III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

DINÂMICA TÉRMICA EM ECOSSISTEMAS DE MANGUEZAL: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL E USO SUSTENTÁVEL

Saraeh Souza Costa (1); Nádia Gilma Beserra de Lima (2) Emerson Galvani (3);
(1)Graduanda em Geografia, Universidade de São Paulo (USP), saraehsouza@usp.br
(2)Professora Doutora, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP), nadia.lima@usp.br
(3)Professor Doutor, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP), egalvani@usp.br

RESUMO
O presente estudo analisa a variabilidade microclimática em ecossistemas de manguezal no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP), partindo da comparação entre a área denominada Ilha dos Papagaios, no município de Iguape (área impactada) e o Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) em Cananéia (área conservada). A finalidade foi avaliar como a degradação ambiental, intensificada pela abertura do Canal do Valo Grande, influencia os atributos microclimáticos desses ambientes e sua tolerância frente a eventos climáticos extremos. A metodologia apoiou-se no monitoramento e na análise comparativa de dados de temperatura do ar que foram obtidos por Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs), além da complementação por meio de técnicas de sensoriamento remoto para a obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O recorte temporal investigado compreende o período de junho de 2017 a junho de 2019. As análises realizadas sinalizam que, embora ambas as áreas monitoradas acompanhem os mesmos padrões sazonais e regionais, o manguezal da Ilha dos Papagaios apresenta menor capacidade de retenção de calor e umidade, fato evidenciado pelas altas amplitudes térmicas. A análise do NDVI constatou também menor densidade de vegetação na Ilha dos Papagaios. Essa redução na densidade foliar compromete a eficiência do dossel na regulação microclimática, intensificando um estresse térmico que se mostrou prejudicial ao bosque de mangue. Adicionalmente, constatou-se que a ocorrência de um contingente maior de temperaturas extremas causada pelo desequilíbrio hídrico, sedimentar e microclimático relacionado ao dossel vegetal alterado devido a proximidade do Canal do Valo Grande, tornando o manguezal de Iguape mais vulnerável, fato que foi enfatizado na sua incapacidade de recuperação após um evento extremo que culminou na mortalidade de 96,6% dos espécimes locais.

Palavras-chave: Temperatura; Microclima; Manguezal; Impacto Antrópico.

1. INTRODUÇÃO
O manguezal é um sistema ecológico costeiro tropical, entre o ambiente terrestre e marinho, localizado na foz dos rios e estuários (Correia et al. 2005. pág-24). Embora o Brasil detenha a segunda maior extensão global de manguezais, onde 87% de todo ecossistema se encontra sob proteção legal (ICMBIO, 2018) a degradação por ações antrópicas ainda comprometem o funcionamento desse ecossistema.

No litoral sul do estado de São Paulo, as diferentes unidades de conservação resguardam os manguezais mais conservados do estado (ICMBIO, 2015). Apesar da conservação da região, estudos apontam para ocorrência de clareiras em áreas de mangue na região de Iguape, devido ao aumento de macrófitas aquáticas invasoras, resultado da abertura do canal do Valo Grande (Cunha-Lignon, 2017). A abertura desse canal artificial ocorreu entre 1827 e 1852 e causou mudanças significativas para o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. De acordo com Prado et al. (2019), o canal representa um dos maiores desastres ambientais da costa brasileira, tornando a vegetação extremamente vulnerável a eventos climáticos extremos e anomalias meteorológicas.

A investigação e compreensão dos aspectos relacionados a mudanças microclimáticas nos ambientes de manguezal são de suma importância, pois esse tipo de ambiente atende intensamente a forças ambientais (Galvani et al. 2017). Especificamente, por meio de variações nos índices de temperatura do ar é possível indicar alterações climáticas significativas nos ambientes próximos ao litoral como um todo. Essas transformações refletem as consequências de mudanças climáticas em escala micro e com potencial extrapolação para a macroescala.

2. OBJETIVO
O analisou a dinâmica térmica nos manguezais do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP). O monitoramento tem a finalidade de avaliar como os impactos antrópicos influenciam os atributos do clima. Com isso, o estudo investigou a dinâmica térmica como indicador de alterações associadas à degradação ambiental.

3. MÉTODO
O Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP) apresenta uma transição macroclimática ao longo de sua

extensão. O município de Iguape é classificado, segundo o sistema Köppen-Geiger sob o clima Af caracterizado como um clima quente e úmido (A) e sempre úmido sem estação seca definida (f). Já o município de Cananéia classifica-se sob o tipo climático Cfa, definido como um clima mesotérmico subtropical (C), sempre úmido sem estação seca definida (f) e com verões quentes (a) (ALVARES *et al.*, 2013). Sob a perspectiva do zoneamento bioclimático nacional estabelecido pela norma ABNT NBR 15220 (ABNT, 2005) a região é classificada como Zona Bioclimática 3 (ZB3). Essa proximidade na caracterização climática regional e convergência no zoneamento bioclimático valida a comparação entre áreas, uma vez que evidenciam uma homogeneidade ambiental e climática.

Foram utilizados dados provenientes de Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas a uma distância de cerca de 70 km na direção NE-SW. Apesar das diferenças espaciais, constatou-se que, na escala de análise, ambos os locais respondem da mesma forma à sazonalidade regional, mantendo padrões equivalentes. Com esses aparelhos foram registrados diversos atributos climáticos, contudo, a análise concentrou-se no aspecto da temperatura do ar, sob a premissa de que é um dos aspectos mais influentes quando relacionado à saúde da flora.

A abordagem considera que o microclima é diretamente influenciado pela estrutura do dossel vegetal, modulando a dinâmica térmica local, e, para fins de comparação, o manguezal do Parque Estadual Ilha do Cardoso (PEIC) teve seus dados utilizados como parâmetro de conservação em contraponto ao ecossistema da Ilha dos Papagaios, localizado na APACIP. A escolha das áreas fundamenta-se na diferença do nível de vulnerabilidade entre a Ilha dos Papagaios, que, devido à sua proximidade com o canal do Valo Grande, apresentou historicamente alterações ambientais, em contraponto à preservação do PEIC. Os procedimentos envolveram a coleta de dados dos dataloggers por um período de mais de 10 anos da qual foram analisados 2 anos consecutivos, delimitados entre 2017 e 2019. A escolha desse recorte temporal justifica-se por corresponder ao estágio final de integridade biológica do manguezal da Ilha dos Papagaios e, o ano de 2019 delimita a janela máxima de viabilidade dos dados, uma vez que o monitoramento dessa área de Iguape-SP foi descontinuado após esse ano. Dessa forma, esse recorte temporal permitiu compreender como as alterações microclimáticas e a subsequente perda do dossel vegetal influenciaram a resiliência do ecossistema e eventos climáticos extremos.

4. RESULTADOS

O período de análise da temperatura do ar compreendeu de junho de 2017 a junho de 2019, definido devido a destruição da torre microclimática instalada no local, inviabilizando a continuidade do monitoramento (Lima et al. 2023). Foram utilizados registros de temperatura mínima, média e máxima e, mesmo sob a influência dos mesmos sistemas atmosféricos de escala regional, houve alterações nos valores registrados entre eles.

A figura 01 apresenta a dinâmica térmica a partir das médias diárias, comparando o manguezal de Iguape (alterado) e o de Cananéia (conservado). Apesar de notório que ambos seguem o padrão sazonal, observa-se ainda que, em períodos específicos, principalmente no verão de 2017, o manguezal de Iguape registrou temperaturas máximas do ar mais acentuadas. Além disso, nota-se que em períodos mais frios a temperatura do ar tende a ser menor que no manguezal preservado, sugerindo dificuldade na retenção de calor. Essa assinatura térmica evidencia uma menor capacidade de regulação da temperatura do ar, e, maior entrada de radiação solar direta, ambas alterações possivelmente associadas à degradação da estrutura do dossel vegetal.

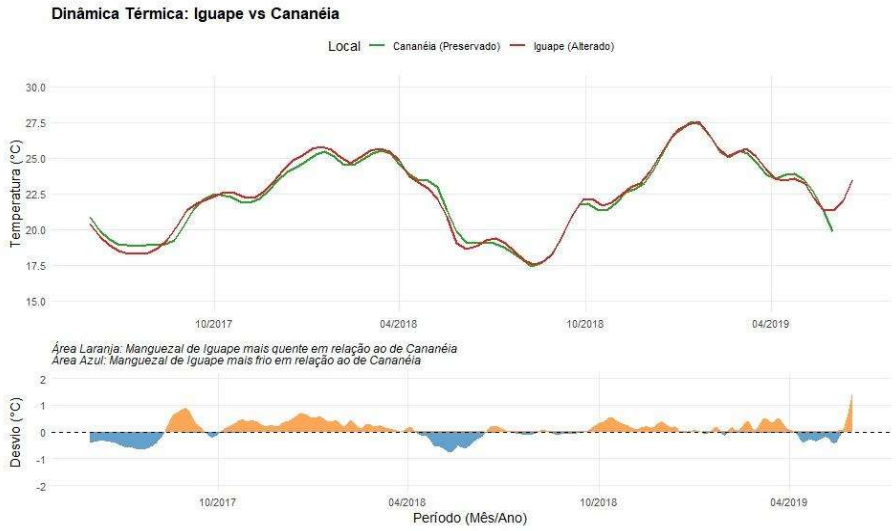


Figura 1 - Comparação Térmica: Manguezal de Iguape e Manguezal de Cananéia. (Elaborado por: Saraeh Souza Costa, 2026).

Essa hipótese se apoia na figura 02 , no qual se observa que o NDVI médio da Ilha dos Papagaios no período de análise foi de 0,636, valor inferior ao do PEIC, que registrou 0,767. Essa diferença na densidade da vegetação influencia a dinâmica microclimática e, é oque favorece a maior flutuação na temperatura do ar, devido à menor retenção de umidade (Oliveira et al. 2005) tornando o ecossistema mais suscetível a perda de biodiversidade, desequilíbrios ecológicos e processos de degradação ambiental (Landau et al. 2009).

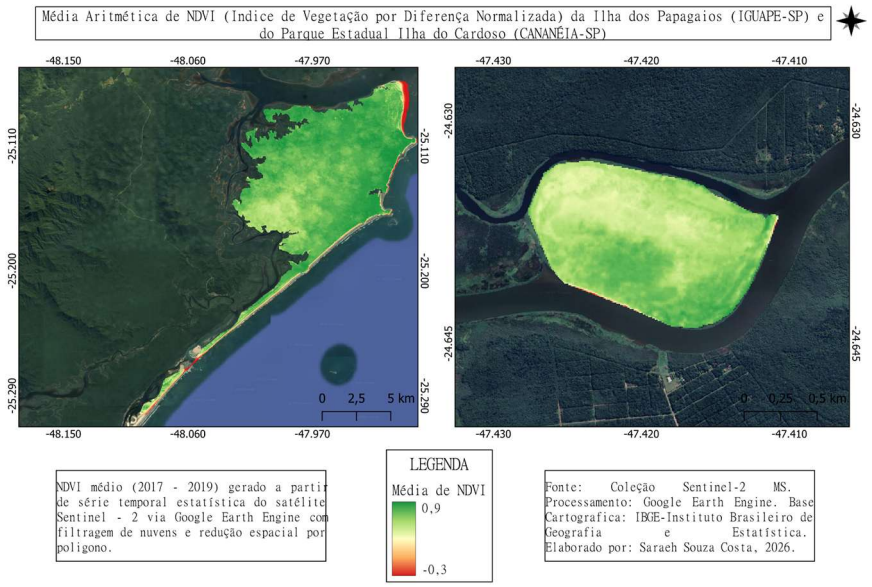


Figura 2 - Média Aritmética de NDVI. (Elaborado por: Saraeh Souza Costa, 2026).

Ao aprofundar a análise, a figura 03 apresenta a amplitude térmica mensal entre os manguezais analisados. Observa-se que o manguezal de Iguape apresenta amplitudes térmicas superiores em relação ao manguezal de Cananéia, principalmente nos períodos de primavera e verão. Essa maior variação térmica indica menor capacidade de retenção de calor e umidade, uma vez que a água auxilia na retenção de calor dentro do dossel, diminuindo a diferença entre a máxima e a mínima de temperatura.. O aquecimento mais acentuado em Iguape, associado à maior perda de calor, evidencia alterações nos fluxos de entrada e saída de energia, diretamente condicionados pela estrutura do dossel vegetal (Galvani et al. 2018) revelando seu estado inferior de conservação, oque é evidenciado no resultado do Mapa 1.

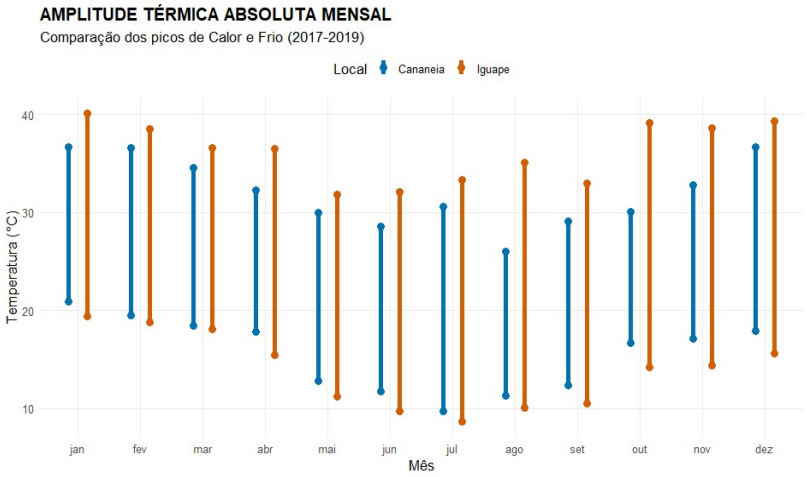


Figura 3 - Amplitude Térmica Absoluta Mensal. (Elaborado por: Saraeh Souza Costa, 2026).

Em consonância com os resultados anteriores, a Figura 04 evidencia a diferença na ocorrência de picos horários de calor extremo (>35°C) entre as duas áreas pesquisadas. Observa-se que o manguezal de Iguape apresentou uma frequência 4,8 vezes maior que o do manguezal de Cananéia, indicando maior incidência relacionada ao registro de altas temperaturas. O estresse térmico em plantas de mangue pode desencadear o fenômeno denominado "depressão ao meio-dia" (Zhu et al. 2014), no qual a taxa fotossintética é reduzida nos períodos de maiores temperaturas a fim de evitar a perda de água pela planta. Em condições onde as temperaturas permanecem elevadas por mais tempo e por, esse período de supressão fotossintética se prolonga, resultando na redução da produtividade do ecossistema e no comprometimento de sua saúde. Portanto, a maior incidência de temperaturas extremas no manguezal de Iguape contribuiu para um iminente estresse fisiológico da flora, tornando o bosque mais suscetível a impactos severos.

O comprometimento da resiliência do ecossistema fez com que a estação Ilha dos Papagaios em Iguape deixasse de operar em 2019, quando um evento climático extremo ocasionou a queda da EMA e a interrupção do monitoramento. Em campo foi constatado a morte de 96,6% das espécies de mangue que não apresentaram regeneração (Lima et al. 2023).

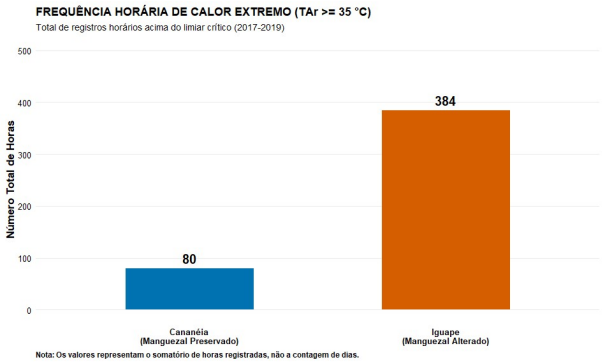


Figura 04- Frequência Horária de Calor Extremo (>35°C). (Elaborado por: Saraeh Souza Costa, 2026).

5.CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o comprometimento da integridade do dossel vegetal alterou a dinâmica microclimática do manguezal da Ilha dos Papagaios (Iguape), atingindo um ponto de não retorno. Esse limiar caracterizou-se pela perda dos indivíduos arbóreos e ao ao desequilíbrio térmico da área, fatores estes que, inviabilizaram a regeneração natural do ecossistema de manguezal por causarem um ciclo autossustentado de degradação, eliminando as condições fundamentais para o recrutamento e sobrevivência das espécies. Ademais, diferenças térmicas evidenciam como o ecossistema já estava fragilizado antes do evento extremo, resultando na perda total de sua resiliência.

Nesse sentido, os resultados aqui obtidos visam contribuir para a elaboração de medidas voltadas à mitigação de futuros potenciais impactos em outros ecossistemas de manguezal próximos ao canal do Valo Grande. Além disso, frente às mudanças climáticas, o estudo da dinâmica microclimática de ecossistemas mostra-se fundamental para entender a vulnerabilidade desses ambientes em relação a eventos climáticos extremos.

6.AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), mediante a concessão de bolsa de Iniciação Científica (processo nº 2025/01385-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. *et al*. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais. Maceió: EDUFAL, 2005.

CUNHA-LIGNON, Marília; VASQUEZ, Mariana de Oliveira. Efetividade do vídeo-monitoramento para avaliação de áreas de manguezal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2019.

GALVANI, Emerson; LIMA, Nádia Gilma Beserra de; CUNHA-LIGNON, Marília. Análise microclimática de manguezais em Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2017.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APACIP): plano de manejo. Brasília: ICMBio, 2015.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Atlas dos Manguezais do Brasil*. Brasília: ICMBio, 2018.

LANDAU, Elena Charlotte; TAVARES, Rafaela Barbosa Teixeira; HIRSCH, André; BARROS, Carina Assis. Tendências de variação da amplitude térmica no Brasil em função das mudanças climáticas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 3., 2009, Canela, RS. Anais [...]. Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2009.

LIMA, Nádia Gilma Beserra de; GALVANI, Emerson; CUNHA-LIGNON, Marília. Evento meteorológico extremo em manguezais: análise da precipitação e do estado de conservação florestal. Revista Brasileira de Climatologia, v. 33, p. 574-596, 2023.

OLIVEIRA, Milson L. de; RUIZ, Hugo A.; COSTA, Liovando M. da; SCHAEFER, Carlos E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 535-539, 2005.

PRADO, Helbert Medeiros et al. O canal do Valo Grande no Complexo Estuarino Cananéia-Iguape (SP, Brasil): história ambiental, ecologia e perspectivas futuras. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 22, 2019, e01822.

ZHU, Xiaolin; LI, Xia; WANG, Weiqi; CHEN, Jianping. Photosynthetic responses of mangrove species to environmental changes: midday depression and its ecological significance. *Acta Ecologica Sinica*, v. 34, n. 4, 2014.