

ANÁLISE DA TEMPERATURA DO SOLO E DO AR NO MANGUEZAL DO LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Nádia Gilma Beserra de Lima
Universidade de São Paulo
nadia.lima@usp.br

Emerson Galvani
Universidade de São Paulo
egalvani@usp.br

A CLIMATOLOGIA E AS NOVAS TECNOLOGIAS

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar a variação da temperatura do solo e do ar no manguezal localizado no litoral sul de São Paulo (Iguape / SP). Os atributos climáticos foram obtidos em uma torre microclimática, que possui 2 estações meteorológicas, uma instalada a 2 m de altura, para obter dados com influência do dossel, e outra instalada a 12 metros, ultrapassando o dossel da vegetação. As estações possuem sensores de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento, chuva e radiação solar. Para analisar da temperatura do solo foi instalado um termômetro de solo na base da torre. Os resultados indicam que a temperatura média do ar foi significativamente diferente da temperatura do solo, a qual foi cerca de 1° C superior. A maior variabilidade foi registrada em agosto. Por outro lado, setembro se destacou com *outliers* superiores e inferiores. Vale destacar que essa época do ano é de transição em que o continente já responde aos estímulos da maior energia e com a entrada de maré há influência das características da águas costeiras, guardando ainda características do outono/inverno.

Palavras chaves: mangue, maré, termômetro de solo.

Abstract: This study aims to analyze the variation of soil and air temperature in the mangrove located in the southern coast of São Paulo (Iguape / SP). Data were obtained from climatic attributes in a microclimatic tower. This tower has two weather stations. One is installed at 2 m high, in order to obtain data on the influence of the canopy and at 12 meters high, was installed at the top of the tower. The weather stations contains sensors for air temperature, relative humidity, wind speed and direction, precipitation, and solar radiation. To analyze soil temperature we have installed a soil thermometer based on the meteorological tower. The results indicate that the average air temperature was significantly different from ground temperature, which was about 1 °C higher than air temperature. A greater variability was seen in the data collected in August. Moreover, September showed the highest extremes, both upper and lower. It is worth noting that this time of the year is a transition in which the continent is already responding to stimuli of higher energy and input tide that brings characteristics of coastal waters guard and still characteristics of autumn / winter.

Keywords: mangrove, tide, soil thermometer

Introdução

Segundo Ross (2002), o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape pode ser considerado uma das áreas mais preservadas do Estado de São Paulo, devido à sua extensão e estágio de preservação. Afirmção também corroborada por autores como CETESB (1998), Diegues (2002), Cunha-Lignon et al (2009). Os manguezais, com importante destaque na área de estudo, caracterizam-se por ambiente salinizado e pela constante inundação causada por marés. Sua importância maior está relacionada à produção de biomassa, introduzida no sistema bioenergético natural, para aumentar a produtividade da zona costeira com a introdução de particulados orgânicos, nas águas estuarino-lagunares, pelos processos químicos e biológicos (HERZ, 1988). Representam comunidades vegetais adaptadas a várias condicionantes físicas atuantes nas zonas costeiras, entre elas, as climáticas.

Para Lugo (2002), estudos na zona costeira fornecem informações e contribuem para promover a conservação dos manguezais, considerando-se múltiplas escalas temporais.

Estudos apontam o ecossistema manguezal como indicador biológico das variações climáticas globais e do aumento previsto do nível relativo do mar, como Alongi (2002) e Schaeffer-Novelli (2002). Para Nelleman et al. (2009 apud Cunha-Lignon e Kampel, 2011) a proteção de áreas de manguezal e de outros ecossistemas costeiros é fundamental sendo necessário que haja monitoramento de áreas de manguezal que, de forma gratuita e eficiente, retém sedimentos e protegem a linha de costa, além de prestarem outros serviços às comunidades humanas.

A abordagem microclimática se faz importante visto que contribuirá para um melhor conhecimento da interação do clima e da vegetação, bem como de sua variação dentro do ecossistema. Essa escala do clima é uma escala de detalhe. O objetivo é que o estudo aqui desenvolvido auxilie no entendimento de como as variáveis abióticas se comportam dentro do ecossistema manguezal e suas relações com a estrutura da vegetação, contribuindo até em futuras recuperações, em caso de necessidade de uma reconstrução do ambiente. Aliado a isso, estudo das variáveis microclimáticas poderão ainda contribuir na compreensão da importância dos manguezais em caso de tempestades e seus benefícios em uma escala local. Assim, entender como se dá a variação dos atributos climáticos no ambiente manguezal, torna-se fundamental, na medida em que traz elementos para se determinar como ocorre essa faixa limite entre as máximas e mínimas condições para sobrevivência das espécies.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a variação da temperatura do solo no manguezal localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP, relacionando com a variação da temperatura do ar.

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no Sistema Costeiro de Iguape – Cananéia, no litoral sul de São Paulo, na divisa com o estado do Paraná, localizada na também denominada Planície Costeira Cananéia – Iguape. Essa região faz parte de uma importante área estuarina de grande complexidade biofísica, onde ocorrem os ecossistemas de mangues ao lado das planícies e cordões arenosos marinhos, recortados por planícies fluviais cujos sedimentos marinhos são retrabalhados pelos rios e acrescidos de outros sedimentos procedentes do interior do continente. Além disso, os terrenos arenosos são recobertos, aí depositados pelas fases de transgressão/regressão marinha (transgressões Cananéia e Santos), por uma densa cobertura vegetal de mata de porte médio, em grande parte preservada, acompanhada de franjas de vegetação de mangue que ocupam as planícies intertidais (planícies de Mangue) (ROSS, 2002).

Cunha-Lignon et al. (2009), analisando a dinâmica natural e os impactos antrópicos ocorridos em áreas de manguezal no Estado de São Paulo concluíram que os manguezais do Estado de São Paulo sofreram distintas alterações ao longo do tempo, em função de cada trecho de segmento de costa. Para esses autores, o litoral Norte e a Baixada Santista apresentaram alterações de origem antrópica, no espaço e no tempo. No Litoral Norte destacou-se o incremento de casas de veraneio instaladas sobre o manguezal e a vegetação de restinga. Na Baixada Santista, trecho sul do Canal da Bertiooga, observou-se expansão da mancha urbana e introdução de estruturas náuticas e na Ilha Barnabé observou-se a construção de rodovia e ferrovia, expansão portuária e retificação de canal provocando perda de extensas áreas de manguezal por aterros, alagamentos, cortes de vegetação e alterações da hidrodinâmica local. Por outro lado, no Litoral Sul, encontram-se os manguezais mais conservados do Estado de São Paulo, nessa região os bosques de mangue respondem positivamente à deposição sedimentar nas faces convexas dos canais lagunares.

Apesar dos manguezais do sistema costeiro Cananéia-Iguape serem os mais conservados do litoral de São Paulo, Cunha-Lignon et al. (2009 e 2011) apontam para ocorrência de clareiras em áreas de mangue na região de Iguape, resultante do aumento de macrófitas aquáticas invasoras nesse setor do sistema costeiro.

A abertura do canal artificial Valo Grande, entre 1827 e 1852, causou mudanças significativas tanto na salinidade, nos padrões de sedimentação e quanto no aporte de metais pesados para o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape (Mahiques et al, 2009)

Cunha-Lignon e Kampel (2011) analisando imagens de satélites de 1997 e 2010, mapearam 827 ha de áreas de mangue e 226 ha de macrófitas aquáticas localizadas nas margens do Rio Ribeira e em meandros abandonados, mas ausentes próximo a áreas de manguezal do sistema costeiro. Na imagem de 2010, a classificação supervisionada indicou 952 ha de área de manguezal e 329 ha de bancos de macrófitas aquáticas, encontradas no sistema costeiro, sobretudo em áreas próximas ao canal artificial Valo Grande e nas margens do Rio Ribeira de Iguape. Os autores concluíram que apesar do aumento de

áreas de manguezal de 125 ha, entre 1997 e 2010, há expressiva ocorrência de macrófitas em torno dos bosques de mangue, sobretudo nas proximidades do Valo Grande e ao longo do canal lagunar, em direção ao sul. Em direção à desembocadura norte do sistema costeiro, a maior influência das marés, aumenta a salinidade das águas, reduzindo a ocorrência de macrófitas aquáticas. A Figura 1 apresenta a distribuição dos manguezais e macrófitas no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, conforme Cunha-Lignon e Kampel (2011).

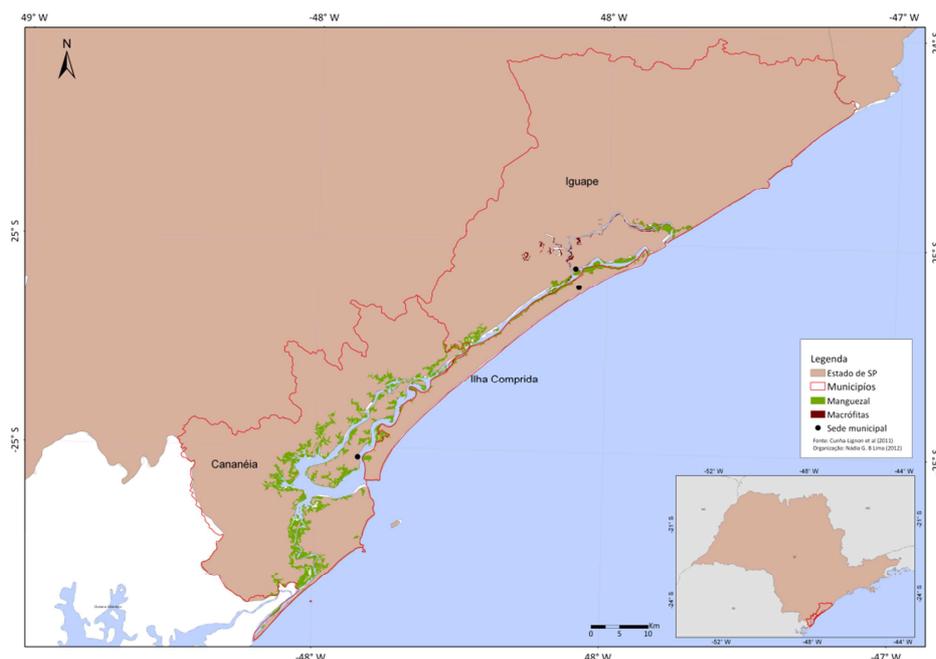


Figura 1: Distribuição dos manguezais no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. (Fonte: Cunha-Lignon, et al, 2011)

Materiais e Procedimentos

Os dados dos atributos climáticos foram obtidos em uma torre microclimática (coordenadas geográficas 24°38'01,4" S e 47°25'31,9" W) que contém duas estações meteorológicas nos manguezais localizados na Ilha dos Papagaios, na Barra do Ribeira-Iguape/SP, instalada no local desde 06/01/08. A Figura 02 apresenta a localização da torre microclimática.

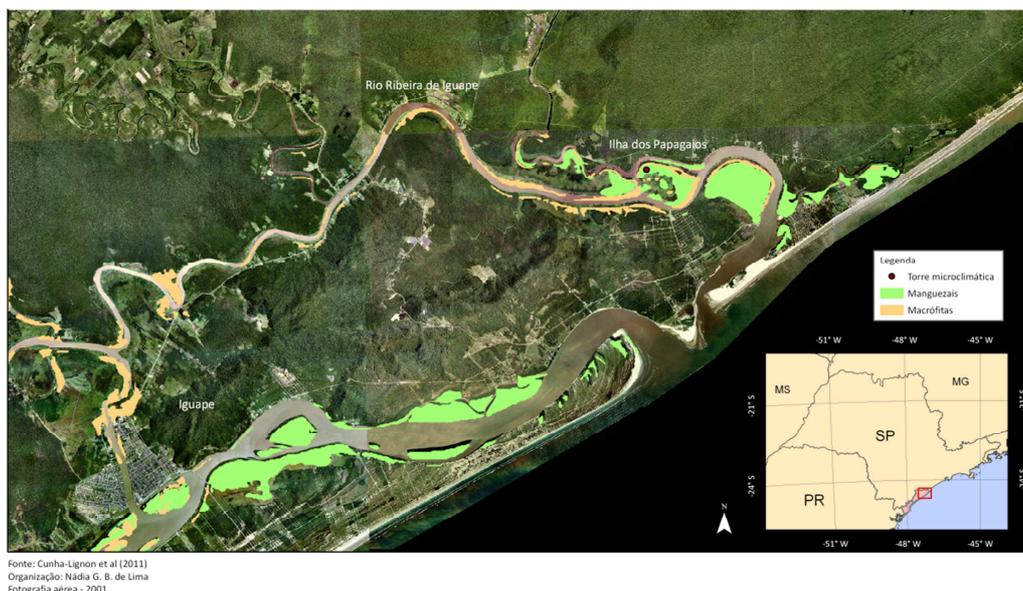


Figura 02: Distribuição dos manguezais no setor nordeste do Sistema costeiro Cananéia-Iguape – Iguape/SP e localização da torre microclimática instalada na Ilha do Papagaios – Iguape/SP.

A torre microclimática (figura 3) possui uma estação meteorológica localizada a 2 m de altura em relação à superfície, contendo sensores para medir temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação e radiação solar global transmitida, visando obter os dados com a influência do dossel e outra estação meteorológica instalada de forma a ultrapassar o dossel da vegetação, com o intuito de registrar os atributos climáticos antes da interferência da vegetação, com 12 m de altura em relação a superfície, com obtenção dos mesmos atributos climáticos mais a radiação solar global refletida. O termômetro de solo foi instalado na base da torre microclimática.

Devido a posição de instalação do sensor, a 2 cm de profundidade, ao longo do dia em alguns momentos o termômetro registra a temperatura do solo submerso, quando a maré está alta (preamar) e em outros momentos o sensor registra a temperatura do solo saturado, em maré vazante (baixamar). Portanto, quando se representa a temperatura do solo está implícito essa condição de movimento de maré.



Figura 3: Vista da torre microclimática instalados nos manguezais da Ilha do Papagaio -Barra do Ribeira – Iguape/SP. Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2010.

Resultados e Discussão

A figura 4 apresenta a variação mensal dos dados de temperatura do ar a 2m e a do solo. Destaca-se que a maior diferença entre os meses ocorreu em junho, com até 1,36°C, seguido pelo dezembro, com 1,35°C. Em direção contrária, fevereiro apresentou a menor diferença, com 0,29°C.

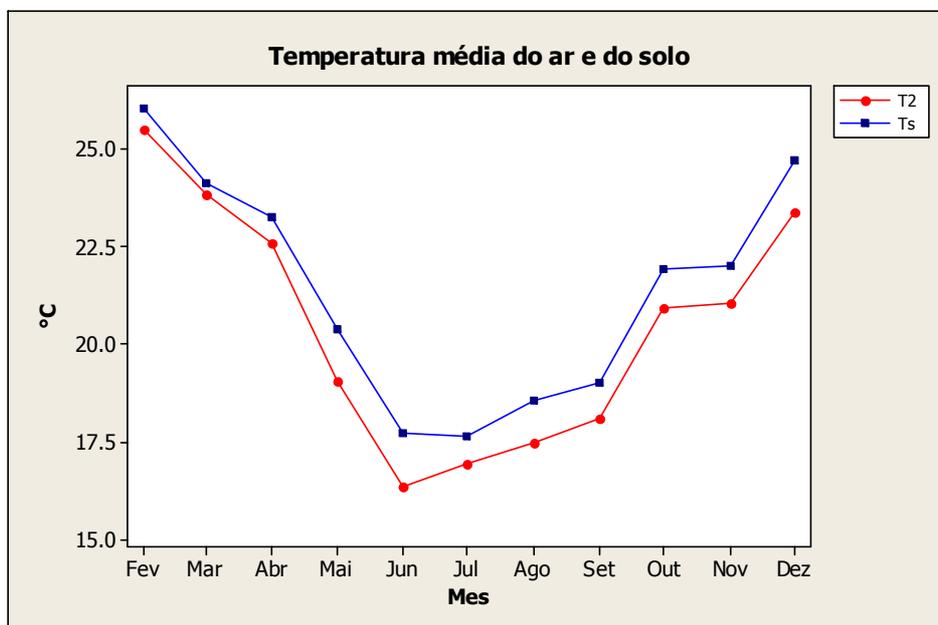


Figura 4: Variação da Temperatura do ar a 2m (T2) e da temperatura do solo (Ts) nos dois níveis de análise no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP

Em escala diária, a temperatura média do ar a 2m foi de 20,4°C enquanto a temperatura do solo foi de 21,3°C, cerca de 1° grau Celsius superior a 2 m. A Tabela 01 apresenta a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para T2 e Ts.

Tabela 01: Temperatura média do ar, desvio padrão e coeficiente de variação para T2 e Ts.

Variável	Média (°C)	Desvio Padrão (°C)	Coeficiente de Variação (%)
T2	20,4	3,3	16,4
Ts	21,3	3,0	14,2

O maior coeficiente de variação foi observado nos dados de temperatura do ar, assim como o desvio padrão, com CV considerado médio (16,4%). Enquanto que para a temperatura do solo os dados foram mais homogêneos ou com menor variabilidade, com coeficiente de variação baixo (14,2%).

Após serem submetidos a teste de normalidade, confirmou-se que os dados não apresentaram distribuição normal, o que implicou na aplicação do teste de hipótese Wilconxon, com nível de 5% de significância.

Considerando a diferença entre a temperatura média do ar e a do solo, constatou-se que esses dados são significativamente diferentes, com intervalo de confiança positivo entre 0,75 e 0,99, o que representa que a temperatura do solo foi superior que T2.

A figura 5 apresenta a variação diária da temperatura do ar e do solo. A maior diferença média entre a temperatura do ar e do solo ocorreu no dia 27/06/11, com a temperatura do solo sendo superior a do ar em 5,1°C.

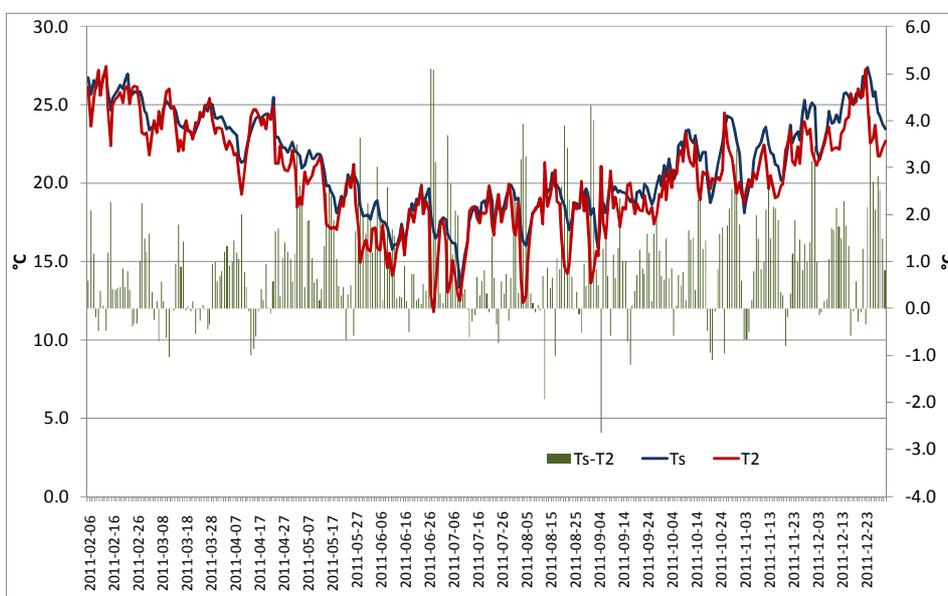


Figura 5: Variação diária da temperatura do ar (T2) e do solo (Ts) para o período de 06/02 a 31/12/11 – Iguape/SP.

Os valores médios diários acabam por mascarar variações em escala de tempo menor, como na variação horária da temperatura média do solo e do ar, em que em alguns instantes essas diferenças

chegaram a 10°C positivos, em que a Temperatura do solo é superior a T2, e em outros instantes essa diferença foi de -13°C, quando a temperatura do ar foi superior a do solo.

Na figura 6 é possível verificar a distribuição dos desvios entre Ts e T2, ou seja, Ts-T2, observa-se a maior variabilidade dos dados ocorreu em agosto. Enquanto junho e julho apresentaram diferenças extremas positivas, ou seja, com temperatura do ar superior a temperatura do solo. Por outro lado, setembro se destacou com *outliers* superiores e inferiores. Vale destacar que essa época do ano é de transição em que o continente (T2m) já responde aos estímulos da maior energia e com a entrada de maré que traz características da águas costeiras, guardando ainda características do outono/inverno.

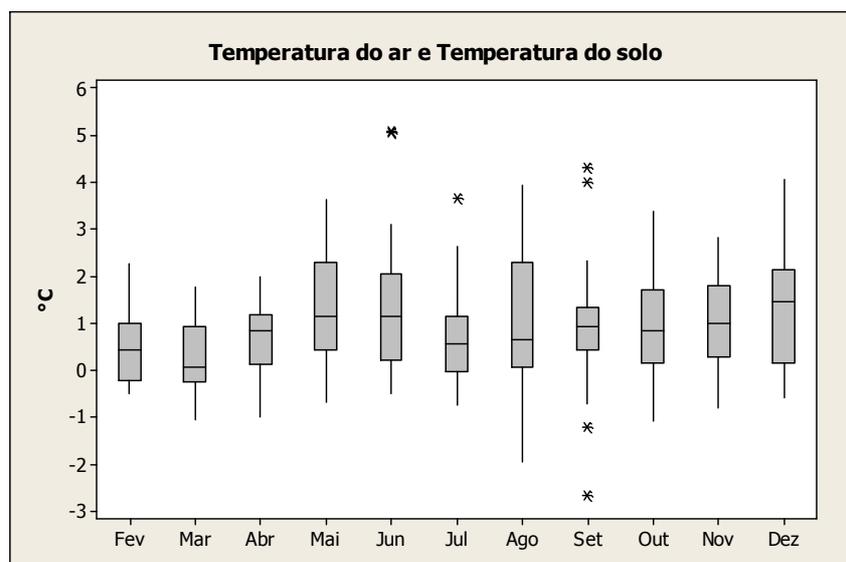


Figura 6: Distribuição da diferença entre os valores de temperatura do solo e do ar no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Em uma análise sazonal, com exceção do inverno, as diferenças médias entre temperatura do ar a 2m e a do solo nas demais estações apresentaram distribuição normal e foram submetidas a teste t pareado, com 5% de nível de significância, para identificar se as diferenças registradas são estatisticamente significativas. O Inverno foi submetido a teste de Wilconxon, com nível de 5% de significância.

As diferenças encontradas nas quatro estações foram significativamente diferentes, com a Ts superior a T2. O Intervalo de confiança de 95% obtido para o outono foi de 0,74 a 1,1; para o inverno foi de 0,5 a 1,0; para a primavera foi de 0,83 a 1,27; e para o verão de 1,32 a 1,7.

Na figura 7 é possível verificar que a temperatura do ar no outono apresentou uma maior variabilidade em torno da média do que a temperatura do solo. O coeficiente de variação nessa estação foi de 15,6% para T2 e 12,6% para Ts, conforme Tabela 03. O valor mínimo registrado no outono para a temperatura média do solo foi de 15,7°C enquanto a temperatura do ar registrou 14,1°C. No outono a

temperatura do solo foi 1,1°C mais elevada do que a temperatura do ar. Conforme a figura 09, T2 apresentou um maior intervalo interquartil.

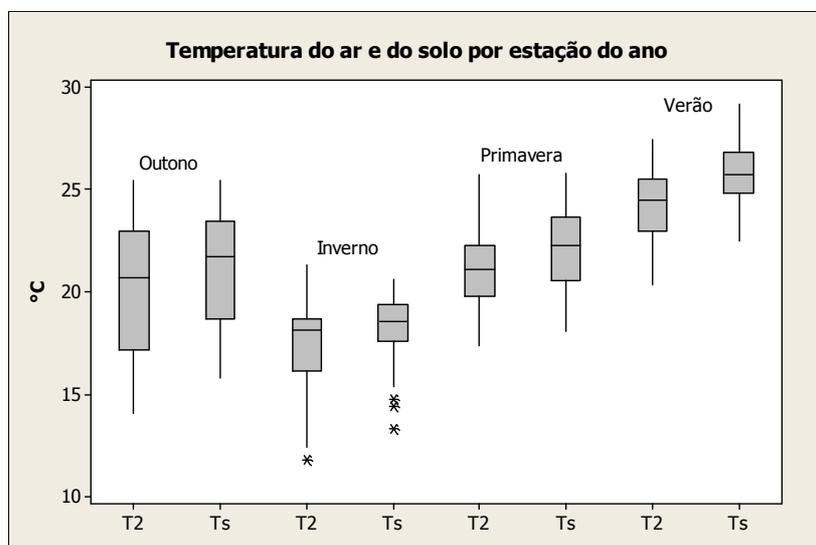


Figura 7: Variabilidade da temperatura média do ar a 2m (T2) e do solo (Ts) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 03: Temperatura do ar média, desvio padrão, mínimo e máximo para a temperatura do solo e do ar – manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP.

Variável	Média	Desvio Padrão (°C)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Outono					
T2	20,2	3,1	15,6	14,1	25,4
Ts	21,1	2,7	12,6	15,7	25,5
Inverno					
T2	17,3	2,2	12,9	11,8	21,3
Ts	18,3	1,4	7,51	13,3	20,6
Primavera					
T2	21,2	1,8	8,4	17,3	25,7
Ts	22,2	1,9	8,6	18,1	25,8
Verão					
T2	24,2	1,5	6,3	20,3	27,5
Ts	25,8	1,4	5,5	22,4	29,2

No inverno também foi registrado uma maior dispersão nos dados de temperatura do ar, no entanto essa estação apresentou valores extremos, conforme demonstrado na figura 09 pelos *outliers*. Nessa estação, o intervalo interquartil também foi inferior nos dados de temperatura do solo. O CV foi maior em T2, com 12,9% e de 7,5% em Ts. O menor valor registrado em T2 foi de 11,8°C enquanto Ts registrou 13,3°C. A temperatura do ar (T2) ainda se destacou com o maior registro, evidenciando maiores amplitudes. Para o inverno, a temperatura do solo foi em média 1°C maior que a temperatura do ar.

A primavera foi a única estação do ano que a temperatura do solo apresentou um maior intervalo interquartil em relação a temperatura do ar, portanto na primavera a temperatura do solo apresentou uma maior dispersão do que a temperatura do ar. Nessa estação as diferenças entre a média de Ts e T2 também foi de 1,0°C.

O verão, por outro lado, apresentou o maior registro de temperatura do solo, com 29,2°C, enquanto a temperatura do ar apresentou 27,5°C. No verão a diferença entre as médias foi superior as demais estações, com 1,6°C de diferença entre Ts e T2.

No outono e no inverno tanto a temperatura a 2m quanto a do solo, apresentam uma assimetria negativa, porém mais acentuadas no inverno, o que significa uma maior frequência de valores inferiores. Por outro lado, na primavera se destacou uma leve assimetria positiva para os dados a 2m, enquanto os dados de temperatura do solo apresentou uma leve assimetria negativa. No verão, se verificou o contrário, com T2 apresentando uma leve assimetria negativa e Ts uma leve assimetria positiva.

Conclusão

Os resultados indicam que a maior diferença entre a temperatura do solo e do ar ocorreu em junho. Em direção contrária, fevereiro apresentou a menor diferença. Enquanto junho e julho apresentaram diferenças extremas positivas, ou seja, com temperatura do ar superior a temperatura do solo. Por outro lado, setembro se destacou com *outliers* superiores e inferiores. Vale destacar que essa época do ano é de transição em que o continente (T2m) já responde aos estímulos da maior energia e com a entrada de maré que traz características da águas costeiras, guardando ainda características do outono/inverno. A temperatura do solo apresentou dados mais homogêneos ou com menor variabilidade. Com aplicação do teste de hipótese constatou-se que esses dados são significativamente diferentes, com a temperatura do solo superior a temperatura do ar. As diferenças encontradas nas quatro estações foram significativamente diferentes, com a temperatura do solo superior a temperatura do ar.

Referências bibliográficas

ALONGI, D.M. *Present state and future of the world's mangrove forests*. Environ. Conserv. 2002, 29, 331-349.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Mapeamento dos ecossistemas costeiros do Estado de São Paulo* (Coord. LAMPARELLI, Cláudia e MOURA, Débora O.). São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, CETESB, 1998.

CUNHA-LIGNON, M.; COELHO-JR., C.; ALMEIDA, R.; MENGHINI, R.; CORREA, F.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; DAHDUOH-GUEBAS, F. *Mangrove Forests and Sedimentary Processes on the South Coast of São Paulo State (Brazil)*. J. Coast. Res. 2009, 56, 405-409.

CUNHA-LIGNON, M.; Kampel, M.; Menghini, R.P.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón, G.; Dahdouh-Guebas, F., 2011. *Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated using satellite images and vegetation structure surveys*. Journal of Coastal Research, SI 64, v. I, p. 344-348.

CUNHA-LIGNON, M.; MENGHINI, R.P.; SANTOS, L.C.M.; NIEMEYER-DINÓLA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais*. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

CUNHA-LIGNON, Marília; KAMPEL, Milton. *Análise multitemporal de imagens Landsat para monitoramento de áreas de manguezal: subsídio à gestão costeira do litoral sul do Estado de São Paulo*. In: Simpósio de Sensoriamento Remoto, 15. Curitiba, PR. 2011.

DIEGUES, A. C. (Org.). *Povos e Águas – Inventário de áreas úmidas brasileiras*. 2.ed. São Paulo. Nupaub/USP, 2002. p. 15-18.

HERZ, R. *Distribuição dos padrões espectrais associados a estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro subtropical*. 1988. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

ROSS, J. L. S. *A morfogênese da bacia do rio Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais*. Revista GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n. 12, p. 21- 26, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI Y . *Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world*. In: Healy T, 368 Wang Y, Healy JA (eds) *Muddy coasts of the world*. Elsevier Science, Amsterdam. 2002