

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
PARAÍBA

CAMPUS PRINCESA ISABEL

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL DE MUNICÍPIOS

PAULIENE PEREIRA DA LUZ

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA DO  
MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL-PB UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
INTERPOLAÇÃO ESPACIAL

PRINCESA ISABEL-PB

2019

PAULIENE PEREIRA DA LUZ

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA DO  
MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL-PB UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
INTERPOLAÇÃO ESPACIAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da  
Paraíba - Campus Princesa Isabel,  
como requisito parcial necessário  
para obtenção do Grau de  
Especialista em Gestão Ambiental de  
Municípios.

ORIENTADOR:

PROF.<sup>a</sup> Me. ARTUR MOISES GONCALVES LOURENÇO

PRINCESA ISABEL-PB

2019

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L979e Luz, Pauliene Pereira da.

Estudo sobre a influência da arborização no microclima do município de Princesa Isabel - PB utilizando técnicas de interpolação espacial / Pauliene Pereira da Luz - Princesa Isabel, 2019.

28 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Artur Moises Goncalves Lourenço.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa Isabel - Curso de Especialização em Gestão Ambiental de Municípios, Princesa Isabel, 2019.

1. Clima - influência da vegetação. 2. Interpolação espacial. 3. Arborização urbana. I. Lourenço, Artur Moises Goncalves (orient). II. Título.

IFPB

551.588.6 CDU

PAULIENE PEREIRA DA LUZ

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA DO  
MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL-PB UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
INTERPOLAÇÃO ESPACIAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da  
Paraíba - Campus Princesa Isabel,  
como requisito parcial necessário  
para obtenção do Grau de  
Especialista em Gestão Ambiental de  
Municípios.

Aprovado em, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Artur Moises Goncalves Lourenço - IFPB  
Orientador

---

Prof.<sup>o</sup> Me. Erickson Melo de Albuquerque - IFPB  
1<sup>o</sup> Examinador

---

Prof.<sup>a</sup> Ma. Thais Freitas de Moraes - IFPB  
2<sup>o</sup> Examinadora

PRINCESA ISABEL-PB  
2019

A Deus por ter me concedido força para conseguir. E a todos que se fizeram presentes durante esta caminhada, e que contribuíram de forma significativa para o objetivo alcançado. DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela sabedoria e pela força para vencer todos os obstáculos durante a caminhada para alcançar este objetivo.

A minha mãe e meus irmãos por todo o amor e carinho.

Ao meu esposo, pela colaboração, incentivo e paciência.

Ao meu orientador Artur Moises Gonçalves Lourenço por toda a atenção, dedicação e paciência, contribuindo de forma ímpar para os resultados obtidos.

Aos meus colegas de turma, em especial a Claudiana, Naiara e Gorete, que se fizeram presentes nesta jornada, sempre juntas em todos os momentos de curso, e que quero levar pra toda vida.

A todos os professores (as) que colaboraram direta ou indiretamente até o término deste processo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba-Campus Princesa Isabel- IFPB, pela colaboração.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo: Hospital São Vicente de Paula (AE1) e Praça Natália do Espírito Santo (AE2), no município de Princesa Isabel-PB.....	12
Figura 2. Imagens aéreas da AE1 (Hospital São Vicente de Paula), Princesa Isabel-PB.....	13
Figura 3. Imagens aéreas da AE2 (Praça Natália do Espírito Santo), Princesa Isabel-PB.....	14
Figura 4. Processo de obtenção da altura e diâmetro dos indivíduos arbóreos a partir do MDS gerado.....	15
Figura 5. Exemplo de configuração dos pontos nos cenários modelados.....	16
Figura 6. Matriz de correlação entre as características físicas e os valores das medições microclimáticas. ....	20
Figura 7. Resultado da interpolação no C1 para AE1.....	22
Figura 8. Resultado da interpolação no C1 para AE2.....	22
Figura 9. Resultado da interpolação no C2 para AE1.....	23
Figura 10. Resultado da interpolação no C2 para AE2.....	24
Figura 11. Resultado da interpolação no C3 para AE1.....	25
Figura 12. Resultado da interpolação no C3 para AE2.....	26

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
Área da pesquisa .....	11
Procedimentos Metodológicos .....	14
Medições Microclimáticas .....	14
Medições das características físicas das árvores .....	15
Aplicação de técnicas de interpolação espacial .....	16
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
Hospital Municipal São Vicente de Paula.....	18
Praça Natália do Espírito Santo .....	19
Origem das Espécies .....	21
Simulações .....	21
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>



# ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA DA CIDADE DE PRINCESA ISABEL-PB UTILIZANDO TÉCNICAS INTERPOLAÇÃO ESPACIAL

*STUDY ON THE INFLUENCE OF ARBORIZATION ON PRINCESA ISABEL-  
PB CITY MICROCLIMA USING TECHNICAL SPACE INTERPOLATION*

## RESUMO

É importante avaliar as condições em que se encontra a arborização dos municípios, sobretudo no semiárido brasileiro, devido às dificuldades para adequação ao clima local. Este trabalho tem como objetivo avaliar cenários de arborização urbana no microclima utilizando técnicas de interpolação no município de Princesa Isabel - PB. Foi realizado o levantamento das características físicas das espécies arbóreas (altura, diâmetro do tronco e área da copa), assim como, medições microclimáticas sob a copa das árvores e em espaços na superfície livre, em duas áreas de estudo com características de cobertura livres diferentes, utilizando sensoriamento remoto e levantamento *in loco*. Três cenários foram avaliados, com o intuito de verificar o impacto na temperatura média do microclima local nas áreas estudadas, são eles: interpolação espacial considerando os dados coletados no momento das medições (C1); interpolação dos pontos a partir da substituição das árvores exóticas por nativas e indicadas para a arborização urbana (C2) e; idem C2 com a adição de novas árvores (C3) por meio de uma simulação. Em todos os cenários os usos de apenas espécies nativas apresentaram temperatura média inferior. No Cenário 3 a inserção de novos indivíduos arbóreos proporcionou um decréscimo de temperatura nas duas áreas de estudo.

**Palavras-chave:** Temperatura do ar; Umidade do ar; Conforto térmico; Simulações.

## ABSTRACT

It is important to evaluate the conditions in which the afforestation of the municipalities is found, especially in the Brazilian semiarid, due to the difficulties in adapting to the local climate. This work aims to evaluate urban forestation scenarios in the microclimate using interpolation techniques in the municipality of Princesa Isabel - PB. The physical characteristics of the tree species (height, trunk diameter and crown area) were surveyed, as well as microclimate measurements under the tree crown and in free surface spaces in two study areas with different free cover characteristics. using remote

sensing and on-site survey. Three scenarios were evaluated in order to verify the impact on the local microclimate average temperature in the studied areas: spatial interpolation considering the data collected at the moment of the measurements (C1); interpolation of points from the replacement of exotic trees by native ones and indicated for urban afforestation (C2) and; same C2 with the addition of new trees (C3) through a simulation. In all scenarios the use of only native species presented lower average temperature. In Scenario 3, the insertion of new tree individuals provided a decrease in temperature in both study areas.

**Keywords:** Air temperature; Air humidity; Thermal comfort; Simulations.

## INTRODUÇÃO

A arborização urbana traz inúmeros benefícios para a população local, entre estes podemos citar: ajudam no controle de poluentes; passam a ideia de conforto psicológico ao homem; favorecem o bem-estar físico da sociedade; atuam na melhoria do clima (PÁDUA; LAGO, 1989). Dessa forma, é de fundamental importância uma avaliação das condições em que se encontra a cobertura vegetal da área urbana do semiárido brasileiro devido às dificuldades para a arborização em adequação ao microclima local.

Segundo Back e Oliveira (2010), o processo de urbanização pode provocar variações na precipitação, alterar a ventilação e a umidade, e conseqüentemente gerar desconforto térmico e, ainda, provocar um desequilíbrio térmico em maior escala. Corroborando isto, Gonçalves, Camargo e Soares (2012) afirmam que a atividade humana nos centros urbanos é favorável a causar mudanças intensas no clima local, alterando a temperatura, umidade do ar e as precipitações. Tais alterações podem resultar em ilhas de calor, um fenômeno bem comum em áreas urbanas (AYOADE, 2011).

Diversos estudos relatam a interferência da vegetação sobre o microclima urbano, contribuindo de forma intensa para melhorar a sensação de bem-estar, a saber: Barbosa (2016), que teve como objetivo avaliar a influência de áreas vegetadas no microclima da Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro; Abreu (2008), com objetivo de verificar a influência de determinadas espécies arbóreas, na melhoria dos microclimas urbanos. Assim como, (BUENO, 1998; SANTAMOURIS, 2001; MONTEIRO & ALUCCI, 2008; MORENO & NOGUCHI; LABAKI, 2007; PEZZUTO & LABAKI, 2007).

A vegetação contribui significativamente para o controle do clima e a composição de microclimas mais prazerosos, uma vez que produz sombra evitando a

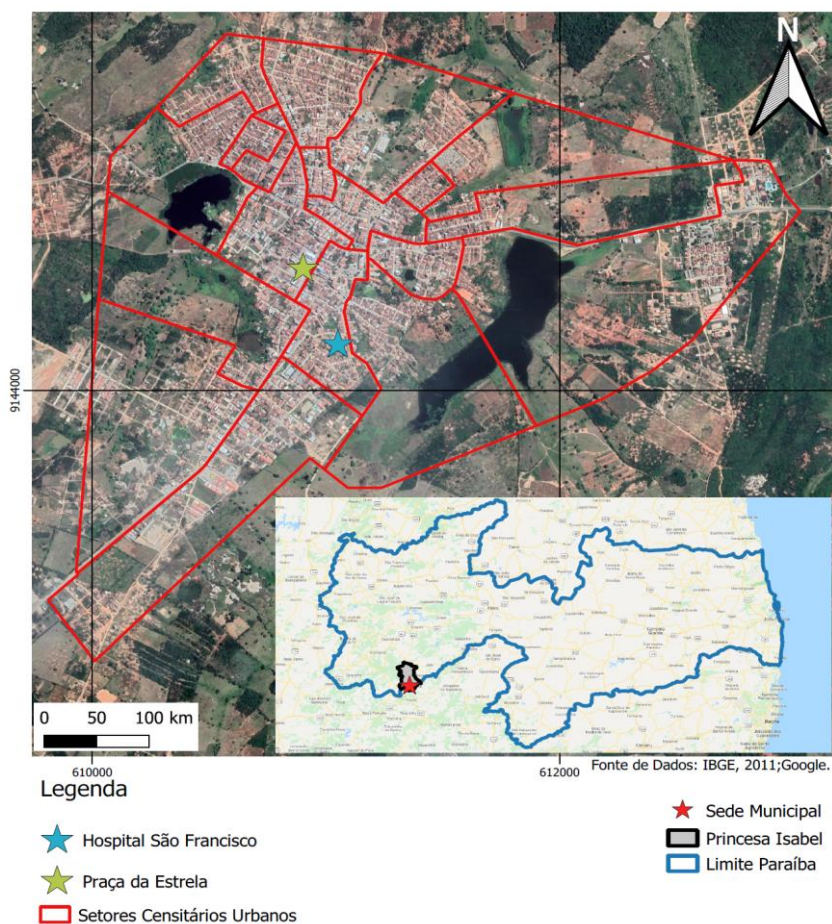
radiação solar em excesso; absorve a radiação para utilizar no seu processo de evapotranspiração, e assim resfriando e umidificando o ar e, ainda, filtra e absorve poluentes. (BACK; OLIVEIRA, 2010).

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar cenários de arborização urbana no microclima utilizando técnicas de interpolação espacial no município de Princesa Isabel-PB.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área da pesquisa**

A pesquisa foi realizada na área urbana do município de Princesa Isabel – PB, em dois locais específicos (conforme mostra a Figura 1): no Hospital Municipal São Vicente de Paula, denominado neste trabalho por AE1 (Área de Estudo 1), por se tratar de uma área com a maior variedade de espécies arbóreas no município (SILVA, 2016) e a Praça Natália do Espírito Santo, denominado neste trabalho por AE2 (Área de Estudo 2), por ser um local de lazer no município intensamente frequentado pela população.



Fonte: Autora (2019)

Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo: Hospital São Vicente de Paula (AE1) e Praça Natália do Espírito Santo (AE2), no município de Princesa Isabel-PB

Figure 1. Geographic localization of the study areas: São Vicente de Paula Hospital (AE1) and Natália do Espírito Santo Square (AE2), in the municipality of Princesa Isabel-PB

O município está localizado na região Oeste do Estado da Paraíba, na microrregião da Serra do Teixeira, limitando-se a oeste com São José da Princesa e Manaíra, a norte com Nova Olinda, Pedra Branca e Boa Ventura, a leste com Tavares e ao sul com Flores em Pernambuco (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014). Apresenta uma altitude de 680m e coordenadas geográficas de 37°59'34" longitude oeste e 07°44'13" de latitude sul. A área da unidade territorial do município é de 367,975 km<sup>2</sup>, sua densidade demográfica é de 57,84 habitantes por km<sup>2</sup>. De acordo com o último censo do IBGE (2010) o município possui uma população total de 21.283 habitantes, sendo que 14.528 (68,3%) destes habitantes residem na zona urbana e 6.755 (31,7%) na zona rural. A AE1 e AE2 estão localizadas nos setores censitários nº 251230905000005 e nº 251230905000006, respectivamente (IBGE, 2010), conforme exposto anteriormente na Figura 1.

O clima da região de estudo é caracterizado como semiárido do tipo quente e seco, e médias pluviométricas anuais entre 600 a 800 mm (AESA, 2006), e temperaturas médias maiores que 18 °C em todos os meses do ano; médias das máximas em torno dos 33 °C e das mínimas de 22 °C (IBGE, 2002). O município apresenta vegetação de pequeno porte, típica da caatinga (CPRM, 2005).

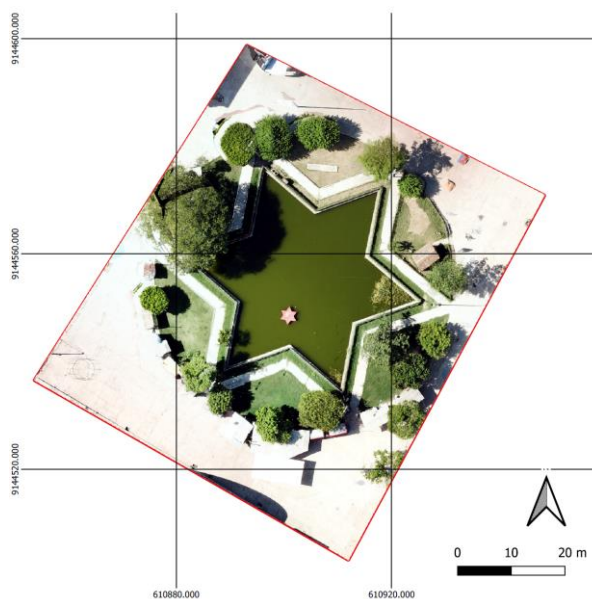
O município é tido como um local considerado como o de maior desenvolvimento comercial da região, devido a presença de equipamento públicos (Fórum, Ministério Público, Posto de Atendimento do INSS, Cadeia Pública, etc.) e oferta de serviços inexistentes em outras municipalidades, dessa forma, habitantes de cidades vizinhas se dirigem com frequência para a cidade quando tem assuntos mais complexos a serem resolvidos ou quando não encontram nas suas cidades o que desejam. No que se refere as atividades econômicas, a agricultura e a pecuária são as principais fontes de renda da população, além do comércio e prestação de serviços (SANTOS, 2012).

Segundo Silva (2016), o Hospital São Vicente de Paula é o quarto maior espaço livre urbano do município com 8.677 m<sup>2</sup>, representando 15,37% do total de espaços livres do verde urbano no município. A Praça Natália do Espírito Santo é conhecida pelos moradores municipais como a Praça da Estrela, local destinado à realização de inúmeros eventos e é o terceiro maior espaço livre municipal com 8.903 m<sup>2</sup>, representando 15,73% do total de espaços livres do verde urbano no município (SILVA, 2016). Nas Figuras 2 e 3 observa-se imagens aéreas realizadas por uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), conhecida também como *drone* ou VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).



Fonte: Autora (2019)

Figura 2. Imagens aéreas da AE1 (Hospital São Vicente de Paula), Princesa Isabel-PB  
Figure 2. Aerial images of AE1 (Sao Vicente de Paula Hospital), Princess Isabel-PB



Fonte: Autora (2019)

Figura 3. Imagens aéreas da AE2 (Praça Natália do Espírito Santo), Princesa Isabel-PB.  
Figure 3. Aerial images of AE2 (Natália do Espírito Santo Square), Princess Isabel-PB.

### Procedimentos Metodológicos

Para avaliar diferentes cenários de arborização urbana no município de Princesa Isabel, optou-se por utilizar técnicas de interpolação a partir de dados obtidos de medições microclimáticas e informações das características físicas das árvores.

Para as medições microclimáticas a pesquisa teve como base as espécies catalogadas anteriormente por Silva (2016), tal estudo tinha como objetivo diagnosticar a arborização urbana do município de Princesa Isabel Paraíba, correlacionando-a com a qualidade de vida da população local.

### Medições Microclimáticas

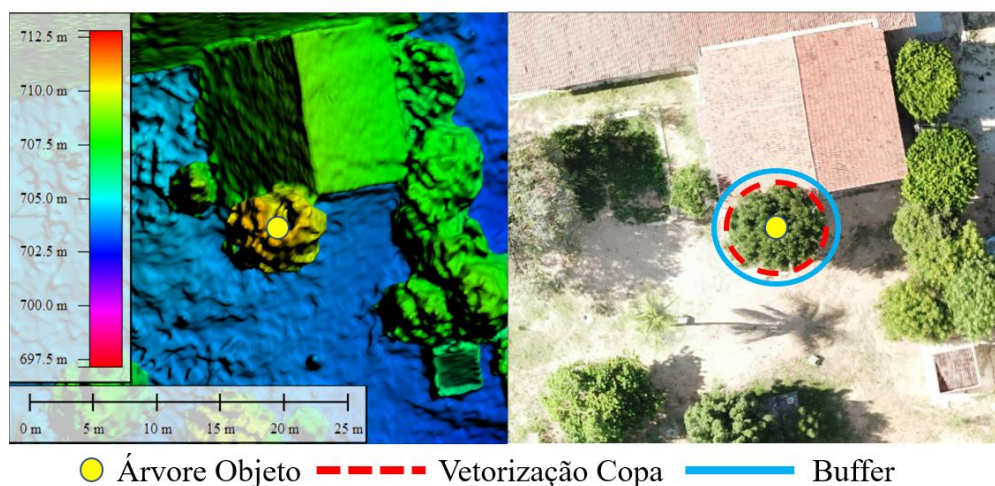
Foram coletados dados dos parâmetros microclimáticos de temperatura e umidade relativa do ar sob a copa de um indivíduo arbóreo de cada espécie (escolhidos de modo aleatório) e nas áreas de cobertura livre nas duas áreas de estudo. Para tanto foi utilizado um termômetro digital portátil. Nas áreas de cobertura livre foram coletados pontos amostrais aleatórios, buscando o mínimo intervalo de tempo entre as medições sob indivíduos arbóreos, e sendo feita a média aritmética das medições para o uso do método de interpolação. A coleta foi realizada em três dias do mês de janeiro de 2019 (10, 12 e 14) no período da tarde. Para Francisco, Medeiros e Santos (2015) entre os



meses de janeiro a abril e nos meses de setembro a dezembro destacam-se os meses de elevadas temperaturas, o que se faz favorável para estudos com a temática abordada nesta pesquisa.

### Medições das características físicas das árvores

Nesta etapa da pesquisa foram coletadas as medidas do Diâmetro na Altura do Peito (DAP), do tronco, altura e diâmetro da copa da árvore. Foram obtidas imagens das áreas de estudo utilizando uma ARP (Drone), para então por meio de técnicas de estereoscopia criar um Modelo Digital de Superfície (MDS) e uma imagem ortorretificada por meio da qual foi possível obter a altura e o diâmetro da copa das árvores. Foram utilizados os softwares *Pix4D*, *Drone Deploy* e *Metashape* para geração do plano de voo, para o levantamento da área, geração do MDS e da imagem ortorretificada. A Figura 4 apresenta o processo de obtenção da altura e diâmetro dos indivíduos a partir do MDS gerado.



Fonte: Autora (2019)

Figura 4. Processo de obtenção da altura e diâmetro dos indivíduos arbóreos a partir do MDS gerado

Figure 4. Process of obtaining height and diameter of tree individuals from the generated MDS

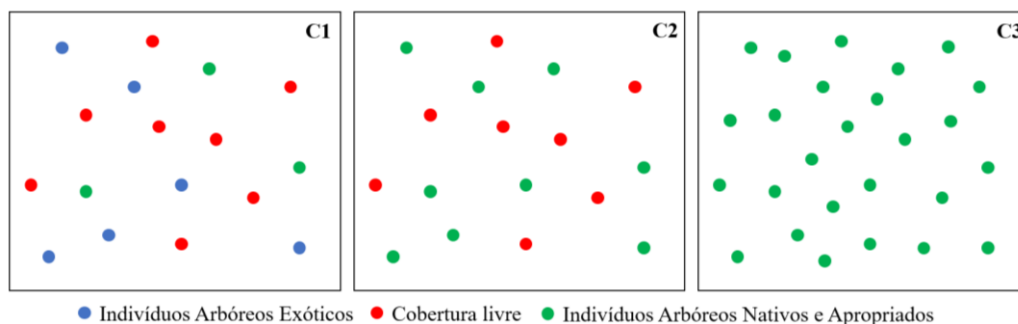
Como apresentado na Figura 4, após a geração do MDS foi realizada a vetorização da copa da árvore para o cálculo do diâmetro. Utilizando esta mesma vetorização é calculada a mediana dos pixels do MDS que faz interseção com o vetor das copas assim encontrando a altitude mediana da árvore. Por fim foi realizada a operação *buffer* com valor de um metro no vetor referente a copa da árvore para calcular a altitude mediana dos pixels do solo e então realizar a subtração da altitude mediana

da árvore para se conseguir a altura da árvore. Foi utilizado o software QGIS para realização da vetorização e cálculos raster.

Para a coleta das coordenadas geográficas, que posteriormente serviram para a confecção do mapa de localização dos indivíduos arbóreos na imagem gerada pela ARP, foi utilizado o aplicativo CR7 Campeiro, por meio do qual se percorreu toda a área de estudo coletando os pontos de localização dos indivíduos arbóreos.

### Aplicação de técnicas de interpolação espacial

Após a coleta e tratamento dos dados brutos prosseguiu-se para a modelagem da temperatura da superfície utilizando técnicas de interpolação espacial. Os dados foram importados para o ambiente de programação R, por meio do qual foi desenvolvido um *script* para gerar cenários de superfície interpolada a partir dos pontos mensurados, sob a copa das árvores e em área de cobertura livre, para as duas áreas de estudo. A interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região (JACOB e YOUNG, 2006). Foram modelados três cenários como ilustrado no exemplo da Figura 5.



Fonte: Autora (2019)

Figura 5. Exemplo de configuração dos pontos nos cenários modelados  
Figure 5. Example of point configuration in modeled scenarios

No Cenário 1 (C1) foram interpolados os pontos mensurados *in loco* sob a copa das árvores e nas áreas de cobertura livre com o intuito de apresentar a situação atual naquele momento das medições.

Já no Cenário 2 (C2), a interpolação dos pontos foi realizada após a substituição dos atributos dos indivíduos arbóreos de origem exótica e não apropriados para arborização urbana pelos atributos de indivíduos nativos e indicados para arborização urbana já presentes na respectiva área de estudo. Dessa forma se manteve a localização espacial dos pontos na substituição dos indivíduos.



Por fim no Cenário 3 (C3), foi realizada a mesma configuração do C2 mas com a adição de novos pontos de indivíduos arbóreos até chegar a área mínima de 15 m<sup>2</sup>/habitante de área verde indicado para espaços públicos de recreação segundo a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - SBAU (1996). Ou seja, num cenário otimista, seria considerado que apenas a população daquele setor frequentaria o espaço. Para este cenário foi considerado para o cálculo da área verde mínima por habitante a área da copa dos indivíduos e a população do setor censitário onde a área de estudo está localizada.

É importante frisar que na interpolação realizada nos cenários as características físicas dos indivíduos arbóreos são as mesmas, havendo a mudança quanto à área de estudo. Nos casos que existem mais de um indivíduo arbóreo de mesma espécie se escolheu de forma aleatória apenas um para as simulações, assim os pontos sob a copa das árvores não representam todas as árvores presentes nas áreas de estudo, mas sim as que foram elencadas.

Para cada cenário foi calculada a temperatura média para mensurar o impacto nas mudanças de configuração dos pontos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

É de grande importância haver a preocupação voltada para melhores condições de espaços verdes urbanos, uma vez que estes podem propiciar melhorias na qualidade de vida dos habitantes (SILVA, 2016). A elevação dos índices de área verde por habitante pode propiciar uma mudança na qualidade de vida nas cidades (SOUZA, 2015). Na tabela 1 se apresenta as características levantadas para cada área estudada após a análise da imagem ortorretificada gerada a partir do levantamento via ARP.

Tabela 1. Características identificadas nas áreas de estudo  
Table 1. Characteristics identified in the study areas

<b>Característica</b>	<b>AE1</b>	<b>AE2</b>
Área do Setor Censitário Pertencente	166.345 m <sup>2</sup>	181.150 m <sup>2</sup>
Área Total	7.770 m <sup>2</sup>	4.951 m <sup>2</sup>
Área Verde	333 m <sup>2</sup>	371 m <sup>2</sup>
População do Setor	970 hab	988 hab
Área Verde por Habitante	0,34 m <sup>2</sup> /hab	0,38 m <sup>2</sup> /hab

Fonte: Autora (2019)

Após a vetorização da copa das árvores na ortofoto obteve-se os valores de 333 e 371 metros quadrados de área verde para a AE1 e AE2, respectivamente. Considerando a população presente no setor censitário obtiveram-se baixos índices de área verde para as duas áreas, como é se verifica na Tabela 1, estando abaixo do valor recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU, 1996) de 15 m<sup>2</sup>/hab.

Os valores muito baixos de índice de área verde impossibilitaram a simulação planejada na metodologia para o Cenário 3, visto que seria necessária uma área verde maior que a própria área total das áreas de estudo para se atingir o recomendado pela SBAU. Assim, no Cenário 3 os pontos mensurados sob a superfície livre foram substituídos por pontos de árvores nativas e indicadas para a arborização urbana.

### Hospital Municipal São Vicente de Paula

Durante o estudo pode-se observar que a área é extensa e que as espécies arbóreas ficam aglomeradas em determinados espaços, resultando assim em grandes espaços expostos sem cobertura vegetal, o que pode influenciar de forma direta no microclima do ambiente. A Tabela 2 apresenta caracterização das espécies arbóreas e medições microclimáticas no Hospital Municipal São Vicente de Paula (AE1).

No levantamento de campo foram identificados 52 indivíduos, pertencentes a 16 espécies. Pode-se observar que houve uma maior riqueza de espécies arbóreas quando comparadas com a outra área de estudo. Das espécies encontradas 50% são de espécies frutíferas.

Tabela 2. Caracterização das espécies arbóreas e medições microclimáticas no Hospital Municipal São Vicente de Paula (AE1), em função da espécie, número de indivíduos (NI), temperatura sob a copa (TSC), umidade sob a copa (USC), diâmetro na altura do peito (Dap), altura da árvore (AA), área da copa (AC) e Origem das espécies

Table 2. Characterization of tree species and microclimate measurements at São Vicente de Paula Municipal Hospital (AE1), according to species, number of individuals (NI), temperature under crown (TSC), humidity under crown (USC), diameter at breast height (Dap), tree height (AA), crown area (AC) and Origin of species

Nome Popular	Espécie	NI	TSC (°C)	USC	DAP (CM)	AA (M)	AC (M)	O
Goiaba	<i>Psidium Guajava L.</i>	2	30,23	0,39	59	2,81	19,54	Naturalizada
Ipê	<i>Handroanthus</i>	2	30,37	0,36	180	8,33	35,03	Nativa
	<i>Heptaphyllus</i>							
Nim Indiano	<i>Azadirachta Indica</i>	15	30,72	0,32	52	3,19	9,42	Exótica
Laranja Lima	<i>Citrus sinensis</i>	1	30,73	0,34	118	6,54	36,60	Exótica
Cássia Do Nordeste	<i>Senna Spectabilis</i>	4	30,82	0,36	97	5,13	43,42	Nativa

Azeitona	<i>Syzygiumcumini L.</i>	2	30,88	0,33	147	5,58	28,88	Exótica
Ficus	<i>Ficus Benjamina</i>	5	30,95	0,37	139	4,30	26,89	Exótica
Cajueiro	<i>Anacardium Occidentale L.</i>	3	30,97	0,39	58,5	0,69	22,78	Nativa
Jambo	<i>Syzyqium Jambos L.</i>	3	31,22	0,34	81	5,28	10,50	Exótica
Umbu	<i>Spondias Tuberosa Arruda</i>	3	31,23	0,33	83	4,70	35,54	Nativa
Coqueiro	<i>Cocos Nucifera L.</i>	1	31,25	0,34	68	1,05	5,25	Naturalizada
Manga	<i>Mangífera Indica L.</i>	3	31,27	0,34	83	1,09	0,92	Exótica
Acerola	<i>Malpighiapunicifolia L.</i>	3	31,63	0,34	44	4,62	1,39	Exótica
Pinha	<i>Annomasquamosa L.</i>	3	31,73	0,32	89	3,93	11,67	Exótica
Seriguela	<i>Spondiaspurpurea L.</i>	1	31,77	0,29	169	3,25	43,82	Nativa
Romã	<i>Punica Granatum L</i>	1	31,92	0,37	90	0,63	1,50	Exótica

Fonte: Autora (2019)

### Praça Natália do Espírito Santo

Em quase sua totalidade o ambiente apresenta-se impermeabilizado e com poucos exemplares arbóreos, o que pode ser um fator determinante na questão microclimática do ambiente. Corroborando isto, Borges e Pereira, (2010) afirmam que em áreas impermeabilizadas o balanço de energia passa por modificações, e em consequência disto ocorre a elevação da temperatura do ar.

A Tabela 3 apresenta a caracterização das espécies arbóreas e medições microclimáticas na Praça Natália do Espírito Santo (AE2). Durante a coleta de dados foram catalogados 20 indivíduos, pertencentes a oito espécies arbóreas. Entre as espécies identificadas, o *Ficus benjamina* (Fícus) e o *Handroanthus heptaphylluse* (Ipê) exibiram o maior número de indivíduos (quatro e cinco respectivamente).

Tabela 3. Caracterização das espécies arbóreas e medições microclimáticas na Praça Natália do Espírito Santo (AE2), em função da espécie, número de indivíduos (NI), temperatura sob a copa (TSC), umidade sob a copa (USC), diâmetro na altura do peito (Dap), altura da árvore (AA), área da copa (AC) e Origem das espécies

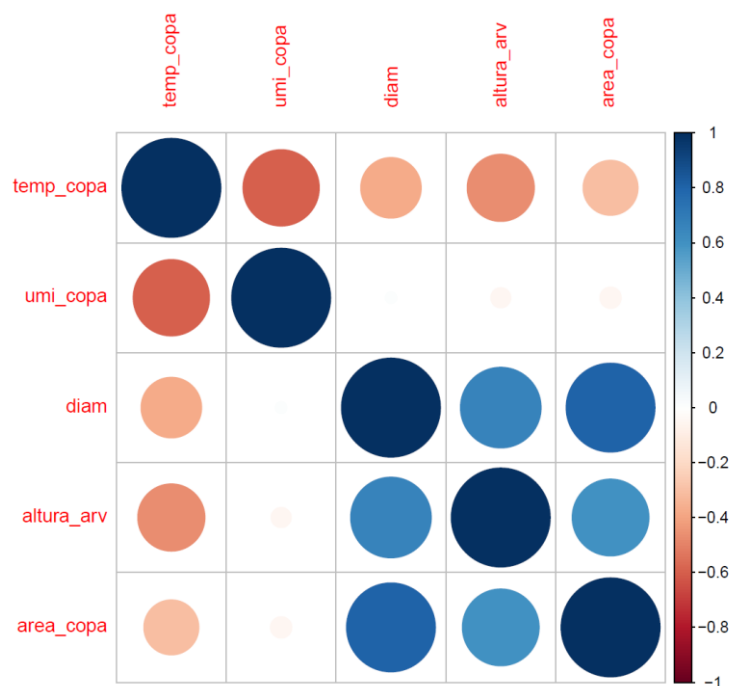
Table 3. Characterization of tree species and microclimate measurements in Natália do Espírito Santo square (AE2), according to species, number of individuals (NI), temperature under crown (TSC), humidity under crown (USC), diameter at breast height (Dap), tree height (AA), crown area (AC) and origin of species

Nome Popular	Espécie	NI	TSC (°C)	USC	DAP (CM)	AA (M)	AC (M)	O
Cássia do Nordeste	<i>Senna siamea (Lam.) H.S.Irwin&amp;Barneby</i>	2	30,58	0,33	270	8,26	177,16	Nativa
Fícus	<i>Ficus benjamina</i>	4	31,07	0,36	148	3,40	39,32	Exótica
Nim Indiano	<i>Azadirachta indica</i>	2	31,31	0,34	73	2,96	25,60	Exótica
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius Raddi</i>	3	31,58	0,35	90	3,53	37,21	Nativa
Algaroba	<i>Prosopis juliflora (Sw.) DC.</i>	2	32,05	0,34	58	3,17	31,02	Exótica

Ipê Roxo	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	5	32,07	0,32	96	4,87	29,63	Nativa
Palmeira	<i>Roystonea oleracea</i>	1	32,27	0,28	43	0,18	2,17	Exótica
Algodão	<i>Talipariti pernambucense</i>	1	32,43	0,32	81	3,91	29,36	Nativa

Fonte: Autora (2019)

A figura abaixo apresenta uma matriz de correlação entre as características físicas e as medições microclimáticas realizadas do conjunto de dados de todos os indivíduos arbóreos presentes nas duas áreas de estudo.



Fonte: Autora (2019)

Figura 6. Matriz de correlação entre as características físicas e os valores das medições microclimáticas.

Figure 6. Correlation matrix between physical characteristics and values of microclimatic measurements.

Analisando a Figura 6, os resultados das correlações apontam para uma correlação negativa entre a temperatura medida sob a copa e as características físicas da árvore, ou seja, tomando como exemplo a altura da árvore, quanto maior a temperatura menor será a altura da árvore, este padrão seguindo para área da copa e DAP. Justificando mais uma vez o papel da arborização na amenização do microclima local das áreas urbanas.

Vale salientar a alta correlação negativa entre os valores de umidade e as características físicas, também corroborando a literatura citada anteriormente, visto que a baixa umidade tem sido um problema enfrentado nas zonas urbanas causando problemas relacionados a saúde ambiental.

Quanto à correlação entre as características físicas dos indivíduos arbóreos, a mesma se apresentou alta e positiva, o que já é esperado considerando os estágios de crescimento vegetal. Esse resultado valida a técnica utilizando a ARP no levantamento da altura e copa das árvores.

### **Origem das Espécies**

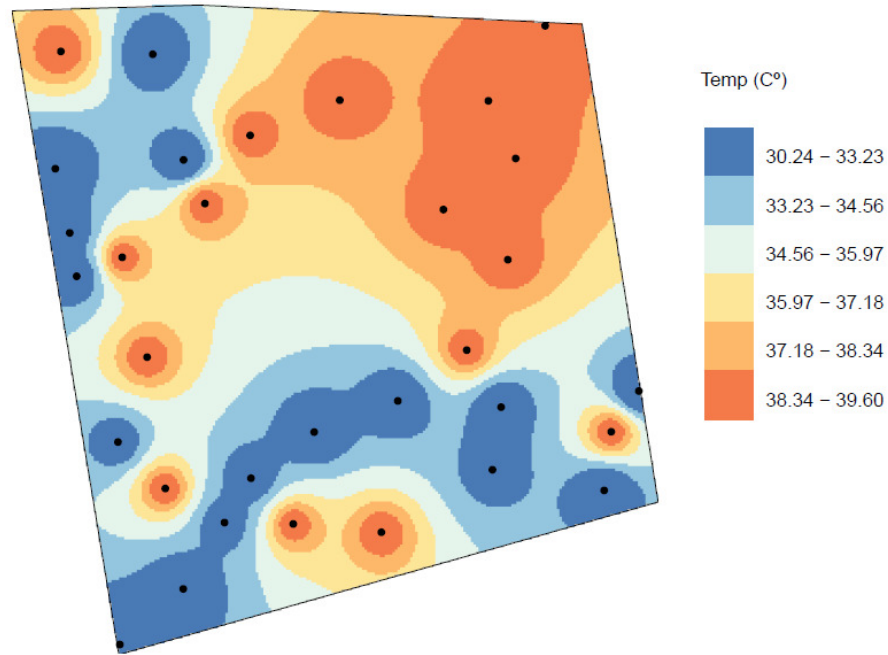
Na arborização urbana, é de grande importância fazer-se uso de espécies nativas, o que pode diminuir os custos com a manutenção e manejo das espécies. Quando espécies exóticas são introduzidas em novos ambientes podem se fixar e desenvolver populações que eventualmente disputarão o espaço com espécies nativas podendo causar alterações ecológicas significativas, inclusive correndo-se o risco de se tornarem dominantes e gerar impactos adversos (ZILLER, 2000).

Na AE1, 68,75% das espécies são de origem exótica. Na AE2 62,5% das espécies em estudo também são exóticas. Quando se fala em microclima urbano deve-se levar em consideração que este apresenta características diferentes do ambiente natural. Neste contexto, as dificuldades de implantação de vegetação aumentam, fazendo-se importante que a arborização seja composta de espécies nativas da região onde será introduzida (MARTO et al., 2006), a quantidade de espécies introduzidas depende de cada situação.

### **Simulações**

Após o levantamento de informações nas áreas de estudo quanto às características físicas e medições microclimáticas foram realizadas as simulações considerando os três cenários definidos.

A Figura 7 apresenta o resultado da interpolação dos pontos no C1 (cenário que considerava a situação provável atual no momento das medições) para a AE1.

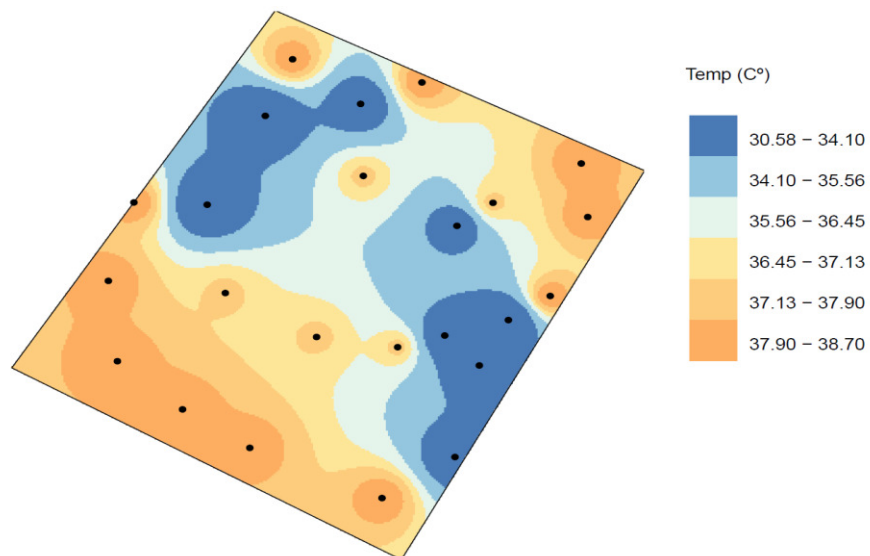


Fonte: Autora (2019)

Figura 7. Resultado da interpolação no C1 para AE1.  
Figure 7. Result of interpolation at C1 for AE1.

Na figura 7 é possível observar as áreas com menor temperatura onde estão localizadas as árvores e a má distribuição da mesma criando ilhas frias na AE1. A temperatura média foi de 35,78 C° para este cenário chegando a máxima de 39,6 C°.

A figura 8 apresenta o resultado da interpolação do C1 para a AE2.

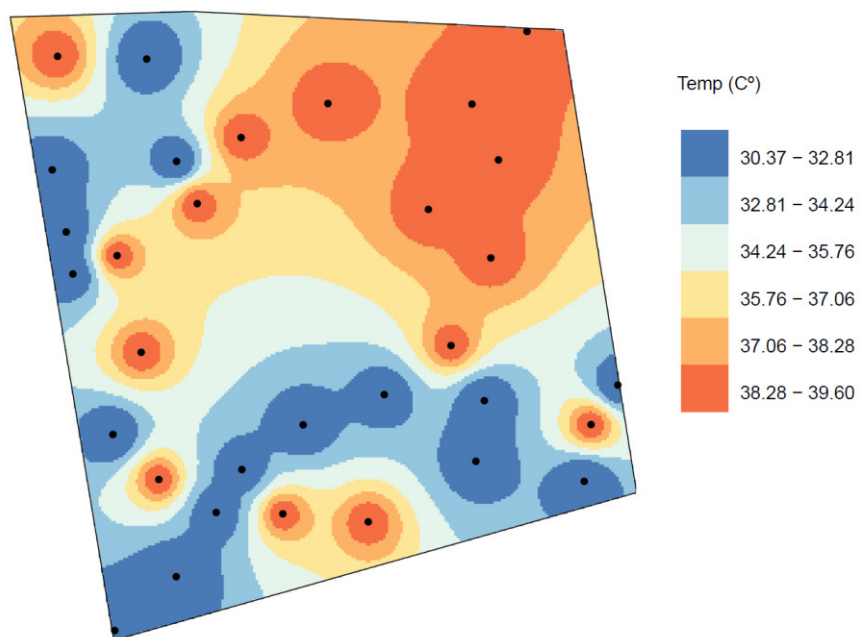


Fonte: Autora (2019)

Figura 8. Resultado da interpolação no C1 para AE2  
Figure 8. C1 interpolation result for AE2

Observa-se na figura 8 menos ilhas frias devido a menor quantidade de árvores presentes na AE2. A temperatura média na AE2 foi ligeiramente maior que na AE1 neste cenário com valor de 36,1 C°, sendo explicado provavelmente pela menor quantidade de árvores e pelo fato desta área ter sua superfície livre cobertura de cimento. Ao centro da imagem apresentada observa-se uma tendência do decréscimo da temperatura no sentido borda-centro causado pela lagoa que se encontra na região central da praça.

A figura 9 apresenta o resultado da interpolação dos pontos no C2 para a AE1, neste cenário são interpolados os pontos realizando a substituição dos atributos das árvores exóticas por nativas e indicadas para a arborização urbana.



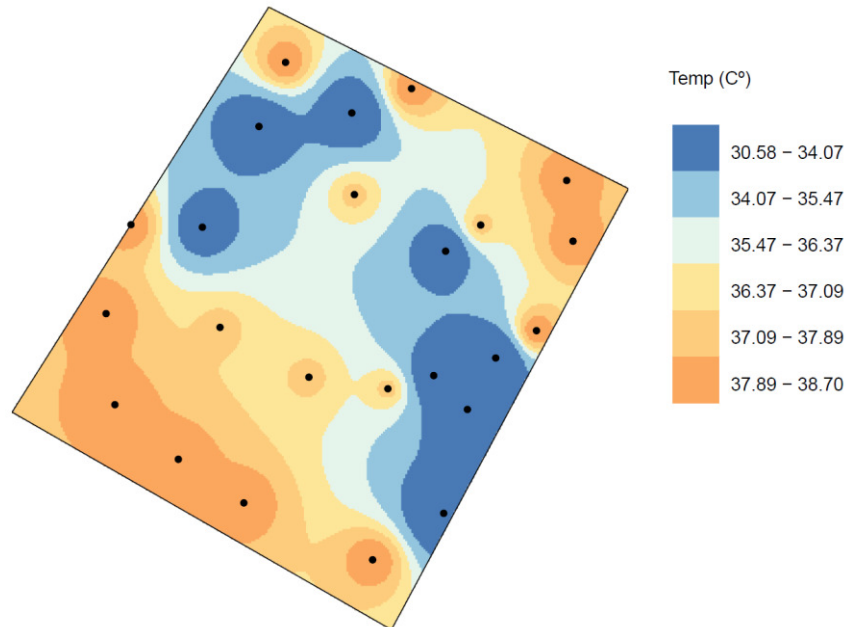
Fonte: Autora (2019)

Figura 9. Resultado da interpolação no C2 para AE1  
Figure 9. C2 interpolation result for AE1

Para o resultado da interpolação no C2 da AE1 apresentado na figura 8 obteve-se a temperatura média de 35,56 °C que representa um decréscimo comparado ao C1 de apenas 0,2 °C. Essa pequena diferença indica que o uso de apenas espécies nativas encontradas na AE1, considerando todas as características levantadas neste estudo, não traria diferença significativa na mudança no microclima local. Da mesma forma o resultado indica que a introdução de espécies exóticas em consórcio com as nativas não teria impacto na temperatura média da área.

Na figura 10 se apresenta o resultado da interpolação para o C2 na AE2. Neste cenário a temperatura média obtida foi de 36,0 °C. A mesma análise para o resultado do AE1 neste cenário pode ser utilizada retificando o não impacto significativo da inserção de espécies

exóticas em consórcio com nativas no microclima da área em estudo. A temperatura também se manteve maior nesse resultado comparado a AE1.



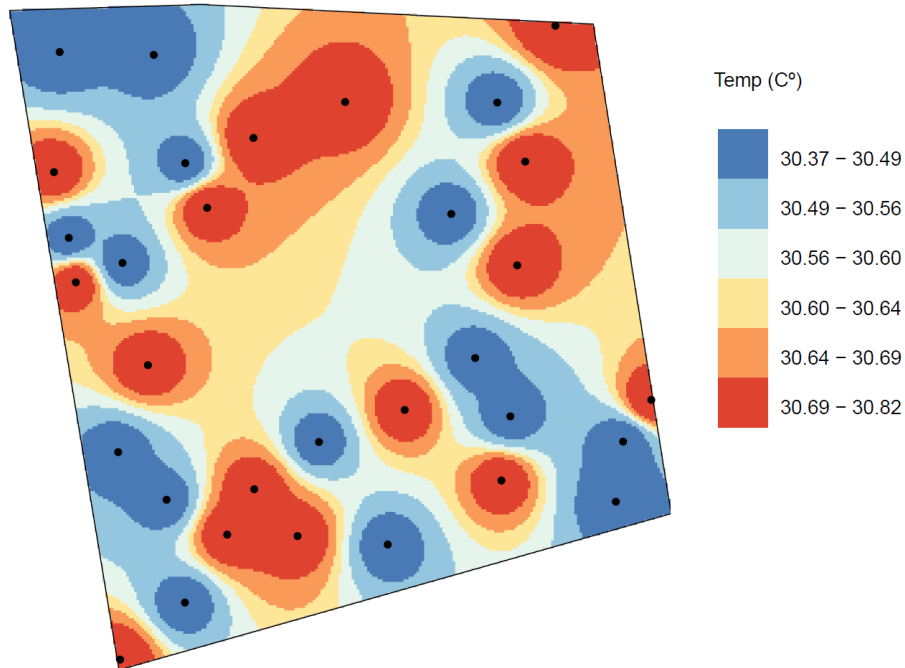
Fonte: Autora (2019)

Figura 10. Resultado da interpolação no C2 para AE2  
Figure 10. C2 interpolation result for AE2

A figura 11 apresenta o resultado da interpolação realizada para o C3 e AE1. Neste cenário, que teve seu percurso metodológico modificado como comentado anteriormente, objetivou-se o incremento de mais espécies arbóreas nativas e indicadas para a arborização urbana, sendo as mesmas localizadas nos pontos onde foram coletadas as temperaturas sobre a superfície livre. Para este cenário e área de estudo a temperatura média foi de 30,59 °C que equivale a um decréscimo de temperatura de 5 °C comparado ao C1 que apresentava a situação atual nas condições levantadas naquele momento.

As características dos indivíduos nativos (Ipê e Cassia do Nordeste), altura e copa, utilizados nesta simulação tiveram grande influência neste resultado devido os mesmos possuírem os valores mais altos nestes atributos devidos os seus estágios avançados de maturidade em comparação às espécies exóticas presentes na área.

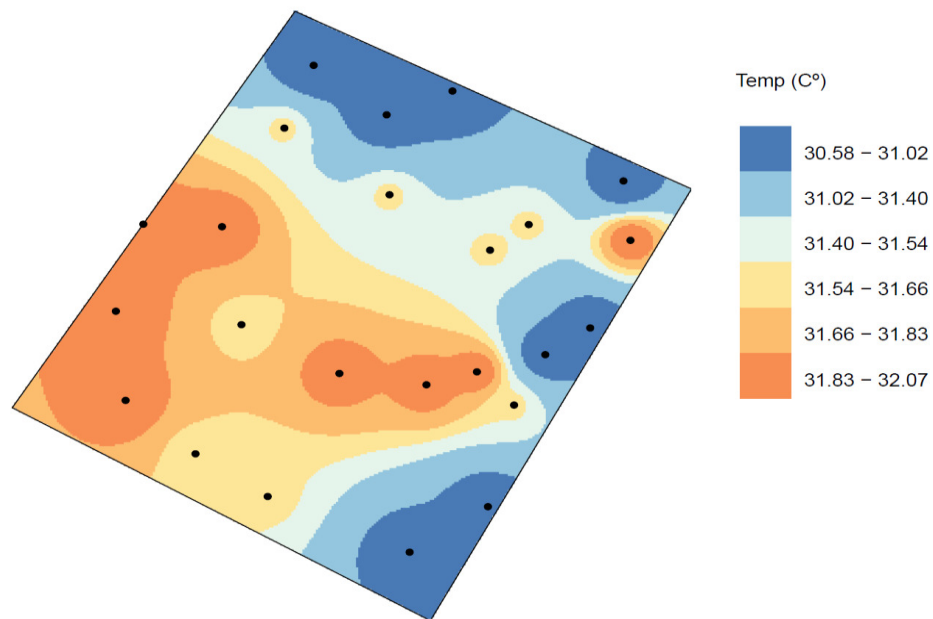




Fonte: Autora (2019)

Figura 11. Resultado da interpolação no C3 para AE1  
Figure 11. Result of interpolation in C3 for AE1

A figura 12 apresenta o resultado da interpolação no C3 e AE2. Para este resultado a temperatura média na área foi de 31,46 °C, equivalente a cerca de menos 4 °C comparada a temperatura média do C1. Também foi constatada uma temperatura média maior em relação ao mesmo cenário empregado na AE1. Neste resultado as árvores nativas utilizadas foram a Aroeira, Ipê e Cassia do Nordeste, mesmo com uma quantidade maior de árvores nativas a temperatura média se manteve maior, provavelmente pelo tipo de cobertura desta área (cimento), quantidade de pontos amostrados de temperatura e características dos indivíduos.



Fonte: Autora (2019)

Figura 12. Resultado da interpolação no C3 para AE2  
Figure 12. C3 interpolation result for AE2

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram aplicadas técnicas de interpolação espacial utilizando simulações de cenários de arborização urbana com vista ao impacto no microclima local. A utilização da ARP para o levantamento de algumas características físicas dos indivíduos arbóreos se mostrou eficiente e eficaz apresentando uma grande riqueza de detalhes ao trabalho visto a resolução espacial do MDS e ortofoto gerados.

Em ambas as áreas de estudo a predominância é de espécies exóticas e/ou não adequadas para arborização urbana, como mostrado no levantamento. A atual área verde nas duas áreas está muito abaixo do recomendado. A correlação entre as características físicas das árvores e seu poder de resfriamento da superfície validando o levantamento dos dados. Não houve diferença significativa entre os Cenários 1 e 2 quando comparado a temperatura média, justificando a não inserção de espécies exóticas com objetivo de melhoramento do microclima das áreas de estudo, salientando claro as condições físicas das árvores e microclimáticas levantadas durante o estudo. Em todos o cenário o uso de apenas espécies nativas e propícias para arborização urbana apresentaram temperatura média inferior. No Cenário 3 a inserção de novos indivíduos arbóreos proporcionou um grande decréscimo de temperatura nas duas áreas de estudo. O que indica que quanto mais árvores plantadas melhores serão as condições microclimáticas locais. Entretanto, o plantio de espécies nativas

é o mais adequado, uma vez que os benefícios ambientais são maiores em comparação com espécies exóticas.

É indicado para futuros trabalhos nessa perspectiva que haja um maior período de monitoramento da temperatura nas áreas de estudo bem como uma metodologia mais robusta para a amostragem dos pontos sob a superfície livre. A metodologia aplicada é de grande relevância para definir projetos de arborização urbana. Análises como essa permitem a tomada de decisão de forma mais criteriosa e rápida, além de subsidiar estudos de viabilidade de tais projetos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Loyde Vieira de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas-Campinas, SP**: [s.n.], 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2008.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BACK, Á. J.; OLIVEIRA, T. de S. A urbanização e as modificações do clima. In: GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. dos (Org.). **Cidade e meio ambiente**: estudos interdisciplinares. Criciúma, SC: Ed. UNESC, 2010. p. 207-228.

BARBOSA, E. C. **Influência da Vegetação nas Condições Microclimáticas em Ambientes Urbanos** - Estudo de Caso Ilha do Fundão. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2016.

BORGES, M.G. E; PEREIRA, O.R. Influência do Ambiente Construído no Microclima Urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., Canela, 2010. **Anais...** Canela: Entac, 2010.

BUENO, C. L. **Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas**. 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 1998.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Princesa Isabel, Estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 19p. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16286/Rel\\_Princesa\\_Isabel.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16286/Rel_Princesa_Isabel.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 07 nov. 2019.

FRANCISCO, P. R. M.; DE MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. Oscilações pluviométricas e temperatura média do ar em seis regiões homogêneas do estado da Paraíba. In: 7 WORKSHOP DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PERNAMBUCO E 4 WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BIODIVERSIDADE, Recife. **Anais...** Recife, 2015.

GONÇALVES, A.; CAMARGO, L.S.; SOARES, P.F. Influência da vegetação no conforto térmico urbano: estudo de caso na cidade de Maringá – Paraná. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 3. Maringá. **Anais...** Maringá, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2014.

MARTO, G. B. T. et al. Arborização urbana. **Infobibos**. São Paulo, 21 jan. 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/ArborizacaoUrbana/ArborizacaoUrbana.htm>>. Acessado em 21 de agosto de 2019.

MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ligth, 2000. 206p.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelos Preditivos de Estresse Termo-Fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Fortaleza, 2008. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008. 1 CDROM.

MORENO, M. M.; NOGUCHI, E.; LABAKI, L. C. Índice de Conforto Térmico para áreas externas em Clima Tropical De Altitude. In: ENCONTRO NACIONAL DE E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007. CD-ROM.

PÁDUA, J. A.; LAGO, A. **O que é ecologia**. São Paulo: Brasiliense, 1989.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Urbanos Abertos: avaliação em áreas de fluxo de pedestres. In: ENCONTRO NACIONAL DE E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., Ouro Preto, 2007. **Anais...** Ouro Preto: Antac, 2007. 1 CD-ROM.

SANTAMOURIS, M. **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. Londres: James & James, 2001. 402 p.

SANTOS, Mikaely Belo dos. **Caracterização da arborização urbana do centro de Princesa Isabel – PB**. 2012. 21f. Monografia (Graduação em Tencologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2012.

SILVA, R.C. C. da. **Diagnóstico da arborização urbana do município de Princesa Isabel-PB, enquanto indicadora de qualidade ambiental**– Princesa Isabel, 2016.. Monografia (Graduação em Tencologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. Carta a Londrina e Ibiporã. **Boletim Informativo**, v.3 , n.5, p.3, 1996.

ZILLER, S. R. **A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. UFP - Curitiba. 2000, p. 268.

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

**Assunto:** TCC  
**Assinado por:** Ane Cristine  
**Tipo do Documento:** Tese  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Documento Original e Cópia

Documento assinado eletronicamente por:

- Ane Cristine Fortes da Silva, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - CGAM-PI, em 19/05/2022 17:04:29.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/05/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 522363  
Código de Autenticação: cf03d60fc1

