pela legislação e alto teor de nitrogênio no sedimento, destaca-se por apresentar características esperadas para um ambiente natural de baixadas alagadas de restinga.

Essas variações influenciam diretamente algumas características morfoanatômicas dos indivíduos analisados. As análises qualitativas e quantitativas indicam diferenças importantes entre os indivíduos crescendo nas distintas condições ambientais, especialmente notadas em folhas, nos rizomas e nas raízes. No ponto 01 as alterações na água e no sedimento parecem impactar em mudanças estruturais, especialmente dos rizomas e das raízes. No ponto 02 a elevada concentração de matéria orgânica, indicando alto grau de antropização, formando indivíduos maiores, notado especialmente nas mensurações das folhas. E o ponto 03 é marcado por uma esperada resposta adaptativa ao estresse hídrico, mais acentuado neste local, em que estão presentes condições naturais para áreas de restinga sujeitas ao alagamento.

Os achados desta pesquisa confirmam que as condições ambientais influenciam diretamente a morfologia e anatomia vegetal, evidenciando adaptações estruturais associadas a variações nos níveis de umidade, disponibilidade de nutrientes e qualidade da água. Tais resultados reforçam a importância do monitoramento ambiental e da conservação de ecossistemas sujeitos a pressões antrópicas, e indicam a necessidade de estudos contínuos que avaliem as respostas morfoanatômicas das plantas frente às mudanças ambientais, além de sugerirem a

interrupção no aporte de água de efluente na referida área de preservação, bem como ações de conservação que mitiguem as alterações já constatadas.

REFERÊNCIAS

ADAMSON, R. S. "On the Leaf Structure of *Juncus*." *Annals of Botany*, vol. 39, no. 155, 1925, pp. 599–612. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/43236530>. Acesso em: 19 maio 2025.

ALMEIDA, Edilene Aparecida Peixoto de. **Avaliação do potencial da espécie *vetiveria zizanioides* na fitorremediação de metais-traço presentes em ambientes aquáticos**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8SJMK/1/disserta__o_428_2011_edilene.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022.

ÁLVAREZ, Cristian Botero; MORENO, Yimmy Montoya; AGUIRRE-RAMÍREZ, Néstor Jaime; VÉLEZ, Fabio de Jesús. **Inventario preliminar de plantas acuáticas, semiacuáticas y de ribera en la parte alta de tres ríos del Carmen de Viboral, Antioquia (Colombia)**. Intropica, [S.L.], p. 96-103, 3 jun. 2021. Universidad del Magdalena. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3926>.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, DC: APHA, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10561: Águas - Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) - Método do cone de Imhoff. Rio de Janeiro: Moderna, 1988. 2 p. Disponível em: <https://document.onl/documents/nbr-10561-1988-aguas-determinacao-de-residuo-sedimentavel-solidos-sedimentaveis-metodo-d.html>. Acesso em: 21 set. 2023.

BINFARÉ, Ricardo Wabner; FALKENBERG, Daniel de Barcellos. **Guia Ilustrado da Flora da Restinga de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 2016. 478 p. Disponível em: <https://biologiavegetal.com.br/wp-content/uploads/2020/05/00018_Guia_Ilustrado_da_Flora_da_Restinga_de_Santa_Catarina.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

Brasil. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (org.). Panorama de Florianópolis. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 14 out. 2023.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 261, de 30/07/1999**. Dispõe sobre estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BONA, Cleusa; MORRETES, Berta Lange de. **Anatomia das raízes de *Bacopa salzmanii* (Benth.) Wettst. Ex Edwall e *Bacopa Monnieroides* (Cham.) Robinson (Scrophulariaceae) em ambientes aquático e terrestre.** Acta Botanica Brasilica, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 155-170, mar. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062003000100012>. Acesso em: 10 mar. 2025.

BONDADA, Bhaskar Rao; OOSTERHUIS, Derrick M.; MURPHY, John Brad; KIM, Kyung Soo. **Effect of water stress on the epicuticular wax composition and ultrastructure of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaf, bract, and boll.** Environmental And Experimental Botany, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 61-69, maio 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0098-8472\(96\)00128-1](http://dx.doi.org/10.1016/0098-8472(96)00128-1). Acesso em: 27 jul. 2023.

CABRAL, Rodrigo Dumes Chaves; MELO JÚNIOR, João Carlos Ferreira de; MATILDE-SILVA, Maiara. Plasticidade morfoanatômica foliar em *Smilax campestris* (Smilacaceae) em gradiente ambiental de restinga, SC, Brasil. **Hoehnea**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 173-183, jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-65/2017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/v6vSc7gX65sLt9zD4x9xBkH/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Lagoa da Conceição.** Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/lagoa-da-conceicao#0>>. Acesso em: 10 set. 2024.

CLEMENTE, Maria Isabela Batista. **Espécies fitorremediadoras em solos hipersalinos do estuário no Rio Apodi-Mossoró (RN).** 2021. 54 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Mestrado em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/7292/1/MariaIBC_DISSERT.pdf>. Acesso em: 09 set. 2022.

COPATI, Eduarda Almeida.; FONTANA, Luciane.; JESUS, Tatiane Araujo de. Remoção de fósforo de águas residuárias por sistemas de alagados construídos de fluxo subsuperficial horizontal: revisão bibliométrica e bibliográfica (2016 - 2021). Revista Brasileira de Iniciação Científica, [S. l.], v. 10, p. e023018, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/672>. Acesso em: 17 mar. 2025.

DESASTRE na lagoa de evapoinfiltração da ete lagoa da conceição. 2021. SENGE-SC | Sindicato dos Engenheiros no Estado de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.senge-sc.org.br/desastre-na-lagoa-de-evapoinfiltracao-da-ete-lagoa-da-conceicao/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

EDSON-CHAVES, B.; FERNANDES, S. D. da C.; GRACIANO-RIBEIRO, D. **Aspectos anatômicos da raiz de *Saccharum l.* (Poaceae) nativas do Brasil.** Heringeriana, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 42–46, 2014. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/handle/1/1626>. Acesso em: 01 mar. 2025.

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)**. 2023. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

ELEUTERIUS, Lionel N.. Vegetative Morphology and Anatomy of the Salt Marsh Rush, *Juncus roemerianus*. **Gulf Research Reports**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 1-10, 1 jan. 1976. University of Southern Mississippi. <http://dx.doi.org/10.18785/grr.0502.01>. Acesso em: 14 maio 2025.

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA. **Histoquímica e citoquímica em plantas: princípios e protocolos**. 1 ed. Lisboa: Repro 2000, 2007. 80 p. Disponível em: <<http://cbv.fc.ul.pt/HistoquimicaPP.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

FINKLER, Raquel; REIS, Agnes Caroline dos; STEIN, Ronei Tiago; CAMARGO, Roger Santos (org.). **Fundamentos da Engenharia Ambiental**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A., 2018. 170 p.

FONT QUER, Pie. "Diccionario de botánica. Ed." Península, Barcelona (2001).

FREITAS, Gabriel Sousa de; ARRUDA, Regina de Oliveira Moraes; ROSINI, Edna Ferreira; OSTI, João Alexandre Saviolo. **Análise da balneabilidade das praias de Itanhaém (São Paulo, Brasil): percepções de uma série de dados de monitoramento de longo prazo**. Research, Society And Development, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 1-11, 14 mar. 2022. Research, Society and Development. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27107/23769>>. Acesso em: 01 jul. 2022.

GALVÃO, Sandra Regina da Silva; SALCEDO, Ignacio Hernan; OLIVEIRA, Fabio Freire de. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 99-105, jan. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2008000100013>. Acesso em: 09 set. 2024.

GIULIETTI, Ana Maria; LIMA, Carla Teixeira de; MARTINS, Márcio Lacerda Lopes; CARNEIRO-TORRES, Daniela Santos; OLIVEIRA, Reyjane Patrícia de. **Flora da Bahia: juncaceae**. Sitientibus Série Ciências Biológicas, [S.L.], v. 17, p. 1-7, 28 dez. 2017. Universidade Estadual de Feira de Santana. Disponível em: <<https://periodicos.uefs.br/index.php/sitientibusBiologia/article/view/2672/2217>>. Acesso em: 05 maio 2023.

GONCHARUK, Evgenia A.; ZAGOSKINA, Natalia V.. Heavy Metals, Their Phytotoxicity, and the Role of Phenolic Antioxidants in Plant Stress Responses with Focus on Cadmium: review. **Molecules**, [S.L.], v. 28, n. 9, p. 3921, 6 maio 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules28093921>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/9/3921>. Acesso em: 14 maio 2025.

GUEDES, Maria Teresa de Jesus Camelo; PESSOTA, Mateus Ricardo Mendes; RIBEIRO, Catrine; MONI, Bridia Belloli Bellora; ALBORNOS, Loudi Lauer; ZARO, Marcelo; SILVA, Maria Cristina de Almeida. Evaluation of the temporal evolution of the water quality of the Mãe d'Água Dam. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 346-354, 20 dez. 2024. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. <http://dx.doi.org/10.18554/rbcti.v9i3.8141>. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/284208>. Acesso em: 10 nov. 2024.

KUSTER, Vinícius Coelho. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES)**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/7d762ff4-fb20-457d-b305-4f9ef9dc0ee0>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MATERSKA, Małgorzata. EVALUATION OF THE LIPOPHILICITY AND STABILITY OF PHENOLIC COMPOUNDS IN HERBAL EXTRACTS. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, Lublin, v. 1, n. 9, p. 61-69, 2010. Disponível em: <https://www.food.actapol.net/volume9/issue1/abstract-5.html>. Acesso em: 14 maio 2025.

MUNIZ, Cyntia de Cássia. **Gestão, saneamento ambiental e balneabilidade das praias: um estudo de caso no município de Itanhaém, São Paulo**. Revista Digital de Gestão e Negócios, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-18, jan. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/gestaoenegocios/issue/view/132>. Acesso em: 01 jul. 2022.

MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da Saúde, Planaltina*, v. 4, n. 1, p. 83-100, nov. 2006.

NASCIMENTO, Louize; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de; OLIVEIRA, Jônata Fernandes de; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. **Importância das restingas e os instrumentos legais de proteção diante da crescente flexibilização da legislação ambiental**. Revista Eletrônica de Prodema, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 72-80, jan. 2022. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/700>. Acesso em: 01 jul. 2022.

NOLASCO, Glaucio Maciel; GAMA, Ednilton Moreira; REIS, Bruna Moraes; REIS, Ana Clara Pereira; GOMES, Fernando José Santana; MATOS, Roberta Pereira. **Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG**. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, Almenara, v. 2, n. 2, p. 53-64, ago. 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/2b65/8d5a27d288379f3bf368a2a70bb8365332ba.pdf>. Acesso em: 09 set. 2024.

PAINEL de Saneamento no Brasil. **Instituto Trata Brasil**. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/index?id=420540>. Acesso em: 27 mar. 2023.

PAIXÃO, Naiane Carvalho da. **Correlação entre cloro, ph e potencial redox no controle da qualidade de águas hospitalares**. 2020. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Faculdade Unime, Salvador, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/38462/1/NAIANE_PAIX%C3%83O_ATIVIDADE4.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

PARQUE Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Disponível em: <<https://observa.ufsc.br/2018/05/08/parque-municipal-das-dunas-da-lagoa-da-conceicao/>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

PAULO ROLEMBERG (Florianópolis). **Desastre na Lagoa da Conceição completa um ano de poucas respostas e muitos danos**. 2022. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/meio-ambiente/desastre-na-lagoa-da-conceicao-completa-um-ano-de-poucas-respostas-e-muitos-danos/>>. Acesso em: 10 set. 2024.

PERIN, Adriano; SANTOS, Ricardo Henrique Silva; URQUIAGA, Segundo; GUERRA, José Guilherme Marinho; CECON, Paulo Roberto. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2004000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/hF8p3kDYvvxgcnXtKDmMBSf/?lang=pt>. Acesso em: 09 mar. 2025.

PREFEITURA Municipal de Florianópolis. **Unidades de Conservação em Florianópolis**. Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis - FLORAM. Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?cms=unidades+de+conservacao+em+florianopolis&menu=6&submenuid=800>>. Acesso em 14 mar. 2023.

POMINI, Martina. Avaliação de macrófitas aquáticas cultivadas em efluente contaminado com cromo VI. 2019. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16277/1/LD_COEAM_2019_2_11.pdf. Acesso em: 29 set. 2023.

RAMALINGAM, K.; RAVINDRANATH, M. H.. Histochemical significance of green metachromasia to Toluidine blue. **Histochemie**, [S.L.], v. 24, n. 4, p. 322-327, dez. 1970. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00278217>. Acesso em: 14 maio 2025.

RAMOS JÚNIOR, Jayme Teixeira. **Hidroquímica, metabolismo e composição elementar e isotópica da matéria orgânica em lagoas de dunas no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, Brasil**. 2015. 92 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/ecologia->

recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2013/10/Jayme-Teixeira-Disserta%C3%A7%C3%A3o-2015.pdf. Acesso em: 09 fev. 2025.

RAMOS, Miriam Gonçalves Martins; GERALDO, Luiz Paulo. **Avaliação das espécies de plantas *avicennia schaueriana*, *laguncularia racemosa* e *rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 440-445, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/dLw8pPM9g56Ps3gHsFHhTPd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 set. 2022.

RIBEIRO, Estefânia S.; PEREIRA, Marcio P.; CASTRO, Evaristo M. de; BARONI, Gabriel de R.; CORRÊA, Felipe F.; PEREIRA, Fabricio J.. Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 19, n. 6, p. 605-612, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p605-612>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ROLEIRA, Fernanda M.F.; SIQUET, Christophe; ORRÙ, Elizabeta; GARRIDO, E. Manuela; GARRIDO, Jorge; MILHAZES, Nuno; PODDA, Gianni; PAIVA-MARTINS, Fátima; REIS, Salette; CARVALHO, Rui A.; SILVA, Elisiário J. T.; BORGES, Fernanda. Lipophilic phenolic antioxidants: correlation between antioxidant profile, partition coefficients and redox properties. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, [S.L.], v. 18, n. 16, p. 5816-5825, ago. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bmc.2010.06.090>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968089610006188>. Acesso em: 14 maio 2025.

SAINI, Nancy; ANMOL, Anmol; KUMAR, Sanjeev; WANI, Ab Waheed; BAKSHI, Manish; DHIMAN, Zarina. Exploring phenolic compounds as natural stress alleviators in plants- a comprehensive review. **Physiological And Molecular Plant Pathology**, [S.L.], v. 133, p. 102383, set. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102383>. Acesso em: 14 maio 2025.

SANTOS, Larissa Miranda. **Avaliação do desenvolvimento e da eficiência do capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) em sistemas híbridos de alagados construídos**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98303/mirandasantos_I_me_bauru.pdf;jsessionid=A69B0A60729CF92935428EEF97427B63?sequence=1>. Acesso em: 09 set. 2024.

SILVA, Ivone Silveira da. **Acúmulo e potencial de mobilidade de metais pesados e nutrientes em sedimentos do Sistema Tietê-Pinheiros, SP (reservatórios Billings, Pirapora, Rasgão e Barra Bonita)**. 2000. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46133/tde-29052024-104032/publico/IVONE_SILVEIRA_SILVA_DOUTORADO.pdf. Acesso em: 10 nov. 2024.

SILVA, Débora Barbosa da; ALVES, Neise Mare de Souza; SANTOS, Laíza Lima dos. Morfologias Dunares Influenciadas pela Dinâmica Antropogênica no Município de Itaporanga D'Ajuda, Sergipe. In: III SEMINÁRIO NACIONAL ESPAÇOS COSTEIROS, 3., 2016, Sergipe. **Artigo**. Sergipe: Ufba, 2016. v. 3, p. 1-14. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/secosteios/article/view/18461>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SILVEIRA, Elizandro; MACHADO, Ênio. **Fitorremediação de efluentes urbanos microalgas e wetlands construídos: saneamento ambiental como tecnologia mais limpa**. Rio de Janeiro: Autografia, 2018. 138 p.

SUCRE, Yennifer Carolina Mata. **Origem e evolução da holocentricidade na família juncaceae: uma abordagem filogenética, cito-molecular e genômica**. 2024. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Centro de Biotecnologias, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/55291/1/TESE%20Yennifer%20Carolina%20Mata%20Sucre.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

UNIDADES de Conservação em Florianópolis. Fundação do Meio Ambiente - FLORAM. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?cms=unidades+de+conservacao+em+florianopolis&menu=5&submenuid=800>. Acesso em: 05 jun. 2023.

VALADARES, R.T. *Juncaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB8086>. Acesso em: 27 out. 2024.

VISSER, Eric J. W.; BÖGEMANN, Gerard M.. Aerenchyma formation in the wetland plant *Juncus effusus* is independent of ethylene. **New Phytologist**, [S.L.], v. 171, n. 2, p. 305-314, 17 maio 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01764.x>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2006.01764.x>. Acesso em: 14 maio 2025.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, 4ª Ed., Belo Horizonte, 2014.

YAMAGUCHI, Takahiro; TSUKAYA, Hirokazu. Evolutionary and developmental studies of unifacial leaves in monocots: *juncus* as a model system. **Journal Of Plant Research**, [S.L.], v. 123, n. 1, p. 35-41, 20 ago. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10265-009-0255-3>.

YAMAGUCHI, Takahiro; YANO, Satoshi; TSUKAYA, Hirokazu. Genetic Framework for Flattened Leaf Blade Formation in Unifacial Leaves of *Juncus prismatocarpus*. **The Plant Cell**, [S.L.], v. 22, n. 7, p. 2141-2155, 1 jul. 2010. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.110.076927>. Disponível em: <http://www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.110.076927>. Acesso em: 14 maio 2025.

YASUHARA T., NOKIHARA K. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.49, p.4581-4583, 2001.