



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Diversidad florística asociada a *Clinopodium macrosternum* y *Litsea glaucescens* en un bosque de encino-pino en Oaxaca, México
Floristic diversity associated to *Clinopodium macrosternum* and *Litsea glaucescens* in an oak-pine forest in Oaxaca, México
Jarquin-Rosales Domitila | Campos Angeles Gisela Virginia | Reyes-Hernández Valentín José | Lozano-Trejo Salvador | Alpuche-Osorno Juan José | Rodríguez-Ortiz Gerardo
- 15 Diversidad morfológica de *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) en poblaciones silvestres de cuatro localidades del estado de Veracruz, México
Morphological diversity of *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) in wild populations from four locations in the state of Veracruz, Mexico
Mata Alejandro Humberto | Castañeda-Chávez María Del Refugio | Aguilar Pérez Luis Alfonso | Mójica-Zárate Héctor Tecumshé | Cruz-Castillo Juan Guillermo
- 27 Regeneración natural arbórea e influencia de factores edáficos de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México
Natural tree regeneration and influence of edaphic factors in a temperate forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua, Mexico
Mateo-García Mario Francisco | Alanís-Rodríguez Eduardo | García-García Samuel Alberto | Cuellar-Rodríguez Luis Gerardo | Yerena-Yamallel José Israel | Aguirre-Calderón Oscar Alberto
- 47 Estructura, diversidad y captura de carbono del arbolado urbano de un complejo industrial en el noreste de México
Structure, diversity, and carbon sequestration of urban trees in an industrial complex in northeastern Mexico
Alcalá Rojas Alejandro | Alanís Rodríguez Eduardo | Aguirre Calderón Oscar Alberto | Cuellar Rodríguez Gerardo | Yerena Yamallel José Israel | Sandoval García Rufino
- 59 Evaluación de la infestación de *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler en *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en Durango, México
Evaluation of *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler infestation in *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. in Durango, Mexico
Dominguez-Amaya Mesias Edwin | Briseño Reyes Jaime | Vega-Nieva Daniel José | Corral-Rivas José Javier | Tinoco-Orozco Diana Aime
- 77 Efecto de prácticas agroecológicas basadas en fertilizantes orgánicos en agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México
Effect of agroecological practices based on organic fertilization in monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico
De La Cruz-De Jesus Mayra Yaneth | Hernández-Vásquez Luis Alfredo | Tecpile Cortes Jaime | Reyes-Rosas Sergio | Armida-Lozano Jorge | Ramírez-Rivera Emmanuel de Jesús | Sánchez-Zavalegui Romeo Alejandro | Del Rosario-Arellano José Luis | Purroy-Vásquez Rubén | Hernández-Salinas Gregorio
- 95 Evaluación de la eficiencia de dos esquemas de fertilización y bioherbicidas en maíz (*Zea mays* L.) en el Valle del Yaqui bajo condiciones de casa sombra y riego localizado
Evaluation of the efficiency of two fertilization schemes and bioherbicides in corn (*Zea mays* L.) in the Yaqui Valley under greenhouse conditions and localized irrigation
Arellano Gil Maritza | Estrella Osuna Luis Enrique | Verdugo Fuentes Abel Alberto | Rodríguez Ramírez Roberto | Villa Lerma Alma Guadalupe | Valdez Mendoza Brissa Jeaneth | Mungarro Ibarra Catalina | Portillo García Luis Enrique
- 107 Viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis*
Viability and germination of *Agave durangensis* Gentry pollen
Salazar Palacios Diana Laura | Delgado Alvarado Eli Amanda | Torres Ricario Rene | Uribe Soto José Natividad | Avila Reyes Jose Antonio | Hernández Vargas Vicente | Pérez Salinas Shaila Nayeli | Chavez Aguilar Fernanda Yoana | Gutiérrez Velázquez Marcela Verónica
- 121 Florivoría por *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) y su efecto en la eficiencia reproductiva de *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) en el volcán Teuhtli, México
Floral herbivory by *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and its effect on the reproductive success of *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) in the Teuhtli Volcano, Mexico
Martínez Cárdenas María de Lourdes | Vargas Miranda Bárbara | Emiliano-Juárez Alejandro A.
- 135 Influencia de la composición del medio de cultivo en la germinación asimbiótica de *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Influence of the culture medium composition on the asymbiotic germination of *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Olvera-Casanova Diego Alfredo | Sánchez-Contreras Angeles | Qui-Zapata Joaquín Alejandro | Herrera-Cool Gilbert José | Cob-Uicab José Vidal | López-Puc Guadalupe
- 149 Caracterización polínica en mieles de tres subespecies de *Apis mellifera* L. en Alvarado, Veracruz, México
Pollen characterization in honeys of three subspecies of *Apis mellifera* L. in Alvarado, Veracruz, Mexico
Alemán López Viridiana | López Mata Lauro | Medina Pérez Gabriela | Luna Rodríguez Lorena | Vargas Romero Juan Manuel | Galván Escobedo Iris Grisel

PÁG.

CONTENIDO

- 169 Análisis palinológico y fisicoquímico de mieles de *Apis mellifera* L. en la localidad los Cerritos, Hidalgo, México
Palynological and physicochemical analysis of honey of *Apis mellifera* L. from los Cerritos, Hidalgo, Mexico
Navarrete López Sandra Joceline | Quiroz García David Leonor | Fernández Nava Rafael
- 187 Desarrollo de un protocolo de micropropagación para *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. como base para la domesticación y conservación
Development of a micropropagation protocol for *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. as a basis for domestication and conservation
Rodríguez Sías Daniela | Pérez Álvarez Sandra | Sánchez-Chávez Esteban | Leyva-Hernández Héctor A. | Uranga-Valencia Luisa Patricia
- 203 Efecto de la meta-topolina sobre la multiplicación y la hiperhidricidad *in vitro* en maguey plateado (*Agave guiengola* Gentry)
Effect of meta-topolin on *in vitro* multiplication and hyperhydricity in silver maguey (*Agave guiengola* Gentry)
Ramírez Mosqueda Marco Antonio | Cadena-Zamudio Jorge David | Cruz-Gutiérrez Esmeralda J. | Sandoval-Cansino Gabriela | Delgado-Aceves
María de Lourdes | Gutiérrez-Mora Antonia
- 215 Evaluación de la toxicidad del aceite esencial de *Monarda fistulosa* L. en ratones C57BL/6
Evaluation of the toxicity of the essential oil of *Monarda fistulosa* L. in C57BL/6 Mice.
Delgadillo Puga Claudia | Cariño-Cervantes Yonatan Y. | Cruz-Martínez Yesica R. | Torre-Villalvazo Iván
- 231 Respostas fotossintéticas de espécie fitorremediadora à elevação de salinidade no meio aquático.
Photosynthetic responses of phytoremediating species to increased salinity in aquatic environments
da Silva Bastos Guimarães Alice | Moll Hüther Cristina | Jimenez de Almeida Rigueira Roberta | Soares de Melo Pedro | Martins Corrêa Gabriela |
Amado Garcia Silva Rodrigo | Oswald Silveiras Kircher Doris
- 251 Actividad antifúngica y tripanocida *in vitro* de extractos de *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
In vitro antifungal and trypanocidal activity of extracts of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
Santiago Martínez Angeles | Riley Saldaña Christian Anabí | Moreno Rodríguez Adriana | De Fuentes Vicente José Antonio | de la Cruz Chacón Iván
- 271 Efecto de nanotubos de carbono sobre la germinación y desarrollo de *Agave salmiana* de diversos períodos de colecta
Effect of carbon nanotube on the germination and development of *Agave salmiana* of various collection periods
Gómez-Pelayo Berenice | García-Nuñez Hilda Guadalupe | Arzate-Fernández Amaury Martín | Reyes-Díaz Jesús Ignacio
- 289 Crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia nigricans* en residuos lignocelulósicos disponibles en el estado de Campeche, México
In vitro mycelial growth of *Auricularia nigricans* in available lignocellulosic waste from the state of Campeche, Mexico
De la Cruz Blanco Geydi Mariela | Gaitán Hernández Rigoberto | Flota Bañuelos Carolina | Casanova Pérez Lorena | Sierra Sigfrido | Rosales Martinez
Veronica
- 305 *Sesuvium portulacastrum* en la fitorremediación para suelos salinos como estrategia ambiental sostenible
Sesuvium portulacastrum in phytoremediation of saline soils as a sustainable environmental strategy
Gómez Peraza Rosa Luz | Valenzuela Quiñónez Wenceslao | Espinosa Alonso Laura Gabriela | Galaviz Julian Alberto | Medina Gogoy Sergio |
Hernández Armenta Jesús Uriel
- 317 Patogenicidad de *Corynespora cassiicola* y su control *in vitro* con *Bacillus subtilis* CBCK47 y extracto acuoso de *Croton chichenensis*
Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* and its *in vitro* control with *Bacillus subtilis* CBCK47 and aqueous extract of *Croton chichenensis*
Rivero Uribe Adriana Rubi | Moo Koh Felicia Amalia | Cristóbal Alejo Jairo | Reyes Ramírez Arturo | Tun Suárez José María | Gamboa Angulo María
Marcela
- 333 Plantas medicinales utilizadas para enfermedades respiratorias en habitantes de Pisaflores, Hidalgo, México
Medicinal plants used for respiratory diseases among inhabitants of Pisaflores, Hidalgo, Mexico
Lara Reimers Eduardo Alberto | Montesinos Adan Leonel Rosario | Mora Olivo Arturo | García Martínez José Eduardo | Cruz García Francisco |
González Fuentes José Antonio | Encinas Domínguez Juan Antonio | Preciado Rangel Pablo
- 353 Análisis etnobotánico de variedades locales de maguey pulquero en el noreste del Estado de México
Ethnobotanical analysis of local varieties of maguey pulquero in the northeast of the Estado de México
Cruz Vasconcelos Sonia Teresa | Ramírez Herrera Carlos | Cruz Huerta Nicacio | Reyes Hernández Valentín José | Gómez Guerrero Armando
- 369 Bioculturalidad a través de los hongos comestibles silvestres y cultivados en San Pedro Benito Juárez, Atlixco, Puebla
Bioculturality through wild and cultivated edible mushrooms in San Pedro Benito Juarez, Atlixco, Puebla
Segura Ruiz Karla Elaine | Casiano Ventura Miguel Angel | Sobal Cruz Mercedes | Morales Almora Porfirio
- 381 Las plantas medicinales utilizadas en la cabecera municipal de San Antonio Cañada, Puebla, México
Medicinal plants used in the municipal seat of San Antonio Cañada, Puebla, Mexico
De la luz-González Andrea | Martínez-Moreno David | Reyes-Matamoros Jenaro | Andrés-Hernández Agustina Rosa | Reyes-Azcárate Yessica
- 401 Arvenses asociadas al cajete de maguey pulquero, en Lerma, México: énfasis en el uso de especies de Asteraceae
Weed species associated with the pulque agave basin in Lerma, Mexico: emphasis on the use of Asteraceae species
González Estrada Teresa de Jesús | Sánchez-Nava Susana | Franco-Mora Omar | Sánchez-Pale Jesús Ricardo

POLIBOTÁNICA

Núm. 62

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2026

Portada



El proceso comunitario de aprendizaje y aprovechamiento sustentable de hongos comestibles a partir de residuos agrícolas, como rastrojo de maíz y frijol, representa una alternativa agroecológica que fortalece la soberanía alimentaria, promueve el uso responsable de recursos locales y contribuye a la revitalización del conocimiento etnomicológico tradicional. La participación comunitaria, el intercambio gastronómico y la transmisión intergeneracional de saberes reflejan la estrecha relación entre patrimonio biocultural, innovación tecnológica y resiliencia social en contextos rurales indígenas.

The community-based process of learning and sustainable use of edible mushrooms through agricultural residues, such as maize and bean straw, represents an agroecological alternative that strengthens food sovereignty, promotes the responsible use of local resources, and contributes to the revitalization of traditional ethnomycological knowledge. Community participation, gastronomic exchange, and the intergenerational transmission of knowledge reflect the close relationship between biocultural heritage, technological innovation, and social resilience in indigenous rural contexts.

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EQUIPO EDITORIAL

Angela Catalina Mendoza González,
Instituto Politécnico Nacional, México

Ricardo Valenzuela Garza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Rafael Fernández Nava,
Instituto Politécnico Nacional, México

EDITORES ASOCIADOS

Xitlali Aguirre Dugua,
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Fernando Alzate Guarín,
Universidad de Antioquia, Colombia

María de la Luz Arreguín Sánchez,
IPN, México

Itzel Becerra Absalón,
UNAM, México

Alexander Berrocal-Jiménez,
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

José Juan Blancas Vázquez,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Mireya Burgos Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Alexandre Toshirrico Cardoso Taketa,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Gustavo Cruz-Cárdenas,
IPN, México

Luis Enrique Eguarte Fruns,
UNAM, México

Adolfo Espejo Serna,
UAM Iztapalapa, México

Javier Carlos Estrada Sánchez,
Universidad de los Andes, Venezuela

María Teresa Fernández-Marrón,
Universidad Complutense de Madrid, España

Daniel Freitas Freire Martins,
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brazil

Roberto Garibay Orijel,
UNAM, México

Gregorio del Carmen Godoy Hernández,
CICY, A.C. México

Diódoro Granados Sánchez,
Universidad Autónoma Chapingo, México

Anahí N. Herrera Cano,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

María de los Ángeles Herrera Campos,
UNAM, México

Omaira Hokche,
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Francisco Martín Huerta Martínez,
Universidad de Guadalajara, México

Blanca León,
University of Texas at Austin, USA

Hilda P. León Tejera,
UNAM, México

Victor M. Loyola Vargas,
CICY, A.C. México

Miguel Ángel Macías Rodríguez,
Universidad de Guadalajara, México

Tomás Martínez Trinidad,
Colegio de Postgraduados, México

Juan Luis Mata,
University of South Alabama, USA

Diana Miriam Mc Caughey Espinoza,
Universidad de Sonora

Natalia Mesa Sierra,
USDA Forest Service, USA

Demetria Martha Mondragón Chaparro,
IPN, México

María Eugenia Morales-Puentes,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Eberto Novelo Maldonado,
UNAM, México

Gilberto Alejandro Ocampo Acosta,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Neftalí Ochoa Alejo,
CINVESTAV, México

Ileana Ortegón Aznar,
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María Lelia Pochettino,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Francisco Reyes Zepeda,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Paz Alejandra Quintanar Isaías,
UAM-Iztapalapa, México

Beatriz Quiroz-González,
IPN, México

Carlos Ramírez Vargas,
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Juan Antonio Reyes-Agüero,
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Valentín José Reyes Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Rafael Salgado Garciglia,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Primo Sánchez Morales,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Odilón Manuel Sánchez Sánchez,
Universidad Veracruzana, México

Thália do Socorro Serra Gama,
University of Sao Paulo, Brazil

Sigfrido Sierra Galván,
UNAM, México

Heike Vibrans,
Colegio de Postgraduados, México

Noemí Waksman de Torres,
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Juan Ramón Zapata Morales,
Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México

CONSEJO EDITORIAL

Thomas F. Daniel
California Academy of Sciences San Francisco, California, USA

María del Socorro González Elizondo,
Instituto Politécnico Nacional, México

Dra. Silvia Evangelista Lozano,
Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo,
Instituto Politécnico Nacional, México

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

POLIBOTÁNICA, revista botánica internacional del Instituto Politécnico Nacional, incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales en el área. Tiene una periodicidad de dos números al año, con distribución y Comité Editorial Internacional.

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación son sometidos por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisan y evalúan y son los que finalmente recomiendan la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

Se aceptarán aquellos originales que se ajusten a las prescripciones siguientes:

POLIBOTÁNICA incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales que no hayan sido publicados.

1. El autor deberá anexar una carta membretada y firmada dirigida al Editor, donde se presente el manuscrito, así como la indicación de que el trabajo es original e inédito, ya que no se aceptan trabajos publicados o presentados anterior o simultáneamente en otra revista, circunstancia que el autor(es) deberá declarar expresamente en la carta de presentación de su artículo.
2. Al quedar aceptado un trabajo, su autor no podrá ya enviarlo a ninguna otra revista nacional o extranjera.
3. Los artículos deberán estar escritos en español, inglés, francés o portugués. En el caso de estar escritos en otros idiomas diferentes al español, deberá incluirse un amplio resumen en este idioma.
4. Como parte de los requisitos del CONACYT, POLIBOTÁNICA ahora usa la plataforma del Open Journal System (OJS); para la gestión de los artículos sometidos a la misma. Así que le solicitamos de la manera más atenta sea tan amable de registrarse y enviar su artículo en la siguiente liga: www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica
 - a) cargar el trabajo en archivo electrónico de office-word, no hay un máximo de páginas con las siguientes características:
 - b) en páginas tamaño carta, letra times new roman 12 puntos a doble espacio y 2 cm por margen
5. Las figuras, imágenes, gráficas del trabajo deben estar incluidas en el documento de Word original:
 - a) en formato jpg
 - b) con una resolución mínima de 300 dpi y un tamaño mínimo de 140 mm de ancho
 - c) las letras deben estar perfectamente legibles y contrastadas
6. Todo trabajo deberá ir encabezado por:
 - a) Un título tanto en español como en inglés que exprese claramente el problema a que se refiere. El formato para el título es: negritas, tamaño 14 y centrado;
 - b) El nombre del autor o autores, con sus iniciales correspondientes, sin expresión de títulos o grados académicos. El formato para los autores es: alineados a la izquierda, cada uno en un párrafo distinto y tamaño 12. Cada autor debe tener un número en formato superíndice indicando a qué afiliación pertenece;
 - c) La designación del laboratorio e institución donde se realizó el trabajo. La(s) afiliación(es) debe(n) estar abajo del grupo de autores. Cada afiliación deberá estar en un párrafo y tamaño

12. Al inicio de cada afiliación estará el número en superíndice que lo relaciona con uno o más autor/es.

d) El autor para correspondencia deberá estar en el siguiente párrafo, alineado a la izquierda, tamaño 12.

7. Todo trabajo deberá estar formado por los siguientes capítulos:

a) RESUMEN y ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. El resumen debe venir después de la afiliación de los autores, alineado a la izquierda, tamaño 12. La palabra “Resumen: / Abstract:” debe venir en negritas y con dos puntos. El texto del resumen debe empezar en el párrafo siguiente, tamaño 12 y justificado. El texto “Palabras clave / Key Words:” debe venir en negritas seguido de dos puntos. Cada una de las palabras clave deben estar separadas por coma o punto y coma, finalizadas por punto.

b) INTRODUCCIÓN y MÉTODOS empleados. Cuando se trate de técnicas o métodos ya conocidos, solamente se les mencionará por la cita de la publicación original en la que se dieron a conocer. El formato para todas las secciones en esta lista es: negritas, tamaño 16 y centrado.

c) RESULTADOS obtenidos. Presentación acompañada del número necesario de gráficas, tablas, figuras o diagramas de tamaño muy cercano al que tendrá su reproducción impresa (19 x 14 cm).

d) DISCUSIÓN concisa de los resultados obtenidos, limitada a lo que sea original y a otros datos relacionados directamente y que se consideren nuevos.

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

1. Secciones/Subtítulos de párrafo: Fuente tamaño 16, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula.
2. Subsecciones/Subtítulos de párrafo secundarios : Fuente tamaño 14, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula. Cuando existan subsecciones de subsección formatear en tamaño 13 negrita y centrado.
3. Cuerpo del texto: Fuente tamaño 12, justificado. NO debe haber saltos de línea entre párrafos.
4. Las notas de pie de página deben estar al final de cada página, fuente tamaño 12 justificadas.
5. Cita textual con mas de tres líneas: Fuente tamaño 12, margen izquierdo de 4 cm.
6. Título de imágenes: Fuente tamaño 12, centrado y en negritas, separado por dos puntos de su descripción. Descripción de las imágenes: tamaño 12.
7. Notas al pie de las imágenes: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la imagen, la primera letra debe estar en mayúsculas.
8. Imágenes: deben estar en el cuerpo del texto, insertadas en formato png o jpg, a por lo menos 300 dpi de resolución y centradas. Las imagenes deben estar en línea con el texto. Se consideran imágenes: gráficos, cuadros, fotografías, diagramas y, en algunos casos, tablas y ecuaciones.
9. Tablas de tipo texto: El título de las columnas de las tablas debe estar en negritas y los datos del cuerpo de la tabla con fuente normal. Los nombres científicos deben estar en *italicas*. Se recomienda utilizar las Tablas como imágenes, estas deberán de ir centradas (a por lo menos 300 dpi de resolución).
10. Notas al pie de la tabla: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la tabla, la primera letra debe estar en mayúsculas.
11. Ecuaciones pueden estar en Mathtype 1 o en imagen. En este último caso, seguir instrucciones del punto 8.
12. Citas del tipo autor y año deben estar entre paréntesis, con el apellido del autor seguido por el año (Souza, 2007), primera letra en mayúscula.

- 8. LITERATURA CITADA,** Se tomara como base el Estilo APA para las Referencias Bibliográficas, formada por las referencias mencionadas en el texto del trabajo y en orden alfabético. Es obligatorio utilizar Mendeley® (software bibliográfico). El propósito de utilizar este tipo de software es asegurar que los datos contenidos en las referencias están correctamente estructurados y corresponden a las citas del cuerpo del texto.

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Los Agradecimientos deberán estar después de la última sección del cuerpo del texto. Esta información debe tener como título la palabra “Agradecimientos”, o su equivalente en otro idioma, en negritas, tamaño 12 y centrado. El texto de esta información debe estar en tamaño 12 justificado.
2. Las Referencias bibliográficas deben estar en orden alfabético sin salto de línea de párrafo, alineados a la izquierda, en tamaño 12.
3. Apéndices, anexos, glosarios y otros materiales deben incluirse después de las referencias bibliográficas. En caso de que estos materiales sean extensos deberán ser creados como archivos PDF.

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación serán sometidos a una revisión “doble ciego”, se enviarán por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisarán y evaluarán y serán los que finalmente recomienden la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

Una vez aceptado el trabajo, se cobrarán al autor(es) \$299 por página más IVA, independientemente del número de fotografías que contenga.

PUBLICATION GUIDELINES

POLIBOTÁNICA, an international botanical journal supported by the National Polytechnic Institute, only publishes material resulting of original research in the botanic area. It has a periodicity of two issues per year with international distribution and an international Editorial Committee.

All articles submitted to POLIBOTÁNICA for publication are reviewed by at least a couple of referees. National or international recognized experts will evaluate all submitted materials in order to recommend the appropriateness or otherwise of a publication. Therefore, the quality of published papers in POLIBOTÁNICA is of the highest international standards.

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

1. POLIBOTÁNICA includes only items that represent the results of original research which have not been published. The author should attach an official and signed letter to Editor stating that the work is original and unpublished. We do not accept articles published or presented before or simultaneously in another journal, a fact that the author (s) must expressly declare in the letter.
2. When an article has been accepted, the author can no longer send it to a different national or foreign journal.
3. Articles should be written in Spanish, English, French or Portuguese. In the case of be written in

languages other than Spanish, it should include an abstract in English.

4. The article ought to be sent to the POLIBOTÁNICA's Open Journal System <http://www.polibotanica.mx/ojs> in an office-word file without a maximum number of pages with the following features:

a) on letter-size pages, Times New Roman font type, 12-point font size, double-spaced and 2 cm margin

5. The figures, images, graphics in the article must be attached as follows:

a) in jpg format

b) with a minimum resolution of 300 dpi and a minimum size of 140 mm wide

c) all characters must be legible and contrasted

6. All articles must include:

a) a title in both Spanish and English that clearly express the problem referred to. The format for this section is: bold, font size 14 and centered.;

b) the name of the author or authors, with their initials, no titles and no academic degrees. The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number indicating the affiliation;

c) complete affiliations of all authors (including laboratory or research institution). The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number at the beginning of the affiliation;

d) correspondence author should be in the next paragraph, font size 12 and aligned to the left.

7. All work should be composed of the following chapters:

a) RESUMEN and ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. The format for this section is: bold, font size 12 and centered. Both words (RESUMEN: and ABSTRACT:) must include a colon, be in bold and aligned to the left. The body of the abstract must be justified and in font size 12. Both palabras clave: and keywords: must include a colon, be in bold and aligned to the left. Keywords must be separated by a comma or semicolon, must be justified and in font size 12.

b) INTRODUCTION y METHODS. In the case of techniques or methods that are already known, they were mentioned only by appointment of the original publication in which they were released.

c) RESULTS. Accompanied with presentation of the required number of graphs, tables, figures or diagrams very close to the size which will be printed (19 x 14 cm).

d) DISCUSSION. A concise discussion of the results obtained, limited to what is original and other related directly and considered new data.

e) CONCLUSIONS. The format for sections Introduction, Results, Discussion and Conclusions is: bold, font size 16 and centered.

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

1. Sections: Font size 16, centered, bold, with the first letter capitalized.
2. Subsections / Secondary Subtitles: Font size 14, centered, bold, with the first letter capitalized. When there are second grade subsections format in size 13 bold and centered.
3. Body: Font size 12, justified. There should NOT be line breaks between paragraphs.
4. Footnotes should be at the bottom of each page, font size 12 and justified.
5. Textual quotation with more than three lines: Source size 12, left margin of 4 cm.
6. Image Title: Font size 12, centered and bold, separated by two points from its description. Description of the images: size 12.
7. Images Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the image, the first letter must be in capital letters.
8. Images: must be in the body of the text, inserted in png or jpg format, at least 300 dpi resolution and centered. Images should be in line with the text. Graphs, charts, photographs, diagrams and, in some cases, tables and equations are considered images.
9. Text Tables: Only The title of the columns of the tables must be in bold. Scientific names must be in italics. It is recommended to use the Tables as images, they should be centered (at least 300 dpi resolution).
10. Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the table, the first letter must be in upper case.
11. Equations can be in Mathtype 1 or in image. In the latter case, follow the instructions in point 8.
12. Quotations of the author and year type must be in parentheses, with the author's last name followed by the year (Souza, 2007), first letter in capital letters.

8. LITERATURE CITED. All references must be cited using the APA stile. POLIBOTÁNICA requires the use of Mendeley® (free reference manager) for the entire bibliography.

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Acknowledgments must be after the last section of the body of the text. This information should be titled the word "Acknowledgments", or its equivalent in another language, in bold, size 12 and centered. The text of this information must be in size 12 justified.
2. Bibliographical references should be in alphabetical order without paragraph line jump, aligned to the left, in size 12.
3. Appendices, annexes, glossaries and other materials should be included after the bibliographic references. If these materials are extensive they should be created as PDF files.

9. REVIEW AND PUBLICATION

All articles submitted to the journal for publication will undergo a review "double-blind", they will be sent at least a couple of referees, recognized national or international experts that reviewed and evaluated and will be finally recommended the relevance or the publication of the article, it is noteworthy that this is the means that we have to take care of the level and quality of published articles.

Once accepted the article, the author will be charged \$15 USD per text page, regardless of how many pictures it contains.

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:
polibotanica@gmail.com
rfernand@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CRMICYT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *M en C. Ismael Jaidar Monter*

Secretario Académico: *M en E N A María Isabel Rojas Ruizb*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M.C.E. Yessica Gasca Castillo*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Martha Leticia Vázquez González*

Secretario de Servicios Educativos: *Dr. Marco Antonio Sosa Palacios*

Secretario de Administración: *Mtra. Ana María Arrona González*

Director de Educación Superior: *Lic. Tomás Huerta Hernández*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director

Dr. Mario Alberto Rodríguez Casas

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 62, Julio 2026, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS DE ESPÉCIE FITORREMEIADORA À ELEVAÇÃO DE SALINIDADE NO MEIO AQUÁTICO

PHOTOSYNTHETIC RESPONSES OF PHYTOREMEDIATING SPECIES TO INCREASED SALINITY IN AQUATIC ENVIRONMENTS

da Silva Bastos Guimarães, Alice; Moll Hüther, Cristina; Jimenez de Almeida Rigueira, Roberta; Soares de Melo, Pedro; Martins Corrêa, Gabriela; Garcia Silva, Rodrigo Amado, Silvaes Kircher, Doris Oswalda
RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS DE ESPÉCIE FITORREMEIADORA À ELEVAÇÃO DE SALINIDADE
NO MEIO AQUÁTICO

PHOTOSYNTHETIC RESPONSES OF PHYTOREMEDIATING SPECIES TO INCREASED SALINITY IN
AQUATIC ENVIRONMENTS

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 231-250 México. Julio 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.62.16



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial ([CC BY-NC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Respostas fotossintéticas de espécie fitorremediadora à elevação de salinidade no meio aquático**Photosynthetic responses of phytoremediating species to increased salinity in aquatic environments**

da Silva Bastos Guimarães, Alice; Moll Hüther, Cristina; Jimenez de Almeida Rigueira, Roberta; Soares de Melo, Pedro; Martins Corrêa, Gabriela; Garcia Silva, Rodrigo Amado, Silvaes Kircher, Doris Oswalda

PHOTOSYNTHETIC
RESPONSES OF
PHYTOREMEDIATING
SPECIES TO INCREASED
SALINITY IN AQUATIC
ENVIRONMENTS

RESPOSTAS
FOTOSSINTÉTICAS DE
ESPÉCIE
FITOREMEDIADORA À
ELEVÇÃO DE
SALINIDADE NO MEIO
AQUÁTICO

POLIBOTÂNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 231-250. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.16

da Silva Bastos Guimarães, Alice / <https://orcid.org/0009-0007-0942-8475>

Autor correspondente: aliceguimaraes@id.uff.br

Moll Hüther, Cristina / <https://orcid.org/0000-0003-0655-5966>

*LIPAM – Grupo de Pesquisas de Interação Planta-Ambiente,
Universidade Federal Fluminense (UFF)*

Jimenez de Almeida Rigueira, Roberta / <https://orcid.org/0000-0003-4780-1887>

*LabTecPós - Laboratório de Tecnologia Pós-colheita,
Universidade Federal Fluminense (UFF)*

Soares de Melo, Pedro / <https://orcid.org/0000-0001-9666-6920>

Universidade Federal de Viçosa

Martins Corrêa, Gabriela / <https://orcid.org/0000-0003-2241-1452>

*LIPAM – Grupo de Pesquisas de Interação Planta-Ambiente,
Universidade Federal Fluminense (UFF)*

Garcia Silva, Rodrigo Amado / <https://orcid.org/0000-0003-4441-1293>

*LABCOST - Laboratório de Modelagem de Processos Costeiros,
Universidade Federal Fluminense (UFF)*

Silvaes Kircher, Doris Oswalda / <https://orcid.org/0009-0005-5991-7045>

*LIPAM – Grupo de Pesquisas de Interação Planta-Ambiente,
Universidade Federal Fluminense (UFF)*

RESUMO: A descontaminação de corpos hídricos é tema de grande relevância, em particular no Brasil, devido ao grande problema de despejo irregular de efluentes que ocorre em muitas das áreas urbanas do país. A fitorremediação é uma técnica biotecnológica de baixo custo já reconhecida e consolidada para tratamento de águas doces, porém pouco estudada para corpos de água salobra e salina, onde há elevado teor de salinidade, possivelmente devido à dificuldade de encontrar espécies vegetais com capacidade de tolerância para o meio. Este trabalho pretendeu compreender o desempenho de *Pistia stratiotes*, macrófita de ocorrência natural na Mata Atlântica, quando exposta a progressivas concentrações de salinidade em solução a fim de avaliar sua adequação para projetos de fitorremediação de lagunas costeiras de água salobra. Para tanto, as plantas foram colocadas inicialmente em água com 0,23 g/L de NaCl com aumentos na concentração salina até um máximo de 2,3 g/L de NaCl ao longo de 35 dias. Até o 27º dia de experimento não foram observadas diferenças estatísticas no conteúdo de clorofila, diâmetro do colo, comprimento da raiz nem área foliar das plantas. Ao elevar de 1,1 g/L para 2,3 g/L a concentração de NaCl, no entanto, as plantas submetidas ao estresse salino reagiram rapidamente apresentando alterações em todos os parâmetros acima mencionados em poucos dias. Tais respostas indicam que o limite de tolerância de *Pistia stratiotes* para salinidade possivelmente se encontra entre 1 e 2 g/L, o que a caracteriza como apropriada para fitorremediação em

lagoas de água doce ou áreas costeiras com baixas concentrações de sal em solução.

Palavras-chave: *Pistia stratiotes*; alface d'água; metabolismo; estresse oxidativo; fluorescência da clorofila *a*.

RESUMEN: La descontaminación de cuerpos de agua es un tema de gran relevancia, particularmente en Brasil, debido al importante problema de la descarga irregular de efluentes que se produce en muchas zonas urbanas del país. La fitorremediación es una técnica biotecnológica de bajo costo, ya reconocida y consolidada para el tratamiento de agua dulce, pero ha sido poco estudiada en cuerpos de agua salobre y salina, donde existe un alto contenido de salinidad, posiblemente debido a la dificultad para encontrar especies vegetales con capacidad de tolerancia al ambiente. Este trabajo tuvo como objetivo comprender el desempeño de *Pistia stratiotes*, una macrófita que crece naturalmente en la Mata Atlántica, al exponerla a concentraciones progresivas de salinidad en solución, con el fin de evaluar su idoneidad para proyectos de fitorremediación en lagunas costeras salobres. Para esto, las plantas se colocaron inicialmente en agua con 0,23 g/L de NaCl, con incrementos en la concentración de salinidad hasta un máximo de 2,3 g/L de NaCl durante 35 días. Hasta el día 27 del experimento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de clorofila, el diámetro del tallo, la longitud de la raíz ni el área foliar de las plantas. Sin embargo, al aumentar la concentración de NaCl de 1,1 g/L a 2,3 g/L, las plantas sometidas a estrés salino reaccionaron rápidamente, mostrando cambios en todos los parámetros mencionados en pocos días. Estas respuestas indican que el límite de tolerancia a la salinidad de *Pistia stratiotes* se encuentra posiblemente entre 1 y 2 g/L, lo que la caracteriza como apta para la fitorremediación en lagunas de agua dulce o zonas costeras con bajas concentraciones de sal en la solución.

Palabras clave: *Pistia stratiotes*; lechuga de agua; metabolismo; estrés oxidativo; fluorescencia de la clorofila *a*.

ABSTRACT: The decontamination of water bodies is a highly relevant topic, particularly in Brazil, due to the significant problem of irregular effluent discharge that occurs in many of the country's urban areas. Phytoremediation is a low-cost biotechnological technique already recognized and consolidated for the treatment of freshwater, but it has been little studied for brackish and saline water bodies, where there is a high salinity content, possibly due to the difficulty in finding plant species with tolerance capacity for the environment. This work aimed to understand the performance of *Pistia stratiotes*, a macrophyte naturally occurring in the Atlantic Forest, when exposed to progressive salinity concentrations in solution in order to evaluate its suitability for phytoremediation projects in brackish coastal lagoons. To this end, the plants were initially placed in water with 0.23 g/L of NaCl, with increases in saline concentration up to a maximum of 2.3 g/L of NaCl over 35 days. Up to the 27th day of the experiment, no statistically significant differences were observed in chlorophyll content, stem diameter, root length, or leaf area of the plants. However, when the NaCl concentration was increased from 1.1 g/L to 2.3 g/L, the plants subjected to saline stress reacted quickly, showing changes in all the aforementioned parameters within a few days. These responses indicate that the salinity tolerance limit of *Pistia stratiotes* is possibly between 1 and 2 g/L, which characterizes it as suitable for phytoremediation in freshwater lagoons or coastal areas with low salt concentrations in solution.

Key words: *Pistia stratiotes*; water lettuce; metabolism; oxidative stress; chlorophyll *a* fluorescence.

INTRODUÇÃO

A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas para gerenciar a remediação de áreas contaminadas potencializando a reutilização do local afetado e não possui a barreira dos altos custos muitas vezes relacionados aos tratamentos convencionais para águas poluídas, constituindo uma alternativa financeiramente atrativa (Mejía *et al.*, 2014), diferenciando-se também das técnicas tradicionais pela necessidade de manutenção frequente, mas sem exigir mão de obra especializada para o manejo diário, que consiste essencialmente de poda, colheita e manejo adequado da biomassa (Horotán *et al.*, 2026).

Pistia stratiotes é uma espécie nativa da América Tropical como um todo, incluindo o Brasil e cuja reprodução se dá por estolões (Lorenzi; Sousa, 1999 apud Gimenes, 2008), popularmente conhecida como alface d'água. A espécie pode ser encontrada naturalmente em regiões de Mata Atlântica, incluindo o estado do Rio de Janeiro, tendo sido registrada na Lagoa de São Bento, em Maricá (Penna e Silva *et al.*, 2023) e na região Norte Fluminense (Oliveira, 2014).

A eficiência fitorremediadora desta macrófita tem sido estudada para uma variedade de contaminantes, tendo demonstrado bons resultados, conforme evidenciado por Vieira (2014), que aponta que *Pistia stratiotes* obteve os melhores resultados na remoção de sódio, potássio e enxofre em testes, sendo indicada para polimento de efluente tratado de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), bem como a absorção dos elementos pela espécie reduziu a condutividade elétrica no efluente.

Realizando levantamento florístico, Barros (2009) observa que a alface d'água passou a ser encontrada na Lagoa de Jacarepiá, quando esta passou a receber aporte de esgoto, em área próxima ao local dos lançamentos; tal apontamento indica a predileção da espécie por águas contaminadas em detrimento de águas limpas, utilizando-se dos rejeitos como fonte de matéria orgânica para nutrição.

De acordo com experimento feito por Coelho (2017), *Pistia stratiotes* apresenta boas taxas de remoção de vários nutrientes em água residuária, como amônio e enxofre, dentre as espécies estudadas por ele, sendo por tanto uma opção interessante a ser considerada em projetos de fitorremediação de lagunas salobras, já que estes ambientes devem manter um controle adequado dos nutrientes presentes para atender aos limites dos parâmetros legais, como nitrogênio amoniacal total e sulfetos (Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 2005).

Segundo a classificação determinada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, (2005), na resolução nº 357/2005, um corpo de água é considerado salobro se sua salinidade se situa entre 0,5 ‰ (por mil) e 30 ‰ (por mil). Assim, um estudo conduzido por Hadad *et al.* (2018) constatou que em salinidade de até 4000 mg/L *P. stratiotes* não teve redução estatisticamente significativa na taxa de crescimento relativo, sugerindo tolerância para a espécie em águas salobras; a partir desse nível no entanto, as plantas apresentaram redução significativa de crescimento em relação ao controle, ao nível de 6000 mg/L, e crescimento negativo (redução de tamanho), ao nível de 8000 mg/L, o que aponta para um limite de tolerância da espécie em salinidade entre 4000 mg/L e 6000 mg/L.

Em outro estudo envolvendo tolerância à salinidade e fitorremediação com *Pistia stratiotes*, (Nguyen-Sy *et al.*, 2025), constataram que a espécie apresenta boa capacidade de sobrevivência em até 0,5% de NaCl em ambientes com amônio, sendo que nesses ambientes, a concentração de 0,25% de NaCl pode ter tido efeito positivo sobre o crescimento das plantas em relação ao controle, no qual não havia a presença de sal, indicando que em concentrações baixas de salinidade a espécie não somente tolera o sal, como este pode favorecer seu crescimento e sua atividade fitorremediadora em locais com presença de poluentes (no caso do estudo, amônio).

Comparando *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em concentrações de até 200 mM de NaCl, Upadhyay e Panda (2005) identificaram melhor resposta enzimática na alface d'água quando

submetida ao estresse salino, assinalando que isto provavelmente se deve a mecanismos de regulação antioxidante mais eficientes por parte de *P. stratiotes*, apesar de ambas as espécies terem se mostrado sensíveis ao estresse salino, apresentando redução no conteúdo de clorofila *a+b* e carotenoides, além de aumento do acúmulo de H_2O_2 .

Assim, considerando que a literatura apresenta resultados que indicam a capacidade de tolerância de *Pistia stratiotes* a concentrações baixas de salinidade, este estudo buscou avaliar o comportamento da espécie quando submetida a concentrações progressivamente mais elevadas de NaCl, a fim de examinar sua sobrevivência para uso em sistemas de fitorremediação em lagoas costeiras de água salobra, caso a exposição a concentrações maiores de salinidade sejam aplicadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento em casa de vegetação foi conduzido no campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense (UFF), localizado no município de Niterói, que apresenta classificação climática Aw na escala Köppen (Dubreuil *et al.*, 2018), podendo ser definido como clima tropical com verão chuvoso e inverno seco e temperatura média no mês mais frio superior a 18°C (Almeida, 2016); e volume de precipitação anual acumulado entre 1600 e 1800 mm (INMET, 2026).

As mudas utilizadas já estavam disponíveis nas casas de vegetação da UFF para estudo desde o dia 06 de outubro de 2023, aproximadamente 50 dias antes do início do experimento, quando haviam sido coletadas em local alagado de crescimento espontâneo. Nesse período de aclimação, as plantas receberam solução nutritiva NPK 15-30-15 a 0,5 g/L e foram mantidas com água da caixa d'água do campus, já estando, portanto, adaptadas às condições climáticas locais. O experimento foi realizado em casa de vegetação sem sombrite, visando reproduzir as condições de pleno sol de uma laguna costeira de água salobra.

As mudas foram cultivadas em baldes de 4 (quatro) litros, uma muda por balde, sendo feitos 2 tratamentos com 5 repetições cada, seguindo delineamento inteiramente casualizado, cuja disposição se pode observar na Figura 1.

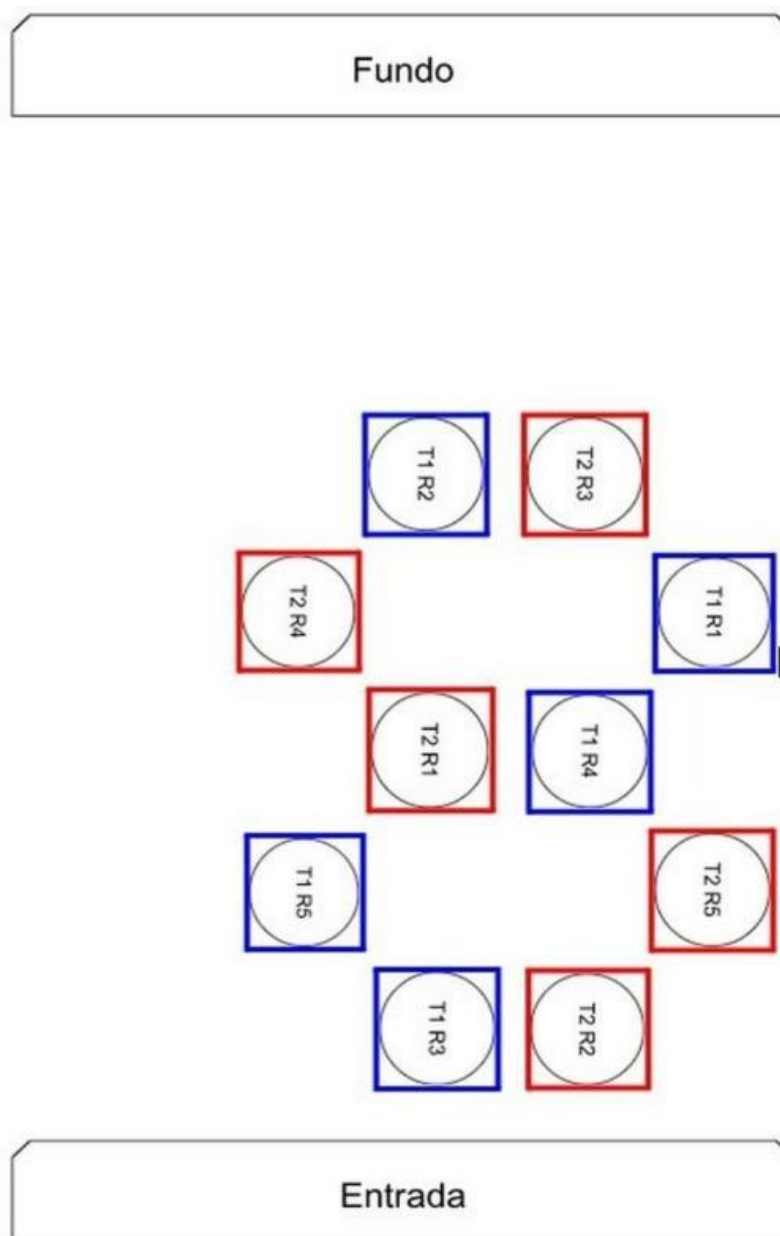


Figura 1. Esquema de delineamento inteiramente casualizado utilizado no experimento com *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria.

Figure 1. Schematic of a completely randomized design used in the experiment with *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work.

O tratamento salobro consistiu em mistura de água da caixa d'água do campus e uma concentração de NaCl progressiva, que foi sendo trocada e aumentada a cada duas semanas buscando identificar o limite máximo que a espécie suportaria. Assim, foram adotadas no tratamento salobro (T2) frações de uma concentração total alvo (23 g/L de NaCl em solução), de modo que na primeira semana se iniciou com 1% dessa concentração (0,2 g/L), após 2

semanas passou-se a 5% (1,1 g/L) e após mais 2 semanas alterou-se para 10% (2,3 g/L). O controle (T1) recebeu somente água da caixa d'água do campus.

A concentração total alvo foi estipulada em 23 g/L de NaCl devido ao fato de esta ser uma concentração de salinidade recorrente em diversos pontos da Laguna de Piratininga (Comitê Baía de Guanabara, 2022), importante laguna costeira no município de Niterói e de grande relevância ambiental e social para toda a região metropolitana do Rio de Janeiro, sendo conhecida inclusive por abrigar sistemas de jardins filtrantes em suas margens, no deságue dos rios que chegam em suas águas (Prefeitura de Niterói, 2022).

Além disso, ao utilizar essa salinidade como ponto máximo, o trabalho também pretende abarcar marcos inferiores, como os da lagoa de Jaconé, que varia sua salinidade entre 6 e 11,87‰ (por mil) entre verão e inverno (Oceanus, 2021) e da Lagoa de Maricá, que teve variação de salinidade entre 2 e 17 ao longo de 24 meses (Joaquim, 2025).

No início do experimento foram coletadas amostras de cada tratamento a fim de medir a condutividade elétrica das soluções. A coleta foi feita retirando-se 50 mL da solução de cada repetição (5 amostras) para cada tratamento, estas foram homogeneizadas e então foram coletadas 4 amostras da solução, que foram levadas para aferição da condutividade em laboratório utilizando o condutivímetro Digimed (DM-31) - TECNAL de bancada. Uma nova coleta para o tratamento salobro (T2) foi feita a cada vez que a concentração da solução era alterada.

Pistia stratiotes é uma macrófita aquática flutuante (Esteves, 1998), de forma que foi cultivada sobre a água sem nenhum suporte. A área foliar da alface d'água foi calculada por meio da equação $A_f = 0,79499 \cdot (C \cdot L)$ de Carvalho *et al.* (2011), onde C é o comprimento e L é a largura aferidos em uma folha por planta.

Foram coletados a cada duas semanas dados relativos ao número de folhas, comprimento das raízes, área foliar e diâmetro do colo das plantas a cada troca de concentração nos tratamentos; a última coleta de dados ocorreu com uma semana de intervalo em relação à anterior, já que foi necessário encerrar o experimento antecipadamente devido ao declínio fotoquímico das plantas expostas ao estresse salobro, o que culminou na morte das plantas.

Foram registrados também dados do transiente de fluorescência da clorofila *a* por meio de fluorômetro portátil Handy PEA da Hansatech (Strasser & Strasser, 1995; Tsimilli, 2020) conteúdo de clorofila usando clorofilômetro Soil Plant Analysis and Development (SPAD) e condutância estomática por meio do Porômetro Foliar SC-1 da Decagon Devices.

Os dados meteorológicos (temperatura máxima e mínima, radiação e umidade relativa do ar) foram registrados durante todo o experimento pela estação meteorológica existente no local e a evapotranspiração foi calculada de duas maneiras: com base na equação de Penman-Monteith adaptada (Penman, 1948) e de forma direta por diferença entre o volume inicial e o volume restante nos baldes a cada troca de solução.

As análises estatísticas dos dados coletados foram feitas com o auxílio do *software* SISVAR. Assim, foram feitos: o teste de Shapiro-Wilk para verificar se os dados seguiam a distribuição normal, o teste de variância (teste ANOVA) e o teste de Tukey para verificar a semelhança ou diferença estatística entre os tratamentos a 95% de significância para cada variável analisada.

RESULTADOS

Dados meteorológicos

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro e dezembro de 2023, caracterizados pelo fim da primavera e início do verão no hemisfério sul. No período do estudo, a temperatura máxima registrada foi 45,02 °C no dia 28/11 às 13h e a mínima foi 20,66 °C no dia 25/11 às 5h, enquanto que a temperatura média foi 27,86 °C, já a umidade relativa do ar média foi de 82,64%, a radiação média foi 5,85 MJ/m²/dia e a evapotranspiração média calculada com base

em Penman (1948) foi 1,63 mm/dia ao longo do experimento, como pode ser observado nas Figuras 2A e 2B.

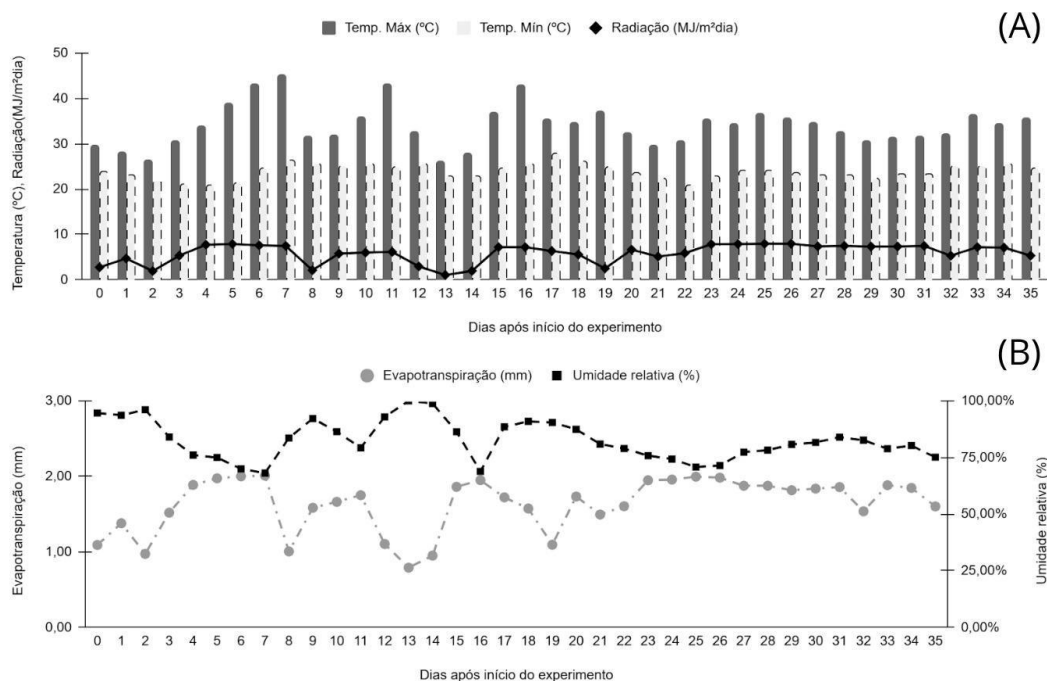


Figura 2. Dados meteorológicos durante o período do estudo. Fonte: Autoria própria. Dados de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e radiação (MJ/m²/dia), umidade relativa (%) e evapotranspiração (mm) obtidos pela Estação Meteorológica da Universidade Federal Fluminense, Campus Gragoatá, Niterói, RJ.

Figure 2. Meteorological data during the study period. Source: Author's own work. Maximum temperature (°C), minimum temperature (°C) and radiation (MJ/m²/day), relative humidity (%) and evapotranspiration (mm) data obtained from the Meteorological Station of Universidade Federal Fluminense, Gragoatá Campus, Niterói, RJ.

Condutividade elétrica na solução de NaCl

A concentração da solução controle (sem adição de sal) foi mensurada em 82,4 $\mu\text{S/cm}$. As concentrações seguintes (0,2 g/L, 1,1 g/L e 2,3 g/L) foram concebidas como frações percentuais da salinidade total alvo da Laguna de Piratininga, 23 g/L (Comitê Baía de Guanabara, 2022) de forma que tencionava-se alcançar o limite máximo de tolerância em salinidade para *P. stratiotes*, assim, suas condutividades foram aferidas em laboratório como respectivamente 587,5 $\mu\text{S/cm}$, 2275,0 $\mu\text{S/cm}$ e 4520,0 $\mu\text{S/cm}$. A Tabela 1 esclarece a relação entre a concentração de cada solução e sua condutividade elétrica.

Tabela 1. Condutividade elétrica das soluções utilizadas para cultivo de *Pistia stratiotes*.
Table 1. Electrical conductivity of the solutions used for growing *Pistia stratiotes*.

Concentração de NaCl (g/L)	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$) a 25 °C
0,0 (0%)	82,4
0,2 (1%)	587,5
1,1 (5%)	2275,0
2,3 (10%)	4520,0

Fonte: Autoria própria. Foram retiradas n=5 amostras, homogeneizadas e, desta mistura, foram coletadas 4 por tratamento para análise da condutividade.

Source: Author's own work. Five samples (n=5) were taken, homogenized, and from this mixture, four samples per treatment were collected for conductivity analysis.

Estimativa de perda de volume por evapotranspiração

A evapotranspiração também foi medida como função do volume de solução perdido entre cada troca d'água, aferido em proveta graduada, considerando que esse dado poderia influenciar na concentração de sais em solução, entretanto, considerando que eventos abruptos de variação de salinidade podem ocorrer naturalmente em lagunas costeiras, como ruptura de cordões de areia por ressacas (Lins-de-Barros *et al*, 2016), e que, de fato podem causar variações significativas na salinidade, optou-se por não interferir na dinâmica da concentração de sais em solução, apenas observou-se o volume evapotranspirado.

Assim, a Figura 3 mostra que entre o começo e o dia 13 do experimento foi perdido um volume de aproximadamente 1,85 L em ambos os tratamentos (próximo de 45% do volume inicial); após a troca de solução, enchendo novamente os baldes até 4 L, entre o dia 13 e o dia 27 a perda por evapotranspiração mostrou semelhantes às 2 semanas anteriores; por fim, depois da última troca de solução os tratamentos observaram uma perda em torno de 1,35 L por evapotranspiração (próximo de 33% do volume total) nos últimos 8 dias do estudo.

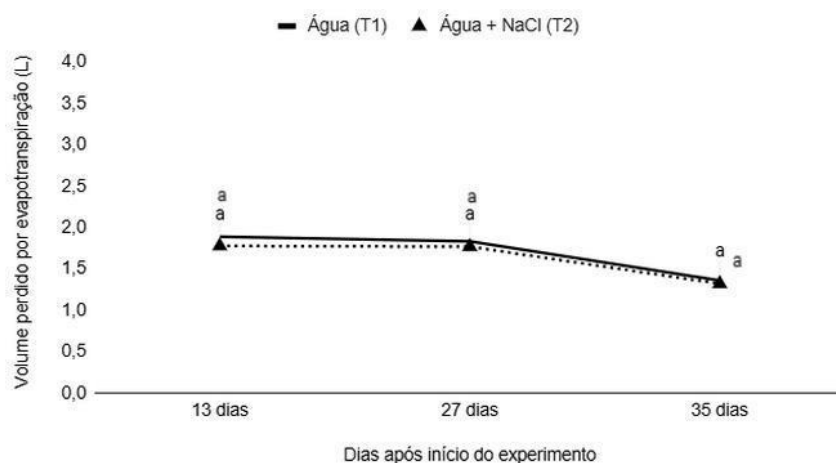


Figura 3. Volume de água, em litros, perdido por evapotranspiração entre cada reposição ao longo do experimento. Fonte: Autoria própria. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Figure 3. Volume of water, in liters, lost through evapotranspiration between each replenishment throughout the experiment. Source: Author's own work. Identical letters do not differ statistically by Tukey's test at 5%.

Análises de crescimento de *Pistia stratiotes*

Durante o experimento foi possível notar o amarelamento das folhas nas plantas de ambos os tratamentos, no entanto, ao longo do período analisado foi tornando-se nítida a diferença visual entre os tratamentos, como mostram as Figuras 4A até 4E, com as plantas do tratamento salobro (T2) tendo importante perda de folhas por necrose, redução de tamanho e maior amarelamento, especialmente na última semana, marcada pelas Figuras 4C a 4E.

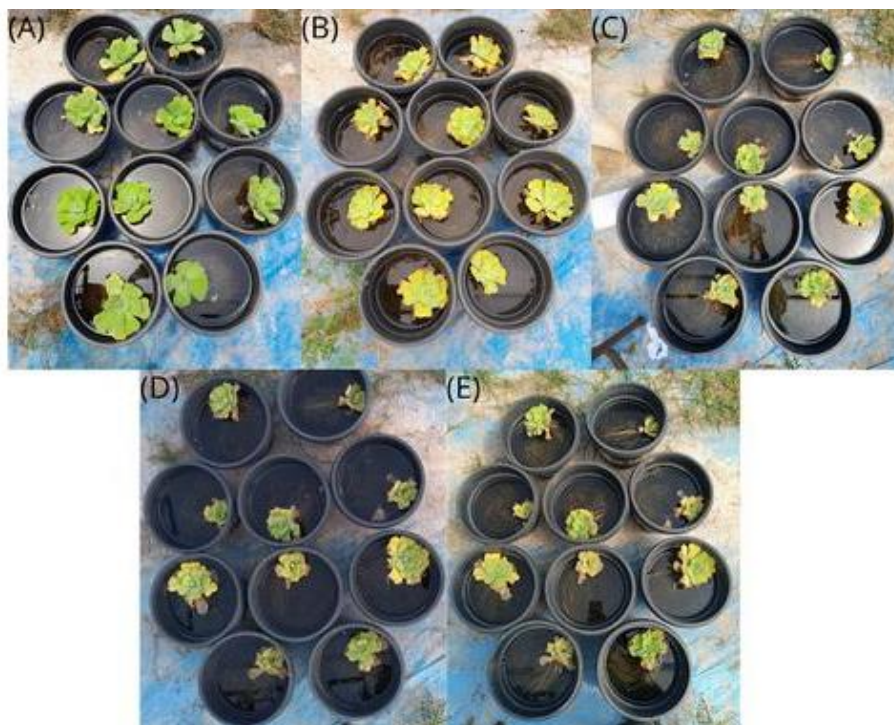


Figura 4. Avaliação visual de *Pistia stratiotes* ao longo do experimento. Fonte: Autoria própria. Plantas fotografadas em: primeiro dia de experimento (A), 13 dias de experimento (B), 28 dias de experimento (C), 30 dias de experimento (D) e 33 dias de experimento (E).

Figure 4. Visual assessment of *Pistia stratiotes* throughout the experiment. Source: Author's own work. Plants photographed on: first day of experiment (A), 13 days of experiment (B), 28 days of experiment (C), 30 days of experiment (D) and 33 days of experiment (E).

Em relação aos parâmetros de crescimento, o diâmetro do colo das plantas não apresentou diferença estatística em relação ao controle (T1) até o dia 27 (concentração de 1,1 g/L), quando foi alterada para 2,3 g/L e então as plantas expostas ao T2 responderam rapidamente de forma negativa, apresentando redução de 16,2 cm para 10,0 cm como mostram as Figuras 5A, 5E e 5I. O comprimento radicular e a área foliar tiveram o mesmo comportamento, apresentando redução em relação ao controle quando as plantas foram expostas a 2,3 g/L, mas apresentando estabilidade até a concentração anterior, como mostram as Figuras 5B, 5C, 5F, 5G, 5J e 5K. Já o número de folhas apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos desde os 13 dias do experimento, quando T2 estava exposto a 0,2 g/L de NaCl, com queda de uma média de 10,2 folhas iniciais para 7,8 folhas no tratamento aos 13 dias. Entretanto, apesar da diminuição inicial, esse número se manteve constante ao longo das semanas seguintes, como mostram as Figuras 5D, 5H e 5L, sem haver novas reduções.

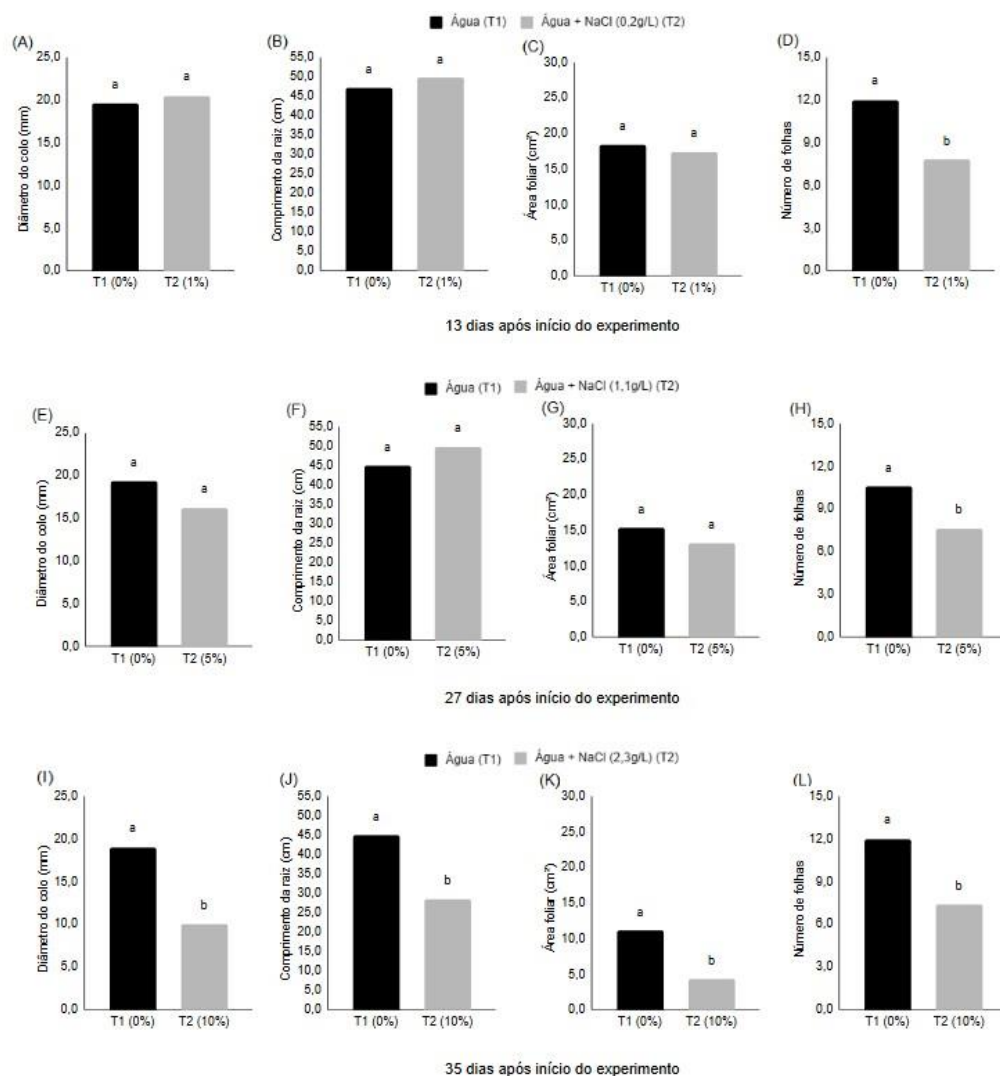


Figura 5. Dados de crescimento para *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria. Parâmetros analisados: diâmetro do colo para 13, 27 e 35 dias de experimento (A, E e I), comprimento da raiz para 13, 27 e 35 dias de experimento (B, F e J), área foliar para 13, 27 e 35 dias de experimento (C, G e K) e número de folhas para 13, 27 e 35 dias de experimento (D, H e L). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Figure 5. Growth data for *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work. Parameters analyzed: stem diameter for 13, 27, and 35 days of the experiment (A, E, and I), root length for 13, 27, and 35 days of the experiment (B, F, and J), leaf area for 13, 27, and 35 days of the experiment (C, G, and K), and number of leaves for 13, 27, and 35 days of the experiment (D, H, and L). Identical letters do not differ statistically by Tukey's test at 5%.

Conteúdo de clorofila

O conteúdo de clorofila seguiu padrão análogo aos parâmetros de crescimento. Como mostram as Figuras 6A a 6D, não houve variação significativa entre os tratamentos até a concentração de 1,1 g/L, a partir daí, no entanto, T2 observou redução estatisticamente significativa em relação ao controle (T1).

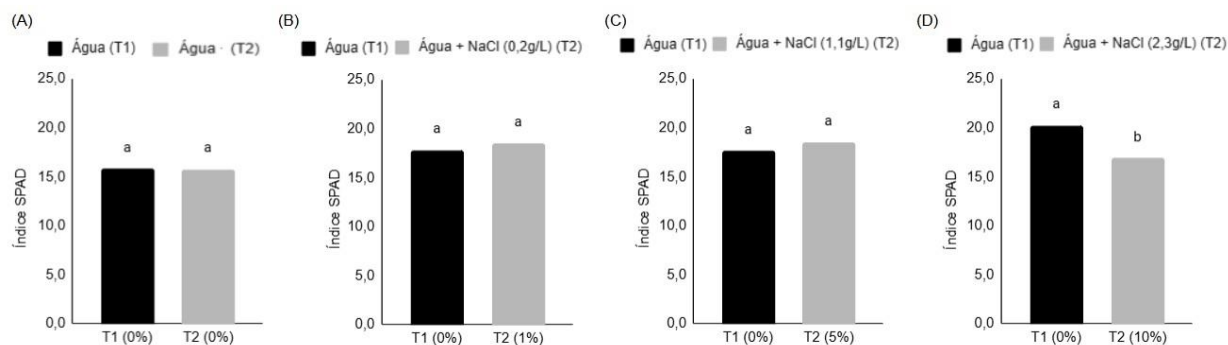


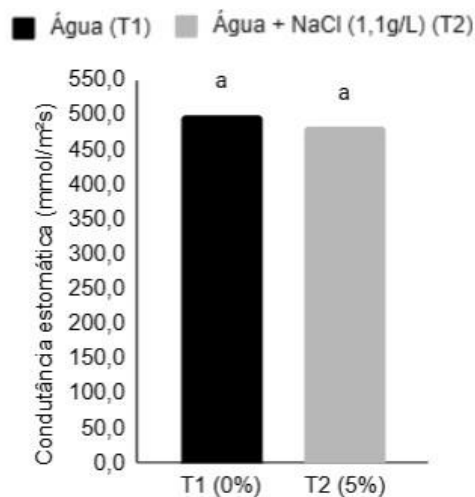
Figura 6. Conteúdo de clorofila para *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria. Conteúdo de clorofila para 0, 13, 27 e 35 dias de experimento (A, B, C e D). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Figure 6. Chlorophyll content for *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work. Chlorophyll content for 0, 13, 27, and 35 days of the experiment (A, B, C, and D). Identical letters do not differ statistically by Tukey's test at 5%.

Nas plantas do controle (T1), o conteúdo de clorofila seguiu em aumento gradativo durante o experimento, passando de 15,8 (unidades SPAD) no começo, para 17,8 aos 13 dias e chegando em 20,2 ao final dos 35 dias. Já nas plantas do tratamento salobro (T2), o conteúdo de clorofila aumentou de 15,8 no começo para 18,5 aos 13 dias e depois caiu para 16,5 ao final dos 35 dias.

Condutância estomática

Foi realizada uma análise de condutância estomática durante o período, aos 27 dias de experimento; até esse ponto, como mostra a Figura 7, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Por limitações técnicas, não foi possível realizar nova medição aos 35 dias.



27 dias após início do experimento

Figura 7. Análise de condutância estomática para *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria. Dado aferido após 27 dias de experimento. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Figure 7. Stomatal conductance analysis for *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work. Data obtained after 27 days of experiment. Identical letters do not differ statistically by Tukey's test at 5%.

Fluorescência transiente da clorofila *a*

Como pode ser observado na Figura 8, em que a evolução de T2 é comparada, ao longo do período do ensaio, com o controle (T1) do início do experimento, o parâmetro “Área” na curva da fluorescência transiente da clorofila *a* (curva OJIP) sofreu redução progressiva com o aumento da concentração no tratamento T2 em relação ao controle (T1) do primeiro dia. Além disso, DI_0/RC passou por um aumento considerável e gradativo nas plantas expostas à salinidade. A redução dos aceptores finais de elétrons do fotossistema I (PSI) (RE_0/RC) também sofreu diminuição no tratamento salobro (T2).

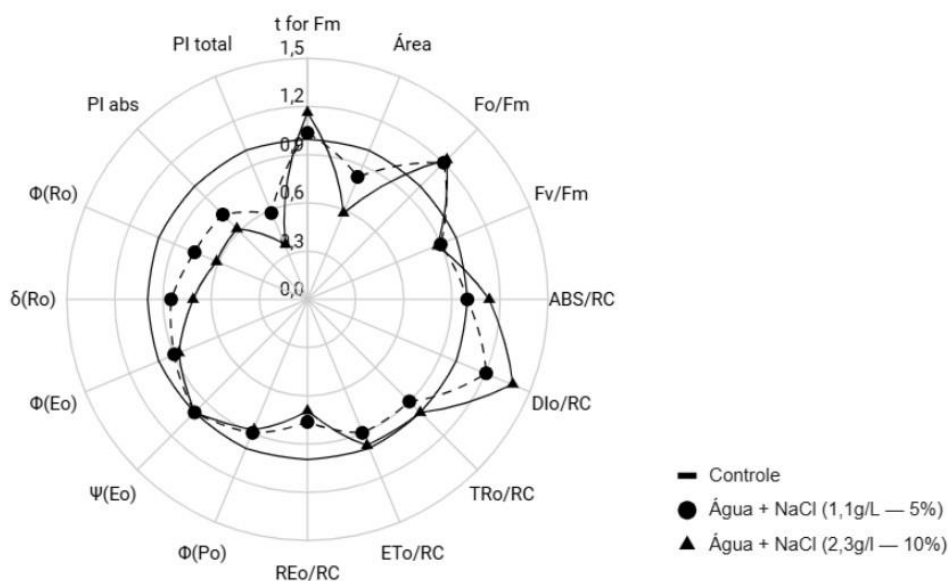


Figura 8. Resposta da fluorescência da clorofila *a* para *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria. Gráfico radar para dados do controle no início do experimento, após submetida a progressivas concentrações de sal em 27 dias (Água + NaCl (1,1 g/L — 5 %)) e 35 dias (Água + NaCl (2,3 g/L — 10 %)), n=9.

Figure 8. Chlorophyll *a* fluorescence response for *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work. Radar chart for control data at the beginning of the experiment, after being subjected to progressive salt concentrations over 27 days (Water + NaCl (1.1 g/L — 5 %)) and 35 days (Water + NaCl (2.3 g/L — 10 %)), n=9.

Realizando uma leitura estatística dos dados apresentados acima, é possível identificar em qual momento do experimento a resposta fotossintética da espécie quando exposta ao sal se distanciou do controle.

Assim, as Figuras 9A, 9D e 9G mostram que RE_0/RC já apresentava diferença significativa aos 27 dias de experimento, quando as plantas estavam em 1,1 g/L, mantendo essa diferença até o final do experimento; PI_{abs} teve redução em ambos os tratamentos, provavelmente em função das elevadas temperaturas da estação do ano como discutido anteriormente, não apresentando diferença entre eles até o final como pode ser visto nas Figuras 9B, 9E e 9H; por outro lado, as Figuras 9C, 9F e 9I mostram que PI_{total} apresentou redução em ambos os tratamentos, mas além disso, ao final do experimento houve diferença entre os tratamentos com redução a quase um terço da eficiência no tratamento exposto à salinidade em relação ao controle aos 35 dias.

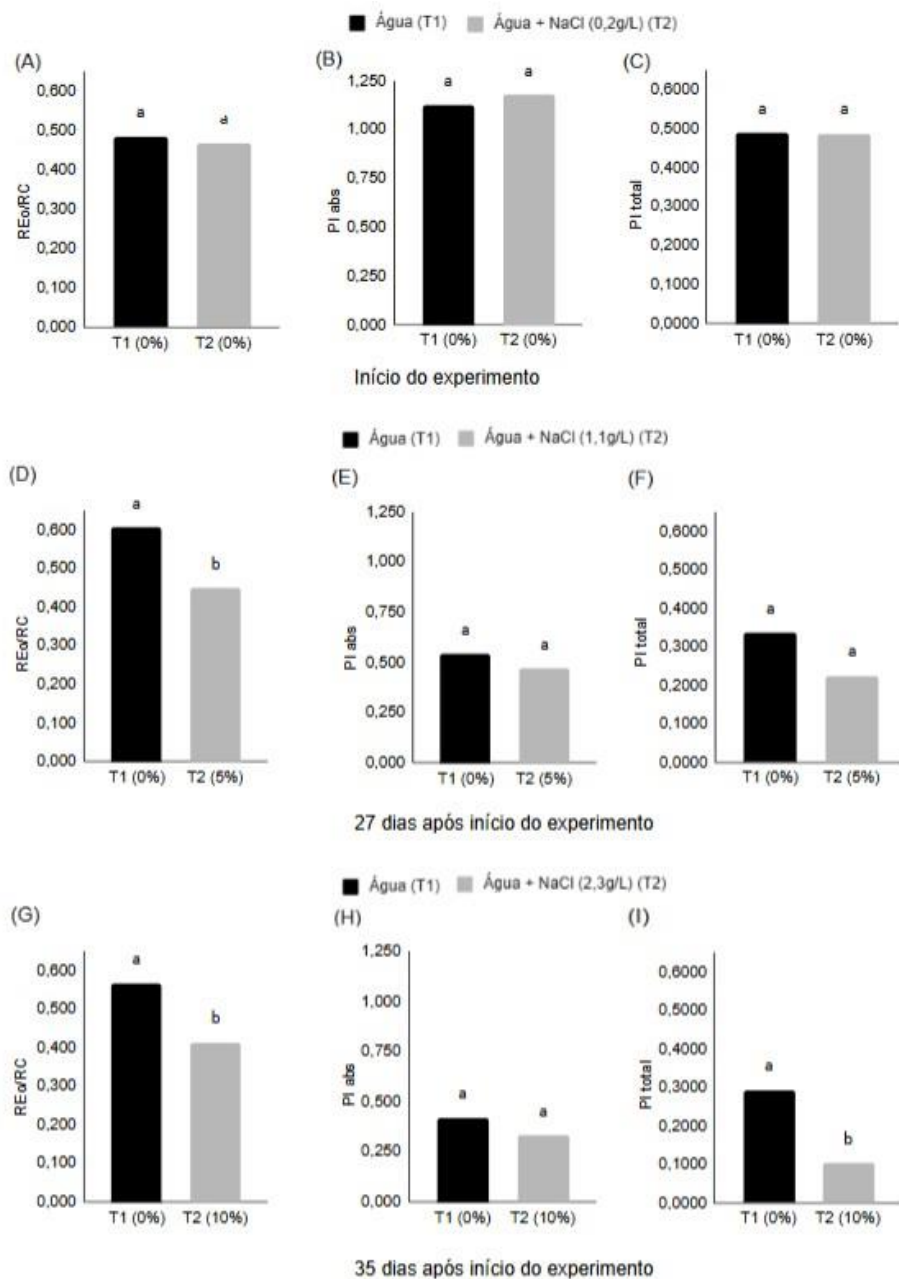


Figura 9. Análise estatística da fluorescência da clorofila *a* para *Pistia stratiotes*. Fonte: Autoria própria. Parâmetros estudados: REo/RC para 0, 27 e 35 dias após início do experimento (A, D e G), PI_{abs} para 0, 27 e 35 dias após início do experimento (B, E e H) e PI total para 0, 27 e 35 dias após início do experimento (C, F e I) comparando o controle (T1) com o tratamento submetido a variação de salinidade (T2). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Figure 9. Statistical analysis of chlorophyll *a* fluorescence for *Pistia stratiotes*. Source: Author's own work. Parameters studied: REo/RC for 0, 27 and 35 days after the start of the experiment (A, D and G), PI_{abs} for 0, 27 and 35 days after the start of the experiment (B, E and H) and total PI for 0, 27 and 35 days after the start of the experiment (C, F and I) comparing the control (T1) with the treatment subjected to salinity variation (T2). Identical letters do not differ statistically by Tukey's test at 5%.

DISCUSSÃO

O aumento proporcional na evaporação dos últimos dias do experimento em ambos os tratamentos pode ter sido causado pela condição meteorológica da semana, mais próxima do verão, em que as temperaturas mínimas foram mais elevadas do que no começo do período de estudo e não houve dias chuvosos em que a umidade relativa do ar pudesse compensar as elevadas temperaturas.

A diferença demonstrada aqui em relação ao dado aferido pela estação meteorológica do local pode se dar em função de alguns fatores: a coloração dos baldes (pretos) que favorece o aquecimento do conteúdo interno e sua proximidade com o solo, que tende a ser mais quente do que o ar (o sensor da estação se encontra a aproximadamente 1,5 m do solo enquanto que o experimento foi conduzido ao nível do chão).

Cabe ressaltar que tal volume de evapotranspiração de fato exerce um estresse adicional nas plantas, já que devido à redução de aproximadamente 46% do volume a cada 2 semanas (e 33% na última semana) é factível supor que a concentração efetiva em que as plantas do tratamento 2 (salobro) se encontravam tenha sido até 85% superior à que foi estipulada (e até 49% superior ao final). No entanto, também é razoável compreender que variações abruptas na salinidade ocorrem naturalmente em ambientes costeiros devido ao maior aporte de água do mar nas lagoas em determinadas condições climáticas, como abertura de canais e ressacas, de forma que o experimento continua fidedigno às condições de uma laguna costeira natural exposta às intempéries que ele se propôs replicar.

Assim, se reconhece que as variações de salinidade ao longo do experimento se configuraram como um fator limitante para a avaliação da resposta das plantas ao estresse pretendido, entretanto, este tipo de obstáculo também está presente e se mostra um desafio em no ambiente de lagoas costeiras (Jinoj *et al*, 2024), com frequência e magnitude variáveis.

O amarelamento das folhas em T2 no decorrer do experimento pode ter sido causado pelo excesso de íons Na^+ disponíveis em solução, o que inibe a absorção de K^+ pela planta, desencadeando o processo de necrose foliar, assim, a exposição por um período prolongado e a concentrações progressivamente mais elevadas potencializou o efeito negativo da salinidade sobre as plantas (Jia & Jiang, 2023).

O fato de ter havido, apesar de em menor grau, amarelamento das folhas no tratamento controle, pode ser atribuído à exposição ao sol pleno no período de maior incidência solar do ano (anteriormente as plantas haviam sido mantidas em estufa com 70% de sombreamento) (Bent *et al*, 2025); ou, possivelmente, à falta de nutrientes no período do experimento, já que nenhum dos tratamentos recebeu adubação (precisamente porque desejava-se observar o efeito somente do NaCl, sem adição de outras fontes de íons) (Kumar *et al*, 2023).

Os resultados da análise de crescimento indicam que até a concentração de 1,1 g/L *Pistia stratiotes* foi capaz de tolerar as alterações no meio sem comprometer gravemente seu crescimento, tendo uma perda inicial de folhas que se estabilizou após o choque inicial da presença de sais no meio demonstrando que a planta apresenta mecanismos regulatórios eficazes para minimizar o estresse salino nesta concentração. No entanto, a partir desse nível, ela não foi capaz de compensar o estresse e teve alterações significativas em todos os parâmetros de crescimento avaliados.

Tal resposta é compatível com (Iqbal *et al*, 2025), que encontraram para *Eichhornia crassipes*, outra macrófita flutuante, resultados semelhantes com redução no crescimento vegetal e folhas menores à medida em que a planta se encontrava exposta a ambientes com maior concentração de sais; para os autores, essas características são adaptações da espécie para se proteger da elevada salinidade no meio.

Outras macrófitas também encontram na salinidade um fator limitante para seu crescimento, (McDonald *et al*, 2023) obteve que nas concentrações de 4 e 8 PSU tanto *Vallisneria americana* quanto *Hydrilla verticillata* tiveram redução de área foliar e biomassa, com esta última

apresentando limitação de seu caráter invasivo e redução de crescimento no comprimento do caule (no tratamento com fertilizante em salinidade 4 o comprimento final foi $13,8 \pm 2,1$ cm e em salinidade 8 foi de $10,5 \pm 2,9$ cm após 19 semanas de estudo, em contraste com o controle que recebeu apenas fertilizante e teve comprimento final de $21,4 \pm 4,8$ cm).

Sob condições de estresse salino, as plantas podem sofrer redução da espessura foliar e aumento da área de aerênquima nas células como resposta ao meio (Akhtar *et al.*, 2017), bem como redução no diâmetro interno dos vasos (Degano, 1999). Assim, pode-se supor que estes mecanismos possam ter sido ativados em *P. stratiotes* após a concentração mencionada de 1,1 g/L, em que seus parâmetros de crescimento passaram a exibir alterações relevantes. Em contraste, espécies que apresentam melhor resposta adaptativa ao estresse salino conseguem realizar compartimentalização/exclusão de sais e transporte iônico para as partes aéreas (Esteves & Satika Suzuki, 2008).

De forma semelhante, a resposta do conteúdo de clorofila indica que a espécie estava tolerando bem o ambiente salobro até o limite de 1,1 g/L se comportando tal qual o controle em termos do conteúdo de clorofila presente nas folhas, assim como a análise de condutância estomática, corroborando o indicativo anterior de que as plantas em T2 estavam aclimatando-se adequadamente, realizando as trocas gasosas sem distinção de eficiência em relação às plantas do controle até 1,1 g/L de NaCl.

A redução no conteúdo de clorofila ao final do experimento, mas notável na última semana, é um sinalizador de estresse metabólico, encontrada também por Guzman-Tordecilla *et al.* (2024) ao estudar macrófitas em águas contaminadas por antibióticos, segundo os autores, *Lemna minor* teve redução de 57% no conteúdo de clorofila quando exposta às maiores concentrações de contaminante. Dessa forma, a redução do conteúdo de clorofila era esperada em convergência com os resultados de declínio no crescimento vegetativo na última semana discutidos anteriormente.

Em relação à condutância estomática, Rehman *et al.* (2023) encontraram uma correlação positiva entre a condutância estomática de *P. stratiotes* e os níveis de oxigênio dissolvido (OD) na rizosfera na temperatura de 35 °C, de forma que níveis elevados de condutância estomática indicam maior liberação de oxigênio pelas raízes da planta. Assim, como no presente estudo a condutância estomática em T2 não sofreu redução até o 27 dia, pode-se sugerir que até este momento a liberação de oxigênio pelas raízes de *P. stratiotes* em T2 também não havia sofrido redução em relação ao controle apontando para uma boa oxigenação dos tecidos vegetais. No entanto, como não foi possível obter uma nova medição ao 35º dia por limitações técnicas, não é possível inferir os níveis de oxigenação dos tecidos após o período mais crítico do experimento, de exposição à concentração mais elevada de sal, tal circunstância acabou por impactar negativamente a elaboração de uma análise global mais integrada do aspecto fisiológico da resposta ao estresse.

A redução no parâmetro “Área” na curva de fluorescência da clorofila *a* em T2 indica inibição no transporte de elétrons do centro de reação (RC) para o aceptor de elétrons (PQ) sob estresse salino (Salim Akhter *et al.*, 2021). O aumento de DI_0/RC em T2 evidencia o aumento na dissipação de energia por centro de reação na forma de calor conforme há o aumento da exposição ao NaCl e a diminuição de RE_0/RC em T2 corrobora a redução final do índice de performance de eficiência fotossintética total (PI total) no mesmo tratamento conforme o aumento da salinidade.

De modo geral, as plantas, começaram a apresentar sintomas de déficit por salinidade a partir do 27º sétimo dia, se tornando mais visível nos dados da análise de fluorescência, principalmente no que se refere à redução de aceptores finais de elétrons no fotossistema I (RE_0/RC) (Kolaksazov *et al.*, 2024), com pouca demonstração visível nos parâmetros de crescimento, somente apresentando alteração no número de folhas antes deste dia. Nos outros parâmetros não houve alterações importantes, tanto no dia 13 quanto no dia 27. Somente a partir do dia 27 que começaram a apresentar alterações morfológicas nos parâmetros de

diâmetro do colo, comprimento da raiz, área foliar e número de folhas em relação ao controle, o que reflete maior instabilidade nos fotossistemas I e II das plantas, porque o índice de performance total (PI_{total}) demonstrou que a planta ela não estava com uma boa atividade entre os fotossistemas e também inter-sistemas (Khatri & Rathore, 2019), apresentando possivelmente perda no transporte de elétrons, o que refletiu uma menor redução de aceptores finais de elétrons. Tal achado indica que o principal problema estava ao longo da cadeia de transporte de elétrons entre os fotossistemas, para além do fotossistema II, porque o PI_{abs} no fotossistema II estava igual ao controle aos 35 dias.

Desta maneira, consegue-se evidenciar uma maior dissipação, o que demonstra realmente que as plantas estavam estressadas entre os 27 dias e 35 dias, perfazendo uma maior dissipação de elétrons aos 35 dias (Malea *et al.*, 2021). Assim, a situação estressante foi aumentando, tendo sido tempo-dependente para ter um efeito negativo. Quanto mais tempo ela permaneceu em salinidade mais danoso foi para o metabolismo da planta. Então, até os 27 dias, ela conseguiu suportar a situação estressante a que estava imposta, tendo sido posteriormente a isso tempo dependente na última semana, danificando as suas estruturas.

Cabe ainda pontuar que a duração do experimento, 35 dias, torna os resultados obtidos relevantes para ter uma compreensão inicial geral acerca do comportamento de *P. stratiotes* quando exposta a salinidade em solução por curtos períodos, no entanto, a possibilidade de sua utilização para fitorremediação em lagoas salobras exigiria conhecer seu desempenho durante um período mais prolongado sob o estresse de sal. Tal aprofundamento é necessário pois, pode haver diferenças na resposta da espécie à exposição de curto prazo e na resposta a períodos longos sob estresse: Braga *et al.* (2022) determinaram que *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. possui mecanismos adaptativos de exclusão de sais, que se iniciam com senescência e perda foliar e procedem para a inibição da entrada de Na^+ nas raízes para posteriormente haver recuperação vegetal, ou seja, dependendo da duração do experimento, somente a perda foliar seria observada e não sua posterior recuperação, fato que é possível se conjecturar que também possa acontecer com a espécie deste estudo.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, considera-se que *P. stratiotes* possui boa capacidade de tolerância e aclimação para concentrações baixas de sal em solução, com limite possivelmente entre 1 e 2 g/L nas condições estudadas. No entanto, conforme discutido anteriormente, a elevada evaporação aferida por proveta durante o experimento permite supor que a concentração efetiva que as plantas toleraram tenha sido até 85% maior do que a estipulada, o que ampliaria o limite de tolerância da espécie e permitindo que ela seja aplicada a uma maior diversidade de projetos de fitorremediação em lagoas costeiras com baixa salinidade.

Entende-se que a espécie pode ser seguramente pensada para projetos de fitorremediação em áreas de águas doces ou permanentemente alagadas com águas salobras, tais como lagoas costeiras, baixo curso de rios que deságuam no mar e manguezais, desde que a concentração de salinidade seja de até 1,1 g/L. Futuramente, é de grande importância que o limite de tolerância de *P. stratiotes* ao sal continue a ser avaliado por outras pesquisas, de forma que um limite superior seja mais claramente estabelecido e em que circunstâncias este limite se aplicaria.

Sugere-se a realização dos experimentos em casa de vegetação sombreada, bem como o acondicionamento das plantas em recipientes maiores, como tonéis, cochos ou caixas d'água, para haver melhor controle da evaporação e menor impacto na variação de salinidade da solução, que foram fatores limitadores de uma compreensão mais aprofundada dos resultados neste trabalho. Recomenda-se também, para estudos posteriores, a realização de medições de condutância estomática ao final do período de estudo, visando um melhor entendimento da relação entre o estresse aplicado e o transporte de gases e oxigenação dos tecidos nas plantas.

Adicionalmente, devido ao amarelamento das folhas no controle, indica-se que experimentos posteriores utilizem adubação diluída, como NPK 15-30-15, especialmente nos casos em que o experimento durar várias semanas para evitar confusão com a resposta exibida frente ao agente de estudo, no caso o sal.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa, indispensável para o desenvolvimento desta pesquisa.

LITERATURA CITADA

- Akhtar, N., Hameed, M., Nawaz, F., Ahmad, K. S., Hamid, A., Segovia-Salcedo, C., & Shahnaz, M. M. (2017). Leaf anatomical and biochemical adaptations in *Typha domingensis* Pers. ecotypes for salinity tolerance. *Botanical Sciences*, 95(4), 807–821. <https://doi.org/10.17129/botsci.886>
- Almeida, H. A. de. (2016). *Climatologia Aplicada à Geografia*. EDUEPB. <https://www.uepb.edu.br/download/ebooks/Climatologia-Aplicada-aCC80-Geografia.pdf>
- Barros, A. A. M. de. (2009). Vegetação vascular litorânea da Lagoa de Jacarepiá, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 60(1), 97–110. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200960105>
- Bent, A., MacDonald, M. T., & Steenberg, J. W. N. (2025). Forest dieback of *Abies balsamea* in eastern North America. *Forests*, 16(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f16121799>
- Braga, Í. de O., Carvalho da Silva, T. L., Belo Silva, V. N., Rodrigues Neto, J. C., Ribeiro, J. A. de A., Abdelnur, P. V., de Sousa, C. A. F., & Souza, M. T. (2022). Deep untargeted metabolomics analysis to further characterize the adaptation response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. to very high salinity stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 869105. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.869105>
- Carvalho, L. B., Souza, M. C., Bianco, M. S., & Bianco, S. (2011). Estimativa da área foliar de plantas daninhas de ambiente aquático: *Pistia stratiotes*. *Planta Daninha*, 29(1), 65–68. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100008>
- Coelho, J. C. (2017). *Macrófitas aquáticas flutuantes na remoção de elementos químicos de água residuária*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista].
- Comitê Baía de Guanabara. (2022). *Monitoramento das Águas do Sistema Lagunar de Itaipu Piratininga, Niterói - RJ*. Comitê Baía de Guanabara.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- Degano, C. A. M. (1999). Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(3), 357–363. <https://doi.org/10.1590/s0100-84041999000300002>
- Dubreuil, V., Fante, K. P., Planchon, O., & Neto, J. L. S. (2018). Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins*, 37, 1–26. <https://doi.org/10.4000/confins.15738>
- Esteves, B. S., & Suzuki, M. S. (2008). *Typha domingensis* Pers. subject to interactions among water level and fire event in a tropical lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(3), 227–234.
- Esteves, F. A. (1998). *Fundamentos de Limnologia* (Número 2). Interciência.

- Gimenes, K. Z. (2008). *Efeito de diferentes concentrações de nutrientes na competição entre Salvinia molesta e Pistia stratiotes*. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual Paulista].
- Guzman-Tordecilla, M., Pacheco-Bustos, C., Coronado-Posada, N., Pedrosa-Gomes, M., Martinez-Burgos, W. J., Mejía-Marchena, R., & Zorman-Marques, R. (2024). Exploring the ecotoxicological impact of meropenem on *Lemna minor*: Growth, photosynthetic activity, and oxidative stress. *Environmental Research*, 258, 119409. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119409>
- Hadad, H. R., Mufarrege, M. M., Di Luca, G. A. D., & Maine, M. A. (2018). Salinity and pH effects on floating and emergent macrophytes in a constructed wetland. *Water Science and Technology*, 2017(1), 270–275. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.110>
- Horotán, K., Orlóci, L., Táborská, J., Mosonyi, I. D., Neményi, A., Boronkay, G., Istvánfi, Z., & Kisvarga, S. (2026). Ornamental Phytoremediation in Cities: Context-Dependent Roles in Managing Potentially Toxic Elements. *Plants*, 15(4), 662.
- INMET. (2026). *Normais Climatológicas do Brasil: 1991-2020. Precipitação Acumulada (mm) - Anual*. INMET: Clima. https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual
- Iqbal, U., Wahab, A., Rafiq, S., Noreen, S., Abid, S., Sharif, M., Ahmad, M., & Yousuf, M. (2025). Structural traits driving water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) aggressive spread and ecosystem disruption. *Water, Air, & Soil Pollution*, 236(7), Article 413. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08045-4>
- Jia, X., & Jiang, Z. (2023). Salicylic acid alleviates salt stress in soybean by improving anti-oxidant capacity and growth performance. *Pakistan Journal of Botany*, 55(1), 37–44. [https://doi.org/10.30848/PJB2023-1\(31\)](https://doi.org/10.30848/PJB2023-1(31))
- Jinoj, T. P. S., Panda, U. S., Vijay, A., Ezhilarasan, P., Kumaraswami, M., & Ramana Murthy, M. V. (2024). Hydro-ecological modelling of a hypersaline lagoon ecosystem (Pulicat) in southeast coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 304, 108833. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108833>
- Joaquim, W. V. da R. (2025). *Dinâmica populacional de Laeonereis acuta (Treadwell, 1923) (Annelida: Nereididae) nos sistemas lagunares de Itaipu, Maricá e Saquarema*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense]. <https://www.sipos.app/ppgdot/administracao/tesesdissertacoes/documentos/448DISSERTWashington2025.pdf>
- Khatri, K., & Rathore, M. S. (2019). Photosystem photochemistry, prompt and delayed fluorescence, photosynthetic responses and electron flow in tobacco under drought and salt stress. *Photosynthetica*, 57(1), 61–74. <https://doi.org/10.32615/ps.2019.028>
- Kolaksazov, M. I., Stoycheva, I. N., Georgieva, N., & Vasileva, I. A. (2024). Comparison of Photosynthetic and Antioxidant Activity of Four Novel Forage Crops for the Territory of Central Northern Bulgaria. *Oxidation Communications*, 47(3), 469–477.
- Kumar, A., Yadav, N., Pandey, J., Patariya, V., & Verma, R. K. (2023). Microbial inoculants with inorganic fertilizers slacken the chlorosis impact on Kalmegh [*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees] and improve yields and quality traits. *Acta Ecologica Sinica*, 43(2), 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2022.07.001>
- Lins-De-Barros, F. M., Zeidan, F., & De Franca Lima, R. (2016). Adaptation and perception of extreme storm events at Maricá's coast, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 16(2), 147–161. <https://doi.org/10.5894/rgci591>
- Malea, L., Nakou, K., Papadimitriou, A., Exadactylos, A., & Orfanidis, S. (2021). Physiological responses of the submerged macrophyte *Stuckenia pectinata* to high salinity and irradiance stress to assess eutrophication management and climatic effects: An integrative approach. *Water*, 13(12), 1706. <https://doi.org/10.3390/w13121706>

Recibido / Received:
22/noviembre/2025

**Recepción de versión
corregida / Revised
version received:**
20/marzo/2026

Aceptado / Accepted:
15/mayo/2026

- McDonald, A. M., Martin, C. W., Adams, C. R., & Reynolds, L. K. (2023). Competition in a changing world: Invasive aquatic plant is limited by saltwater encroachment. *Ecosphere*, 14(3), Article e4394. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4394>
- Mejía, P. V. L., Andreoli, F. D. N., Andreoli, V., C., & Serrat, B. M. (2014). Metodologia para Seleção de Técnica de Fitorremediação em Áreas Contaminadas Methodology for selection of Phytoremediation technique in brownfields. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, (31), 97–104.
- Nguyen-Sy, T., Hai, H., Do, H. H., Tran Thi, P., Tran Minh, T., Tran, N. S., Doan Chi, C., & Vo Van, M. (2025). Removal of ammonium and nitrate by water lettuce (*Pistia stratiotes*) under salinity stress. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 51(2), 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2025.02.006>
- Prefeitura de Niterói (2022). *Parque Orla Piratininga*. Parque Orla Piratininga - PROSustentável. <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/>
- Oceanus, C. de B. E. (2021). *Relatório de monitoramento da água superficial nas lagunas de Saquarema e Jacaré: Região hidrográfica VI do estado do Rio de Janeiro*.
- Oliveira, N. M. de. (2014). *Sorção de Corantes em Biomassa seca das Macrófitas Aquáticas Salvinia sp. e Pistia stratiotes*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro].
- Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and physical sciences*, 193(1032), 120–145. <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>
- Penna e Silva, C., Luiz, D., Jr, D., Nepomuceno, D., Angélica, A., Barros, M. De, Antônio, J., Pontes, L., Shannon, C., & Shannon, D. (2023). Structure and floristics of the plant community in Lagoa do São Bento, Maricá, Rio de Janeiro state, Brazil. *Rodriguésia*.
- Rehman, F., Usman, A., Ditta, A., Khan, F. S., Mahmood, Q., Alataway, A., Dewidar, A. Z., & Mattar, M. A. (2023). Optimal root oxygen release from two macrophytes *Saururus cernuus* L. and *Pistia stratiotes* L. varies with light and temperature in simulated constructed wetlands microcosms. *Rhizosphere*, 26, 100697. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100697>
- Salim Akhter, M., Noreen, S., Mahmood, S., Athar, H. ur R., Ashraf, M., Abdullah Alsahli, A., & Ahmad, P. (2021). Influence of salinity stress on PSII in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes, probed by chlorophyll-a fluorescence. *Journal of King Saud University - Science*, 33(1), 101239. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101239>
- Strasser, B. J., & Strasser, R. J. (1995). Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. Em *Photosynthesis: From Light to Biosphere* (p. 977–980).
- Tsimilli, M. (2020). Special issue in honour of Prof. Reto J. Strasser – Revisiting JIP-test: An educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. *Photosynthetica*, 58(SPECIAL ISSUE), 275–292.
- Upadhyay, R. K., & Panda, S. K. (2005). Salt tolerance of two aquatic macrophytes, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. *Biologia Plantarum*, 49(1), 157–159. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-7159-4>
- Vieira, M. do C. (2014). *Potencial de Remoção de Nutrientes de Efluente Doméstico por Plantas Aquáticas Flutuantes*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Oeste Paulista].