



ANÁLISE DE CONFORTO AMBIENTAL NO PERCURSO DE UMA TRILHA NO PARQUE DAS DUNAS EM NATAL/RN (BRASIL)

**Virgínia Maria Dantas de Araújo (1); Marina Medeiros Cortês (2); Estéfane da Silva Lopes (3)
Isaac Moreira Moraes Julião (4); Lorena Séfora Silva Nicolau Maia (5)**

- (1) Doutora, Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU- UFRN, virginia.dantas@ufrn.br, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal–RN
- (2) Doutora, Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU- UFRN, marina.cortes@ufrn.br, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal–RN
- (3) Engenheira Civil, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU- UFRN, estefane_lopes@hotmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal–RN
- (4) Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU - UFRN, isaac.moreira.123@ufrn.edu.br, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal–RN
- (5) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU - UFRN, seforalorenasn@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal–RN

RESUMO

O presente artigo trata da análise do conforto térmico e luminoso no percurso da trilha Peroba, localizada no Parque das Dunas em Natal/RN, e do seu entorno, com base no princípio de que a proximidade entre áreas urbanas consolidadas e parques urbanos contribui para melhoria do clima das cidades e conseqüente conforto ambiental dos habitantes e usuários. A partir de uma metodologia quali-quantitativa, os participantes realizaram levantamento das características físicas e ambientais em seis pontos previamente escolhidos, com base na temperatura e umidade relativa do ar, ventilação, iluminância, temperatura superficial dos materiais e índice de conforto térmico - PET. Portanto, o objetivo do artigo é analisar o efeito amenizador proporcionado pela vegetação em ambientes urbanos, a partir de medições de variáveis climáticas e da sensação subjetiva de conforto dos participantes de uma trilha no Parque das Dunas, em Natal-RN. Os dados obtidos permitiram constatar que as variáveis climáticas e ambientais são influenciadas por áreas vegetadas e não vegetadas, reforçando a ideia de que a presença do Parque contribui para a melhoria das condições climáticas locais.

Palavras-chave: conforto ambiental; variáveis climáticas; parques urbanos.

ABSTRACT

This article deals with the analysis of thermal and luminous comfort along the Peroba trail, located in Parque das Dunas in Natal/RN, and its surroundings, based on the principle that the proximity between consolidated urban areas and urban parks contributes to the improvement climate of cities and consequent environmental comfort of inhabitants and users. Based on a quali-quantitative methodology, the participants carried out a survey of the physical and environmental characteristics at six previously chosen points, based on the temperature and relative humidity of the air, ventilation, illuminance, surface temperature of the materials and the thermal comfort index - PET. Therefore, the objective of the article is to analyze the softening effect provided by vegetation in urban environments, based on measurements of climatic variables and the subjective feeling of comfort of participants in a trail in Parque das Dunas, in Natal-RN. The data obtained showed that the climatic and environmental variables are influenced by vegetated and non-vegetated areas, reinforcing the idea that the presence of the Park contributes to the improvement of local climatic conditions.

Keywords: environmental comfort; climate variables; urban parks.

1. INTRODUÇÃO

De modo geral, sabe-se que os parques urbanos contribuem para a melhoria do clima das cidades, em razão de sua extensa fauna e flora, presença de espécies arbóreas massivas que fornecem proteção e absorvem a radiação solar, influenciam os movimentos gasosos e trocas de calor refrigerando o ar por meio dos processos de evapotranspiração (JUSTI et al., 2019). A vegetação auxilia na filtragem dos poluentes atmosféricos e na proporção do bem-estar geral da população (SKOULIKA et al. 2014).

Diante dessa importância dos parques urbanos na qualidade de vida das pessoas, foi realizada uma pesquisa de campo no Parque Estadual Dunas de Natal, popularmente conhecido como “Parque das Dunas”, localizado em Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). A cidade está situada na região Nordeste do Brasil, com latitude e longitude 5.837°S e 35.208°O. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o perfil climático natalense é predominantemente tropical úmido litorâneo do tipo Aw. Do ponto de vista bioclimático (ARAÚJO, MARTINS E ARAÚJO, 1998), a cidade possui características de clima quente e úmido, enquadrando-se na Zona Bioclimática 8 (ABNT, 2005).

Por sua vez, o Parque das Dunas abrange um território de aproximadamente 8,0 km de largura, 2,0 km de profundidade e dunas com altura média de 60 a 80 metros no perímetro urbano municipal, o que implica em uma área de 1.172 hectares entre os bairros de Mãe Luíza, Capim Macio e Ponta Negra. O parque possui grande importância para interação homem-meio ambiente e para o microclima local, característica que não é percebida com facilidade pela população, mas que interfere na condição climática.

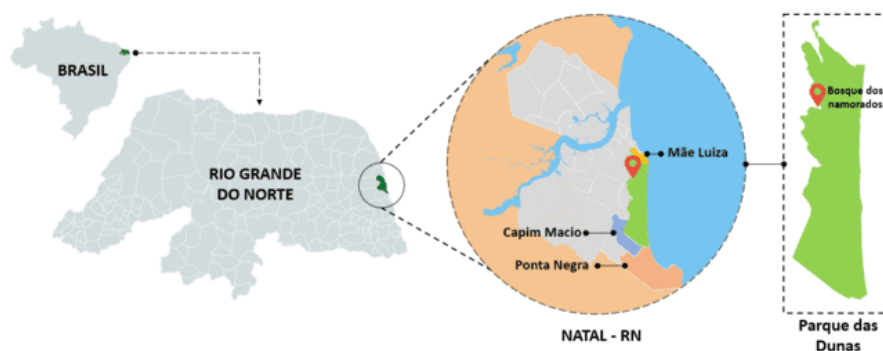


Figura 1 - Localização do Parque das Dunas

A localização espacial do referido parque traz consigo benefícios como a fixação das dunas, que contribui com a conservação da paisagem natural existente e com a recarga do aquífero subterrâneo da cidade. O acesso ao local se dá através do setor de uso público, denominado Bosque dos Namorados, que promove trilhas interpretativas visando ao exercício físico, à promoção do turismo ecológico e à educação ambiental. Atualmente, o Bosque oferece três trilhas, denominadas “Perobinha”, “Peroba” e “Ubaia Doce”, com extensões e características ambientais distintas.

A pesquisa possui abordagem quali-quantitativa e foi realizada na extensão da trilha Peroba, que possui cerca de 2,4km de dimensão (ida e volta). O percurso da trilha se inicia no interior do denominado Bosque dos Namorados (Figura 2) e finaliza em um mirante, localizado especificamente à margem da Av. Senador Dinarte Mariz (Via Costeira), oposta ao acesso público do Parque, perfazendo sua extensão no sentido Oeste-Leste (Figura 3). Assim, foram definidos ao longo da trilha e próximo da entrada do Parque pontos estratégicos para medições das variáveis ambientais e levantamento da sensação de conforto dos participantes da trilha.



Figura 2 – Foto da entrada do Bosque dos Namorados.

Fonte: <https://www.abema.org.br/noticias/1029-rque>.



Figura 3 – Demarcação da entrada, perímetro do Bosque dos namorados e da Trilha Peroba.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2020.

Em estudo anterior (ARAÚJO et al., 2018), realizou a análise das condições de conforto térmico e acústico ao longo da trilha Perobinha, cuja extensão é a menor dentre as trilhas disponíveis, e observou que as características físicas do parque influenciam diretamente nas variáveis ambientais coletadas e, conseqüentemente, no conforto dos participantes. Analogamente, foi concluído que a diferença entre os dados bioclimáticos aferidos no interior da trilha e no entorno do parque, reforça a ideia de que este influencia positivamente no conforto local. Com base nisso, intencionou-se dar seguimento ao trabalho supracitado, ampliando-se o trajeto em análise e as variáveis ambientais a serem coletadas.

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é analisar o efeito amenizador proporcionado pela vegetação em ambientes urbanos, a partir de medições de variáveis climáticas e da sensação subjetiva de conforto dos participantes de uma trilha no Parque das Dunas, em Natal-RN.

3. MÉTODO

A pesquisa busca verificar a correlação entre variáveis ambientais, características do entorno e a percepção de conforto térmico dos usuários do trajeto da trilha do Parque das Dunas, além de comparar os dados obtidos no interior do Parque e na cidade de Natal/RN, a partir de medições realizadas na Estação Climatológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Esta estação está localizada dentro do Campus da UFRN em Natal/RN, com coordenadas geográficas -5.84 de Latitude e -35.21 de Longitude, recebe a nomenclatura de Estação 82598 e seus dados são fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).

3.1. Identificação dos pontos de coleta

Foram definidos seis pontos estratégicos para registro dos dados das variáveis climáticas e ambientais, começando pelo ponto P1, localizado no mirante próximo da Via Costeira. Os pontos P1 a P4 se situam no interior do Parque das Dunas. O ponto P5, no portão de acesso à trilha Peroba, dentro do Bosque dos Namorados. Por fim, o ponto P6, no exterior do Parque, especificamente na Av. Alexandrino de Alencar, conforme Figura 4. A definição dos pontos internos da trilha levou em consideração a densidade de cobertura vegetal, a condição de céu visível e consequente nível de sombreamento. A escolha do ponto P1 se deu em função da proximidade com a Via Costeira, e o ponto P6 em virtude da localização em avenida de maior fluxo de veículos e adensamento urbano, com a intenção de caracterizar o entorno do parque em seus dois extremos.



Figura 4 - Definição dos pontos para análise das condições de conforto.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

3.2. Coleta das variáveis climáticas e ambientais

O procedimento experimental aconteceu no período vespertino, com início às 15h e término às 17h, aproximadamente. Trata-se de um estudo que depende de dias com condições atmosféricas favoráveis, ou seja, ventos fracos e céu com ausência de nuvens (OKE, 1982).

A trilha foi realizada por 9 pessoas e mais a guia local. Os instrumentos de medições foram distribuídos entre os participantes, além de questionário impresso para preenchimento das sensações subjetivas de conforto.

As variáveis Temperatura e Umidade Relativa do ar foram registradas por meio de sensor termohigrômetro modelo HOBO, conforme identificado na Figura 5a). Além disso, teve-se o cuidado com o sombreamento deste equipamento para não prejudicar a obtenção dos dados.

Já para medição das temperaturas superficiais e registro das imagens termográficas, foram utilizados o termômetro de sensor infravermelho Fulswke 572, e uma câmera termográfica modelo FLIR C2, conforme

identificado na Figura 5b) e 5c), respectivamente. A Câmera termográfica utilizada possui uma faixa de temperatura de -10°C a +150°C, com precisão de +/- 2°C. De um modo geral, o campo de visão é 41°x31°, o foco é automático e a faixa espectral é de 7,5 a 14µm. A taxa de enquadramento é de 9 Hz, a sensibilidade térmica é menor do que 0,10°C. O sensor IR é de 80 x 60 pixels de medição e o modelo de imagem são Térmica, Visual e MSX. No total sua resolução é de Térmica, Visual e MSX (FLIR, 2022).

As velocidades dos ventos foram monitoradas por anemômetro de ventoinha Instrutherm AD-250 conforme identificado na Figura 5d), onde posicionou-se as paletas perpendicularmente à direção dos ventos dominantes, ou seja, predominantemente para o Sudeste.

O tipo de céu foi analisado visualmente, considerando-se a presença ou não de nuvens. Quanto à luminância, foi utilizado o instrumento luxímetro, modelo Illuminance Meter T-10, conforme identificado na Figura 5e). As medições foram realizadas instantaneamente, evitando também ao máximo qualquer interferência dos pesquisadores na coleta dos dados.

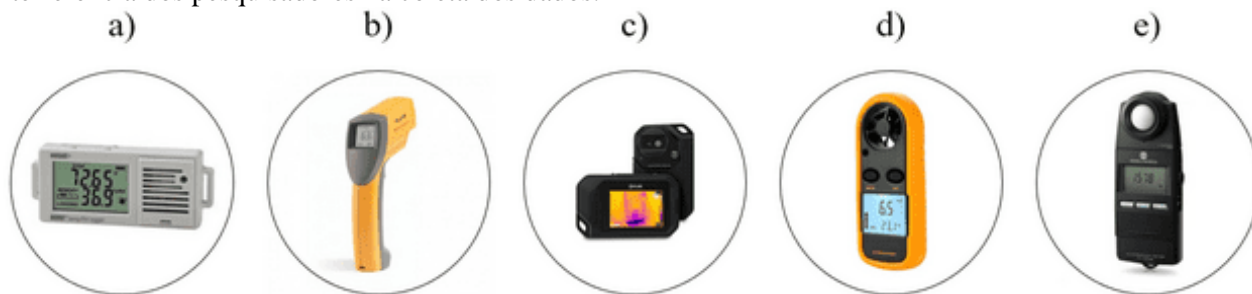


Figura 5 - Equipamentos utilizados

a) Hobo, b) Termômetro de sensor infravermelho, c) Câmera Termográfica, d) Anemômetro, e) Luxímetro

Os questionários compreenderam perguntas relacionadas à sensação térmica e características dos usuários como: altura, peso, idade, sexo, conforme indicado por Hirashima (2010).

Como todos os participantes estavam com roupas apropriadas para a trilha e realizavam a mesma atividade física, padronizou-se a taxa metabólica dos entrevistados, estabelecendo que todos ficaram em pé em todos os cenários e utilizaram vestimentas leves - 0,5 clo, conforme a ISO 7730 (2005). O cálculo do índice de conforto térmico foi realizado por intermédio do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (*Physiological Equivalent Temperature – PET*), determinado através do software RayMan Pro, versão 3.1 Beta, desenvolvido na cidade de Freiburg, sudoeste da Alemanha em 2001 e atualizado em 2021, por Andreas Matzarakis e disponibilizado de forma gratuita (MATZARAKIS et al., 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados os resultados obtidos, bem como suas respectivas análises, sendo dividido em seis etapas: temperatura e umidade relativa do ar, temperatura superficial dos materiais, iluminância e tipo de céu, velocidade dos ventos e análise da sensação térmica dos entrevistados (índice de conforto térmico PET).

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos nas medições em cada ponto, detalhados nos tópicos a seguir.

Tabela 1: Resumo dos resultados das medições em campo em todos os pontos.

VARIÁVEL	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PONTO 6
HORÁRIO DE MEDIÇÃO (h)	15:02	15:17	16:01	16:13	16:29	16:46
TEMPERATURA DO AR (°C)	31,8	29,6	28,3	28,3	28,5	29,1
UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	53	62	69	68	68	65
TEMP. SUP. DA SUPERFÍCIE HORIZONTAL. (°C)	Areia no sol 34,5	Areia no sol 28	Areia e folhagem seca na sombra 27,5	Areia e folhagem seca na sombra 27,8	Asfalto na sombra 30,2 Asfalto no sol 40,2	Asfalto na sombra 37,8
TEMP. SUP. DA VEGETAÇÃO (°C)	30,5	27,5	28,5	26,8	26,5	28,3
DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO	Sudeste	Sudeste	Sudeste	Sudeste	Sudeste	Sudeste
VELOCIDADE DOS VENTOS (m/s)	7,0	7,0	0,0	0,5	0,6	2,0
ESCALA DE BEAUFORT	Brisa moderada	Brisa moderada	Calma	Aragem	Aragem	Brisa leve
ILUMINÂNCIA (Lux)	42700	31800	442	973	3750	5990
TIPO DE CÉU	Claro	Claro	Parcialment e encoberto	Parcialmente encoberto	Parcialmente encoberto	Parcialmente encoberto

4.1. Temperatura e Umidade Relativa do Ar

No ponto P1 foi registrada a maior temperatura do ar (Tar), chegando a quase 32°C, e a menor umidade relativa do ar (UR) com 53%. A medição do ponto P1 foi realizada às 15h, o horário mais crítico de toda a análise, por ter sido o primeiro ponto e a insolação ainda estava bastante intensa. Além disso, o ponto P1 se localiza em uma região descoberta, com pouca vegetação, apenas algumas espécies rasteiras, cercado por areia da duna e próximo de superfícies em concreto do mirante. A partir do ponto P2, onde os participantes estavam se aproximando mais da mata fechada, a temperatura do ar começou a decair um pouco, atingindo 29,6°C. A temperatura do ar mínima encontrada ao longo de toda a trilha foi de 28,3°C nos pontos P3 e P4. Em contrapartida, a UR aumentou, chegando a 69% no ponto P3, que é o mais central de toda a trilha e com a mata mais fechada. À medida que se afastava da trilha, a temperatura do ar voltava a aumentar e a UR diminuía, como nos pontos P5 e, principalmente, P6. Assim, o ponto P6, na Av. Alexandrino de Alencar, foi registrado 29°C de Tar e 65% de UR.

Os dados coletados em campo também foram comparados com os obtidos pela Estação Climatológica da UFRN (INMET, 2022), no mesmo dia e horários disponíveis. Percebe-se uma maior variação térmica medida em campo (de 31,8°C às 15h para 28,3°C às 16h, ou seja, uma variação de 3,5°C), do que nos dados do INMET (de 30,3°C às 15h para 29,8°C às 16h, com uma variação de 0,5°C), o que demonstra uma possível influência das características do local nas medições em campo, já que foram realizadas em pontos distintos. Às 15h, a medição em campo ocorreu no ponto P1 e às 16h, no ponto P3. Além disso, verifica-se uma diferença de aproximadamente 2°C em relação às temperaturas do ar na Estação da UFRN com as medidas ao longo da trilha, para mais ou para menos, dependendo também dos locais das medições em campo (Figura 6). Quanto à Umidade Relativa do ar, os dados da Estação da UFRN foram bem semelhantes em relação aos dois horários analisados. Porém, as medições em campo registraram uma maior variação, de 53% (P1) para 69% (P3). Por outro lado, a UR da Estação da UFRN às 16h ficou bastante semelhante com a medida em campo (Figura 7).

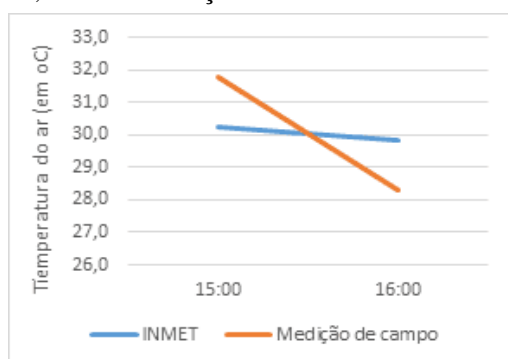


Figura 6 - Gráfico da Temperatura do Ar – comparação de dados de campo com dados INMET (2022).

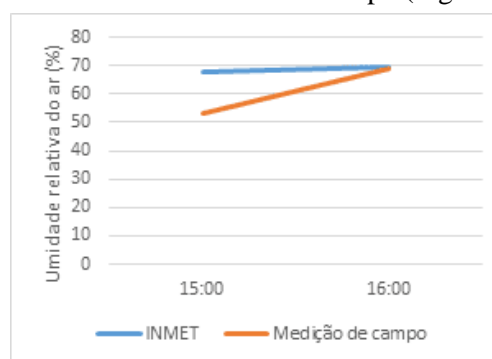


Figura 7 - Gráfico da Umidade Relativa do Ar – comparação de dados de campo com dados INMET (2022).

4.2. Temperaturas superficiais dos materiais

As temperaturas superficiais são obtidas por meio da temperatura da superfície de um material, possuindo valores referentes à transmitância e absorvância térmica. Observa-se, mediante as alternâncias das condições de sombreamento pela vegetação e à medida em que se adentra no Parque das Dunas, que as temperaturas superficiais do solo e da vegetação variam consideravelmente, a depender do ponto e do material que foi aferida, bem como apresenta uma proximidade de valores encontrados tanto no termômetro infravermelho como na câmera termográfica.

Para o ponto P1, registrou-se temperaturas de 34,5°C para a areia, 47,8°C para o concreto e um valor bem menor de 30,5°C para a vegetação (Figura 8).



Figura 8 - Foto do Ponto de medição P1 com dados do termômetro de sensor infravermelho.

Para o ponto P2, os valores das temperaturas superficiais diminuíram em relação a P1, onde foram constatadas temperaturas de 28°C para superfície de areia e 27,5°C para vegetação rasteira exposta ao sol. Já no ponto P3, foram aferidas temperaturas de 27,5°C para superfície coberta por folhagem e 28,5°C para copa das árvores que sombreiam o local. No ponto P4, também sombreado pelas árvores, as temperaturas foram de 27,8°C para a superfície coberta por folhagem e 26,8°C para a copa das árvores. No ponto P5, o asfalto da via interna do Bosque dos Namorados registrou altas temperaturas no termômetro de sensor infravermelho, constatando temperaturas de 30,2°C para o asfalto em sombra parcial, 42,2°C no asfalto a céu aberto e 26,5°C na copa das árvores. Por fim, as medidas realizadas no ponto P6, que registraram temperaturas de 37,8°C no asfalto sombreado e 28,3°C na copa das árvores.

4.3. Temperaturas superficiais através de fotos termográficas

No primeiro ponto P1 é possível observar a maior diferença de temperatura superficial dos materiais, com uma variação de 22,3°C entre a maior e menor temperatura encontrada em todo o percurso, com aproximadamente 49,8°C no piso de concreto do mirante e 27,5°C na vegetação, a partir de valores registrados pela câmera termográfica (Figura 9).

No ponto P2, onde a paisagem é composta por dunas e mata aberta, a diferença média da temperatura superficial é de 2,7°C entre os materiais, registrando 28,4°C no piso de areia e 31,1°C na vegetação do tipo arbustiva (Figura 10). Em relação ao ponto P3, situado em uma clareira no interior do Parque das Dunas, a variação média de temperatura superficial foi de 1,4°C. A vegetação e o piso composto de areia e folhas secas não registraram grandes diferenças de temperatura, medindo 27,7°C e 29,1°C, respectivamente (Figura 11).

O ponto P4 também não registrou grande diferença de temperatura superficial entre a vegetação e o piso composto de areia e folhas secas, chegando a 2,5°C. Neste caso, o registro das temperaturas superficiais foi realizado em uma área de sombreamento denso e apresentou 28,4°C no caminho da trilha demarcado pelas árvores e 30,9°C no piso (Figura 12). Apesar do ponto P4 ter sombreamento mais denso, se relacionado ao P3, sua temperatura superficial de piso apresentou valor mais alto, provavelmente pela menor quantidade de forração formada pelas folhas secas e maior presença de areia exposta a maior entrada de radiação solar, favorecendo assim o aumento da temperatura de superfície.

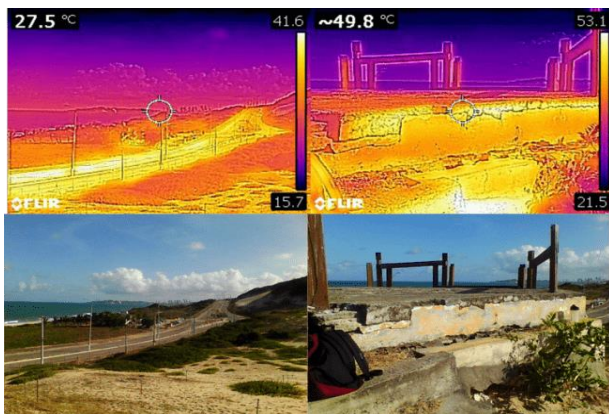


Figura 9 – Fotos termográficas do ponto de medição P1

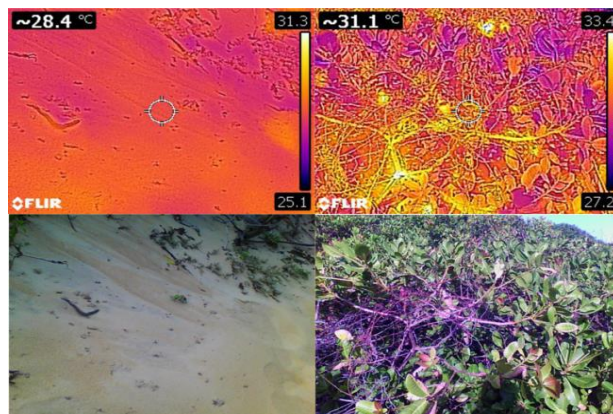


Figura 10 – Fotos termográficas do ponto de medição P2.

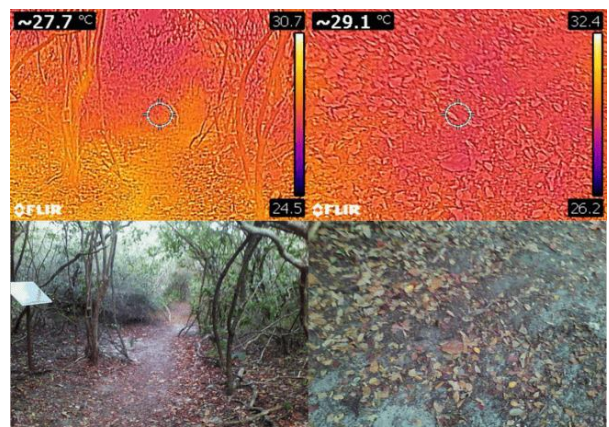


Figura 11 – Fotos termográficas do ponto de medição P3.

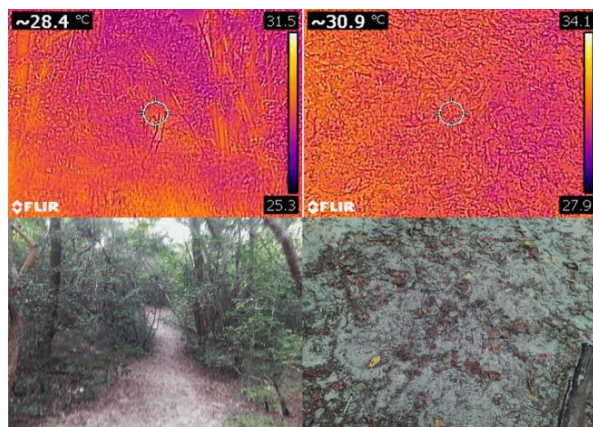


Figura 12 – Fotos termográficas do ponto de medição P4.

O ponto de medição P5 foi marcado pela pista de cooper do Bosque dos Namorados e entrada para a trilha Peroba. A área é caracterizada por uma clareira de vegetação, piso de asfalto e circulação leve de pessoas,

que, por sua vez, marcou uma diferença média de temperatura superficial de 3,4°C, registrando 29,6°C na vegetação de entrada da trilha e 33°C no piso de asfalto (Figura 13). O último ponto P6, registrado na Avenida Alm. Alexandrino de Alencar, que dá acesso ao parque, se caracteriza por canteiros largos com árvores de grande e médio porte, piso em asfalto e circulação moderada, mas constante, de pessoas e automóveis. A variação das temperaturas superficiais registradas foi de 4,4°C, com uma média semelhante à encontrada em condições similares no Ponto P5 dentro do parque, registrando 28,2°C no canteiro central com árvores e 32,6°C no piso de asfalto (Figura 14).

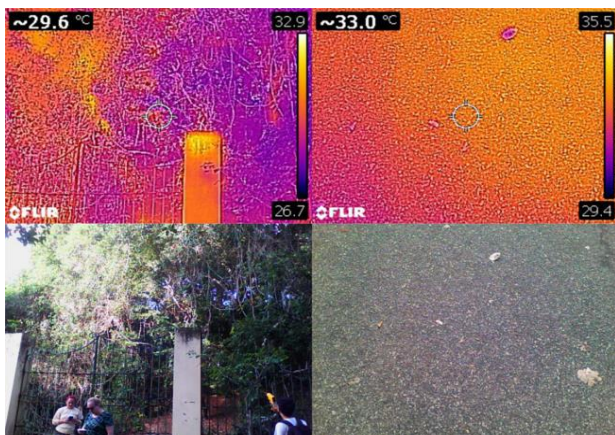


Figura 13 - Fotos termográficas do ponto de medição P5.

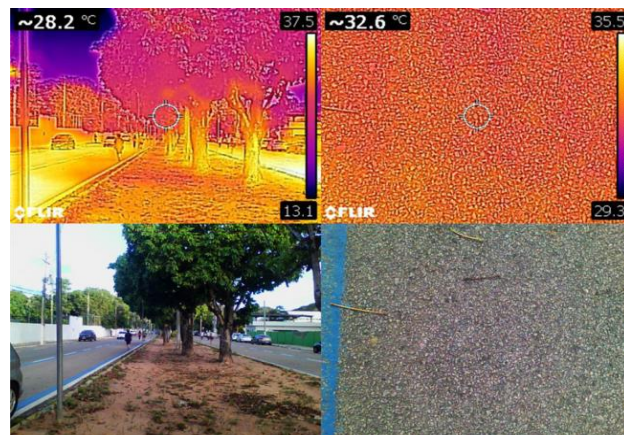


Figura 14 - Fotos termográficas do ponto de medição P6.

Levando em consideração a legenda de cores gerada pelas fotos termográficas, é possível concluir que há uma predominância de temperaturas na faixa dos 20°C a 30°C na vegetação e entre 30°C a 40°C nas superfícies de piso.

4.4. Iluminância e tipo de céu

Observou-se altos valores de iluminância para os Pontos P1 e P2 tendo em vista a baixa cobertura vegetal nos mesmos, com 42.700 lux para P1 e 31.800 lux para P2. Dentro da mata fechada (Pontos P3 e P4) o nível de iluminância diminuiu devido a presença das copas das árvores, 442 lux e 973 lux, respectivamente para P3 e P4. O nível de iluminância volta a aumentar à medida que não há mais percurso sob as copas, sendo menor no Ponto P5 (3.750 lux), quando comparado ao P6 (5.990 lux), em razão da presença de um corredor de árvores, possibilitando a diminuição da penetração dos raios solares, pois o sol encontrava-se mais a poente. Observa-se a corroboração dos resultados de iluminância com a Figura 15. Além disso, através da análise visual em campo, constatou-se que o céu se encontrava claro ou parcialmente nublado, em alguns momentos.

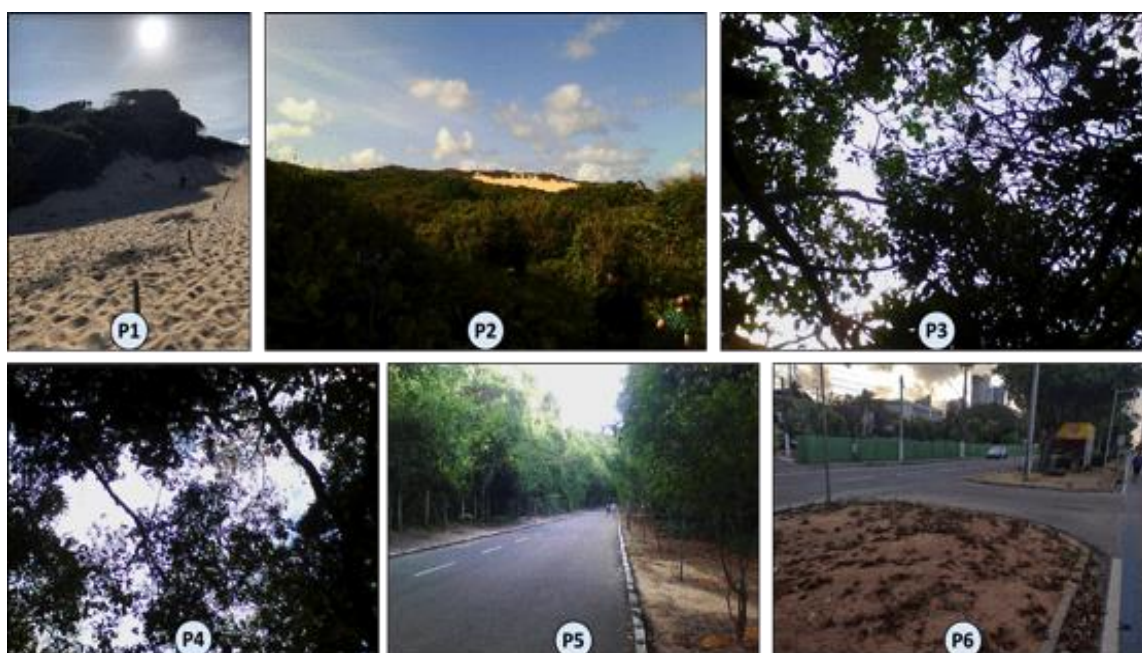


Figura 15- Fotografias com variações do tipo de céu nos pontos de análise.

4.5. Ventilação

De acordo com a Escala Beaufort, adaptada da CPTEC (2017), a intensidade dos ventos foi de calmo a brisa moderada. Visto que o ponto P1, considerado como crítico quanto à sensação térmica dos usuários, não possui vegetação e se situa em campo aberto, em topografia elevada e sem elementos construtivos no entorno para influenciar na ventilação, apresentou ventos do tipo brisa moderada, com 7,0 m/s. Já o ponto P6, considerado o ponto mais agradável da trilha, é o que possui a maior influência do entorno construído na ventilação, foi classificado segundo a escala de Beaufort como brisa leve, com 2,0 m/s.

Os dados de ventilação foram confrontados com os dados obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Os dados foram referentes ao dia 23 de novembro de 2022, data da coleta de campo na trilha, onde foram registrados apenas três horários, às 00 horas, 12 horas e 18 horas. Observa-se que a velocidade média dos ventos foi de 5,7m/s, 5,1m/s e 3,6m/s, respectivamente. Sendo assim, é notório uma redução na velocidade dos ventos ao entardecer tanto pela Estação Climatológica da UFRN (INMET, 2022) quanto em dados medidos em campo. Além disso, essa variação da velocidade do vento ao longo da trilha pode ser explicada pela presença ou não de elementos construtivos predominantes em cada ponto.

4.6. Análise da sensação térmica dos entrevistados

A porcentagem de entrevistados do sexo feminino foi de 60% e de 40% para o sexo masculino. Como já dito anteriormente, todos os participantes foram considerados realizando a mesma atividade física e o mesmo tipo de vestimenta.

A Figura 16 apresenta o resultado sobre a sensação térmica dos participantes. Os valores referentes a frio, muito frio e muito quente não aparecem na visualização gráfica por não representarem a sensação térmica dos participantes nos pontos do levantamento de campo. Observa-se que o ponto P1, apesar de ter grande velocidade de vento (7,0 m/s), obteve o pior resultado referente à sensação térmica, sendo este totalmente exposto ao sol, no meio das dunas, sem nenhuma vegetação e analisado às 15h05min, horário com maior radiação solar ao se comparar com os demais pontos da trilha. O Ponto P1 apresentou, portanto, 86% dos participantes com a sensação térmica “quente”. Quanto aos pontos P2 e P3, 86% dos entrevistados responderam “confortável”, enquanto nos pontos P5 e P6, apenas 57% responderam “confortável”. Luan et al. (2020) reforçam que a presença da cobertura vegetal é a determinante mais importante para a amenização das temperaturas urbanas, o que também foi verificado tanto nas medições da Temperatura do ar, como nos resultados da sensação térmica dos participantes desta pesquisa. Os pontos P2, P3 e P4 registraram os maiores números das sensações com a resposta “confortável”, sendo pontos dentro (P3 e P4) ou praticamente dentro (P2) da área vegetada do Parque das Dunas.

Outra análise realizada foi sobre a condição térmica dos entrevistados, onde podiam escolher entre as opções “suportável”, “adequada” ou “insuportável” (Figura 17). 71% dos entrevistados responderam “suportável” nos pontos P1, P2 e P4, 86% responderam “suportável” nos pontos P3 e P5 e apenas o ponto P6 obteve a porcentagem de 57% para “suportável”. Percebe-se, assim, que o Ponto P6 foi o que registrou o maior número de respostas “adequada” (43%) para as condições térmicas, apesar da sua localização em uma rua asfaltada, com canteiro central, circulação de veículos e entorno construído com edificações e muros. Uma possibilidade de interpretação desse resultado é o horário da análise, com menos radiação solar, mais para o fim do dia às 16h46min. Além disso, é um local bastante arborizado e, conseqüentemente, sombreado. Por fim, também foi observado um incremento na velocidade do vento, atingindo 2,0 m/s, depois dos participantes percorrerem a trilha com velocidades de vento muito baixas.

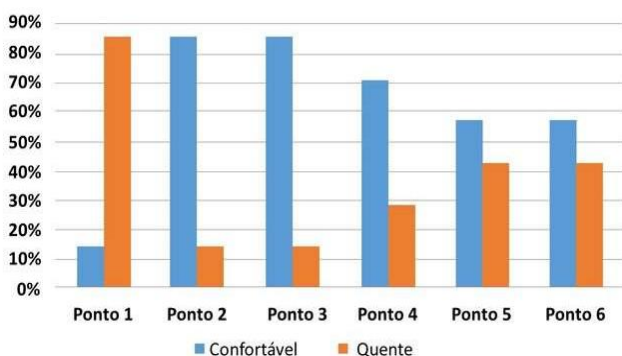


Figura 16 – Gráfico com escala de sensação térmica

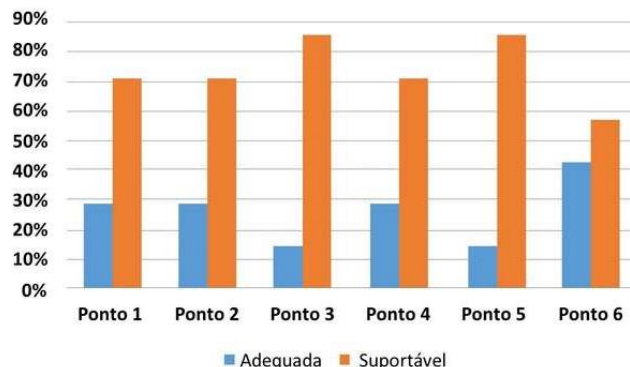


Figura 17 – Gráfico com a condição térmica.

A Tabela 2, elaborada pelos autores, exibe os resultados com relação ao índice de conforto térmico PET (*Physiological Equivalent Temperature*) e a sensação térmica, a fim de analisar os resultados obtidos pelo levantamento em campo, com calibração para climas tropicais, proposta por Hirashima (2010). O PET é um índice amplamente utilizado em estudos de conforto térmico em espaços abertos, com as devidas calibração às preferências térmicas da população local. Segundo Höppe (1999), o PET é definido como a temperatura fisiológica equivalente, em um ambiente (interno ou externo), onde o balanço térmico do corpo é mantido com temperatura da pele e do centro do corpo iguais àquelas das condições em avaliação. Além disso, o PET utiliza as variáveis climáticas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR), velocidade do ar (Var) e a temperatura radiante média (Trm) para estimar a sensação térmica.

Tabela 2: Escala de sensação térmica para o índice PET

PET	SENSAÇÃO TÉRMICA
Sem dados	Muito frio
Abaixo de 12,0°C	Frio
12,0°C a 15,5°C	Pouco frio
15,5°C a 30,5°C	Confortável
30,5°C a 31,0°C	Pouco quente
31,0°C a 35,5°C	Quente
Acima de 35,5°C	Muito quente

Fonte: Adaptado de Hirashima (2010).

Com intuito de melhorar o entendimento, a Figura 18 apresenta a relação da sensação térmica com o PET, para o local estudado. Percebe-se que o ponto P1 registrou os piores valores de PET, variando de 31,0 a 35,5°C, o que fica na escala de sensação térmica como “quente”. Os melhores valores de PET registrados foram para o ponto P6, que variaram entre 15,5 a 30,5°C, classificado como “confortável” para o clima quente-úmido. Sendo assim, o índice PET demonstra que foi eficiente para estimar o conforto térmico dos locais analisados, concordando com as variáveis climáticas coletadas e as opiniões dos entrevistados.

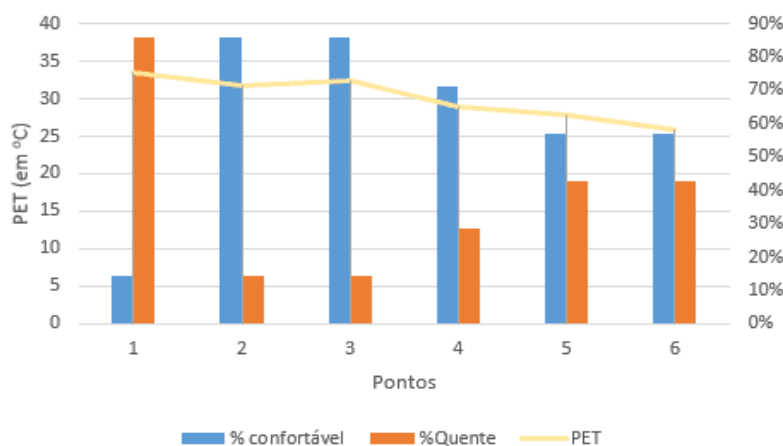


Figura 18 – Gráfico dos valores do índice PET, segundo o software Rayman.

5. CONCLUSÕES

Por meio da análise, foi possível constatar que a configuração do entorno dos pontos de medição influencia diretamente nos resultados das variáveis climáticas, tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo. Tal constatação reforça a importância do Parque das Dunas como elemento de massa vegetal para promoção de um microclima ameno e propício ao conforto ambiental dos indivíduos que dele usufruem. As temperaturas do ar (Tar) e umidades relativas do ar (UR) variaram em torno de 3,7°C para Tar e 15,8% para UR, ao comparar o ponto P1 e os pontos dentro da área com vegetação densa (pontos P3 e P4). Ao aferir dentro do Parque das Dunas e no entorno construído, os resultados apresentaram uma variação de 0,8°C a mais para Tar e 4% a menos para UR no ponto P6, em relação aos pontos P3 e P4. Já as temperaturas superficiais variaram consideravelmente, de acordo com os materiais encontrados em cada ponto e a presença ou não do sol direto. Com relação aos ventos, foi utilizada a Escala de Beaufort, adaptada da CPTEC (2017). Assim, foi identificado que os ventos tiveram direção predominante Sudeste, com velocidade variando entre brisa moderada (7m/s) em ponto mais alto do parque e sem vegetação (P1), a calma (0m/s) em ponto dentro do parque (P3). Além

disso, também foi analisado o tipo de céu, considerado parcialmente encoberto e observou-se que a luz solar diminuía à medida que se adentrava a mata, devido às copas fechadas das árvores.

O ponto P6 é um local com boa arborização no canteiro central, apesar de ser o que possui o entorno mais construído, com via asfaltada e presença de tráfego veicular. Foi considerado pelos participantes do estudo o ponto mais adequado (43% dos entrevistados), provavelmente por apresentar boa ventilação, classificado como vento do tipo brisa leve. Apresentou também menor radiação solar devido ao horário da medição e por ser protegido da insolação direta pela vegetação. Apesar disso, os pontos P2, P3 e P4, localizados dentro do Parque das Dunas, foram considerados os mais confortáveis (86%, 86% e 71%, respectivamente). Já o ponto P1, próximo à Avenida Via Costeira, de intenso tráfego de veículos e caminhões, foi considerado crítico, com sensação térmica quente, apesar dos ventos de brisa moderada (7m/s). O horário de medição, os materiais do entorno como a areia das dunas e o concreto do mirante, além da falta de arborização foram fatores que contribuíram para esse resultado. Em relação ao PET analisado, considera-se que este foi eficiente para estimar o conforto térmico. Porém, como foi uma amostra com pequena quantidade de pessoas, de diferentes regiões e cidades, as respostas referentes às sensações térmicas foram diversificadas, fato que pode ter sido ocasionado por diferença de aclimação às condições térmicas do local, obtendo um maior peso nos resultados. Dentre as limitações observadas no estudo, menciona-se que o tempo destinado à coleta dos dados foi ultrapassado o limite de 1h, que é considerado como medições simultâneas para clima quente e úmido. Sugere-se para futuras pesquisas, a fim de se evitar erros e intercorrências referentes aos horários de medições, que os dados dos pontos sejam coletados de forma simultânea, e que se tenha uma amostra com um maior número de participantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, Eduardo H. S.; MARTINS, Themis L. F.; ARAÚJO, Virgínia M.D. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal-RN**. EDUFRRN, 1998, 51 p.
- ARAÚJO, V. M. D. et al. Condições de conforto termo-acústico ao longo de uma trilha no Parque das Dunas em Natal/RN. In: 8º Congresso Luso-Brasileiro Para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - **PLURIS 2018 (anais)**. Coimbra, Portugal, 2018.
- CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. 2017. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/noticias/imprimir/22551>.
- FLIR. **Centro de Suporte ao Produto**. Disponível em: <https://www.flir.com.br/support/products/c2/#Overview>. Acesso em: 04 de dez. 2022
- HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do Índice de conforto térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para Espaços Abertos do Município de Belo Horizonte**, MG. 2010. 225f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010
- HÖPPE, P. R. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, 43, p. 71- 75, 1999.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. 2022.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: ISO, 2005
- JUSTI, A. C. A. et al. Impacto da morfologia de parque urbano no microclima e no conforto térmico de Cuiabá - Brasil. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15 - Vol. 34 - JAN/JUN 2019.
- LUAN, X.; Yu, Z.; ZHANG, Y.; WEI, S.; MIAO, X.; HUANG, Z.Y.X; TENG, S. N.; XU, C. Remote Sensing and Social Sensing Data Reveal Scale-Dependent and System-Specific Strengths of Urban Heat Island Determinants, **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 391, 2020.
- MATZARAKIS et al. **Software RayMan**: versão 3.1 Beta. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 2001, última atualização 2021. Disponível em: <https://www.urbanclimate.net/rayman/index.htm>. Acesso em abr. 2023.
- Matzarakis, A., Gangwisch, M., Fröhlich, D., 2021: RayMan and SkyHelios Model. In: Palme, M., Salvati, A. (eds) Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies. Springer, Cham., 339-361, https://doi.org/10.1007/978-3-030-65421-4_16.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2 nd ed. London and New York: Routledge, 1982.
- SKOULIKA F., SANTAMOURIS M., KOLOKOTSA D., BOEMI N. On the thermal characteristics and the mitigation potential of a medium size urban park in Athens, Greece. **Landscape and Urban Planning**. 123 (2014), pp. 73 – 86
- SEMURB. **Plano diretor de Natal**. Disponível em: http://umap.openstreetmap.fr/pt-br/map/pdn-2022-zoneamento-e-prescricao_782224#16/-5.8123/-35.1858 . Acesso em: 18 abr. 2023

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Direção do Parque das Dunas e à CAPES.