

AS ÁREAS VERDES NA QUALIDADE  
TÉRMICA URBANA: ANÁLISE DE  
CENÁRIOS PARAMETRIZADOS EM CIDADE  
DE CLIMA SEMIÁRIDO

*Jéssica Daiane Santos Pereira*

Orientador: Ricardo Victor Rodrigues Barbosa

Maceió,  
2020.

**JÉSSICA DAIANE SANTOS PEREIRA**

**AS ÁREAS VERDES NA QUALIDADE TÉRMICA URBANA: ANÁLISE  
DE CENÁRIOS PARAMETRIZADOS EM CIDADE DE CLIMA  
SEMIÁRIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFAL, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Victor Rodrigues Barbosa**

**MACEIÓ,  
2020.**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos - CRB-4 - 2062

P436a Pereira, Jéssica Daiane Santos.

As áreas verdes na qualidade térmica urbana: análise de cenários parametrizados em cidade de clima semiárido / Jéssica Daiane Santos Pereira. – 2020.  
127 f. : il. ; figs. ; grafs. ; tabs. color.

Orientador: Ricardo Victor Rodrigues Barbosa.  
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 109-116.  
Apêndices: f. 117-127.

1. Planejamento urbano. 2. Arborização urbana. 3. Conforto térmico. 4. Microclima urbano. I. Título.

CDU: 712.25: 551.584.5 (813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**Jéssica Daiane Santos Pereira**

**AS ÁREAS VERDES NA QUALIDADE TÉRMICA  
URBANA: ANÁLISE DE CENÁRIOS PARAMETRIZADOS  
EM CIDADE DE CLIMA SEMIÁRIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFAL, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

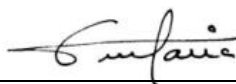
**APROVADA em 06 / 03 / 2020**

BANCA EXAMINADORA



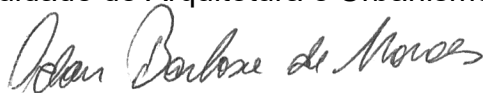
---

Prof. Dr. RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA (orientador)  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof. Dr. GERALDO MAJELA GAUDÊNCIO FARIA  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof. Dr. ODAIR BARBOSA DE MORAES  
Universidade Federal de Alagoas – UFAL



---

Prof. Dr. ERICO MASIERO  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

*Aos meus amorosos pais, Maria e Cícero.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Maria e Cícero, por serem um suporte inabalável na vida e por me aconselharem tão sabiamente diante de situações (a)típicas de qualquer jornada.

Ao meu companheiro de vida Danilo Rocha, pelo apoio, carinho e amor incondicionais tão presentes, que tanto me dão forças para evoluir como pessoa e profissional.

Ao meu (eterno) orientador e amigo Ricardo (Rick) Barbosa, pelos incentivos, puxões de orelha e, acima de tudo, por acreditar que eu sempre posso fazer mais.

A querida Prof. Gianna (Gigi) Barbirato pelos abraços sinceros, os carinhos fraternos e injeções de ânimo aplicadas pelos corredores.

Aos professores do programa de pós-graduação, pela dedicação em compartilhar seus conhecimentos e experiências, enriquecendo meu processo de amadurecimento profissional.

Aos professores da graduação Rafael Rust, Simone Torres e Simone Romão pela torcida, palavras de apoio e auxílio no levantamento de informações para minha pesquisa.

Aos meus colegas de turma que, diante dos obstáculos que pareciam intransponíveis, enxergavam as soluções mais simples. Em especial a Ana Nunes, Luana Brandão, Wellington Souza e Lara Torres por dividir, não só o peso das lutas diárias, como também as alegrias de cada conquista e desafios superados: rir com vocês tornou meus dias menos difíceis.

Aos membros da banca, Prof. Érico Masiero, Prof. Geraldo Majela e Prof. Odair Moraes, pelas observações e apontamentos que enriqueceram esta pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, que permitiu o desenvolvimento dessa pesquisa fora do meu local de moradia.

*“Por ora não tenho nenhum dado. É um erro capital teorizar antes de ter dados. Insensivelmente, começa-se a distorcer fatos para ajustá-los a teorias, em vez de teorias para que se ajustem a fatos.”*

Sir Arthur Conan Doyle

*(Escândalo na Boêmia, em As Aventuras de Sherlock Holmes, 1892)*

## RESUMO

As implicações do crescimento das cidades, que ocorre de forma a subjugar os espaços naturais, têm se tornado evidentes nas últimas décadas, sendo possível perceber a necessidade de se buscar equilíbrio e coexistência entre os meios natural e urbano. Dessa forma, buscou-se analisar duas situações: a relação entre as configurações das áreas verdes com arborização na redução da temperatura do ar e manutenção da umidade específica e analisar a influência de áreas verdes arborizadas, com solo gramado e solo exposto nas variáveis higrótérmicas sobre a malha urbana, em condições climatológicas de dias quente e seco e quente e úmido. Para isso, foi realizado levantamento cartográfico e quantitativo dos loteamentos existentes no município de Arapiraca (AL), além da análise das diretrizes municipais acerca dos percentuais de áreas exigidos para a aprovação desses empreendimentos, para subsidiar a criação de cinco cenários parametrizados. Os cenários apresentam áreas verdes cujos espaços equivalem a 10% da área geral da gleba projetada, em diferentes formas de espacialização: Central, Distribuído, Linear, Misto e Periférico. Todas as espacializações foram simuladas em duas condições climáticas (dia quente e seco e dia quente e úmido) e em três grupos: o primeiro, com áreas verdes arborizadas e com solo gramado; o segundo, com área verde com solo gramado apenas; e o terceiro, com área verde com solo exposto. Todos os cenários parametrizados foram modelados, primeiramente no software AutoCAD 2019 e, posteriormente, no software ENVI-Met 4.0 para gerar as simulações demonstrativas do comportamento higrótérmico dos cenários. As análises foram divididas em dois grupos: o primeiro comparou, entre as cinco tipologias simuladas com arborização, qual a área de influência máxima alcançada pela menor temperatura do ar e maior umidade específica do ar presente simultaneamente em todos os cenários; o segundo grupo analisou a relação da vegetação arbórea na redução da temperatura do ar e manutenção da umidade específica do ar, na comparação entre os cenários arborizados, com os de solo gramado e solo exposto. As análises são compostas pelas simulações do dia quente e seco e quente e úmido separadamente, de forma que as comparações sejam feitas nos cenários sob as mesmas condições climáticas. Os resultados mostraram que a espacialização da área verde arborizada promove diferentes áreas de influência sobre o espaço simulado, de forma que os cenários Distribuído e Misto apresentaram maior potencial de amenização da temperatura do ar. Além disso, os cenários com arborização registram temperatura do ar reduzida e diferenças inexpressivas na umidade específica do ar, quando comparados as tipologias com solo gramado e solo exposto.

**Palavras-chave:** Planejamento urbano; áreas verdes; conforto térmico; microclimas.



## **ABSTRACT**

The implications of the growth of cities, which occur in a way to subdue natural spaces, have become evident in recent decades, making it possible to perceive the need to seek balance and coexistence between natural and urban environments. Thus, we sought to analyze two situations: the relationship between the configurations of green areas with afforestation in reducing the air temperature and maintaining specific humidity and to analyze the influence of green wooded areas, with grassy soil and exposed soil in the hygrothermal variables on the urban grid, in climatic conditions of hot and dry and hot and humid days. To this end, a cartographic and quantitative survey of the existing subdivisions in the municipality of Arapiraca (AL) was carried out, in addition to the analysis of the municipal guidelines on the percentage of areas required for the approval of these projects, to subsidize the creation of five parameterized scenarios. The scenarios present green areas whose spaces are equivalent to 10% of the general area of the projected land, in different forms of spatialization: Central, Distributed, Linear, Mixed and Peripheral. All spatializations were simulated in two climatic conditions (hot and dry and hot and humid days) and in three groups: the first, with green wooded areas and grassy soil; the second, with a green area with grassy soil only; and the third, with a green area with exposed soil. All parameterized scenarios were modeled, first in AutoCAD 2019 software and, later, in ENVI-Met 4.0 software to generate simulations demonstrating the hygrothermal behavior of the scenarios. The analyzes were divided into two groups: the first compared, among the five types simulated with afforestation, which is the maximum area of influence achieved by the lowest air temperature and the highest specific air humidity present simultaneously in all scenarios; the second group analyzed the relationship of tree vegetation in reducing air temperature and maintaining specific air humidity, in the comparison between wooded scenarios, with grassy and exposed soil. The analyzes are composed by the simulations of the hot and dry and hot and humid days separately, so that the comparisons are made in the scenarios under the same climatic conditions. The results showed that the spatialization of the green wooded area promotes different areas of influence on the simulated space, in such a way that the Distributed and Mixed scenarios presented greater potential for reducing the air temperature. In addition, the afforestation scenarios register reduced air temperature and significant differences in specific air humidity, when compared to typologies with grassy soil and exposed soil.

**Keywords:** Urban planning; green areas; thermal comfort; microclimates.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Esquematização da estrutura da dissertação.....	20
Figura 02 – Síntese das funções das áreas verdes .....	24
Figura 03 – Ilustração de problemas ambientais causados pela retirada da vegetação de encostas e margens de rios .....	27
Figura 04 – Ilustração representando a diferença de temperatura do ar entre a zona urbana e a zona rural .....	27
Figura 05 – Mapa das mesorregiões do Estado e localização de Arapiraca (AL) .....	35
Figura 06 – Localização do município de Arapiraca (AL) e relação populacional no Estado....	35
Figura 07 – Mapa do Semiárido Alagoano com o município de Arapiraca (AL) em destaque...36	
Figura 08 – Carta Bioclimática de Arapiraca com dados do ano de 2010 (TRY).....	36
Figura 09 – Espécie de árvore <i>Byrsonima sericea</i> , popularmente chamada de Murici.....	37
Figura 10 – Espécie de árvore <i>Anacardium occidentale</i> , popularmente chamada de Cajueiro.....	38
Figura 11 – Mapa de macrozoneamento urbano do Plano Diretor de Arapiraca (AL).....	39
Figura 12 – Limite municipal de Arapiraca-AL e perímetros urbanos.....	42
Figura 13 – Loteamentos em Arapiraca-AL e suas espacializações de área verde.....	45
Figura 14 – Gleba de referência para elaboração cenários parametrizados.....	46
Figura 15 – Ilustração representativa da visualização dos cenários simulados nos eixos X-Y.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Percentuais de área com temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\text{mínC}}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e seco.....	63
Gráfico 02 – Percentuais de área com umidade específica máxima comum ( $UE_{\text{máxC}}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e seco.....	66
Gráfico 03 – Percentuais de área com temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\text{mínC}}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e úmido.....	69
Gráfico 04 – Percentuais de área com umidade específica máxima comum ( $UE_{\text{máxC}}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e úmido.....	72
Gráfico 05 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco).....	75
Gráfico 06 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido).....	78
Gráfico 07 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuída (período quente e seco).....	81
Gráfico 08 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido).....	84
Gráfico 09 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco).....	88
Gráfico 10 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido).....	90
Gráfico 11 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco).....	93
Gráfico 12 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido).....	96
Gráfico 13 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco) .....	99
Gráfico 14 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido).....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco).....	75
Tabela 02 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido)....	78
Tabela 03 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco).....	81
Tabela 04 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido).....	84
Tabela 05 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco).....	87
Tabela 06 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido).....	90
Tabela 07 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco).....	93
Tabela 08 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido).....	95
Tabela 09 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco)..	98
Tabela 10 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido).....	101

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Descrição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.....	30
Quadro 02 – Estratégias bioclimáticas indicadas pela Carta de Givoni para Arapiraca-AL.....	37
Quadro 03 – Orientações métricas para loteamentos no Município de Arapiraca-AL.....	41
Quadro 04 – Recortes temporais e leis vigentes em Arapiraca-AL no período 1962-2015.....	44
Quadro 05 – Disposições das quadras edificadas e de área verde na gleba hipotética.....	47
Quadro 06 – Espacializações de áreas verdes nos cenários parametrizados.....	48
Quadro 07 – Áreas e percentuais gerais dos cenários parametrizados.....	49
Quadro 08 – Imagens em formato Bitmap necessárias para a modelagem dos cenários no ENVI-Met.....	50
Quadro 09 – Padrão dimensional de espécies utilizado nos cenários parametrizados.....	51
Quadro 10 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com arborização.....	52
Quadro 11 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com grama.....	53
Quadro 12 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com solo exposto.....	53
Quadro 13 – Configurações para criação dos modelos de domínio (etapa pré-modelagem)...	54
Quadro 14 – Propriedades dos materiais utilizados no solo dos cenários.....	55
Quadro 15 – Propriedades dos materiais utilizados nas edificações dos cenários.....	55
Quadro 16 – Propriedades dos elementos de vegetação utilizados nos cenários.....	55
Quadro 17 – Visualização dos cenários modelados no ENVI-Met com os materiais e elementos predefinidos.....	56
Quadro 18 – Parâmetros de entrada para simulação dos cenários propostos nos períodos quente e seco.....	57
Quadro 19 – Parâmetros de entrada para simulação dos cenários propostos nos períodos quente e úmido.....	58
Quadro 20 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da temperatura do ar mínima comum ( $TA_{mínC}$ ) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e seco.....	61
Quadro 21 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da umidade específica máxima comum ( $UE_{máxC}$ ) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e seco.....	64
Quadro 22 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da temperatura do ar mínima comum ( $TA_{mínC}$ ) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e úmido.....	67
Quadro 23 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da umidade específica máxima comum ( $UE_{máxC}$ ) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e úmido.....	70
Quadro 24 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco).....	76

Quadro 25 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco).....	77
Quadro 26 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido).....	79
Quadro 27 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido).....	80
Quadro 28 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco).....	82
Quadro 29 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco).....	83
Quadro 30 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido).....	85
Quadro 31 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido).....	86
Quadro 32 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco).....	88
Quadro 33 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco).....	89
Quadro 34 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido).....	91
Quadro 35 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido).....	92
Quadro 36 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco).....	94
Quadro 37 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco).....	95
Quadro 38 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido).....	96
Quadro 39 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido).....	97
Quadro 40 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco).....	99
Quadro 41 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco).....	100
Quadro 42 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido).....	102
Quadro 43 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido).....	103

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJETIVOS .....	19
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	19
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	19
1.1.3 <i>Estrutura do trabalho</i> .....	19
<b>2. O AMBIENTE URBANO E AS ÁREAS VERDES</b> .....	<b>21</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FUNÇÃO PÚBLICA DAS ÁREAS VERDES.....	21
2.2 RELAÇÃO DAS ÁREAS VERDES COM O CONFORTO TÉRMICO URBANO.....	24
2.3 A URBANIZAÇÃO E O PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO.....	28
2.4 MEIO AMBIENTE SOB A ÓTICA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS.....	31
<b>3. OBJETO DE ESTUDO: CIDADE DE ARAPIRACA-AL</b> .....	<b>35</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DE ARAPIRACA.....	35
3.2 APONTAMENTOS SOBRE O SOLO URBANO DE ARAPIRACA.....	38
3.2.1 <i>Zoneamento do solo urbano segundo o Plano Diretor de Arapiraca</i> .....	38
3.2.2 <i>Lei de Parcelamento do Solo Urbano de Arapiraca</i> .....	40
3.3 O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA ATRAVÉS DOS LOTEAMENTOS.....	41
3.3.1 <i>Levantamento e caracterização dos loteamentos</i> .....	43
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS PARAMETRIZADOS.....	46
4.1.1 <i>Cenários parametrizados com arborização</i> .....	51
4.1.2 <i>Cenários parametrizados com solo gramado</i> .....	52
4.1.3 <i>Cenários parametrizados com solo exposto</i> .....	53
4.2 MODELAGEM DOS CENÁRIOS PARAMETRIZADOS NO ENVI-MET.....	54
4.3 CONFIGURAÇÕES DOS PARÂMETROS DE ENTRADA PARA SIMULAÇÃO.....	56
4.4 SELEÇÃO E TABULAÇÃO DOS DADOS DE SAÍDA DAS SIMULAÇÕES.....	58
<b>5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
5.1 ANÁLISE DA ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS VERDES URBANAS.....	60
5.1.1 <i>Período quente e seco</i> .....	60
5.1.2 <i>Período quente e úmido</i> .....	67
5.1.3 <i>Síntese comparativa do desempenho da espacialização dos cenários estudados nos períodos quente e seco e quente e úmido</i> .....	72
5.2 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NAS ÁREAS VERDES.....	74
5.2.1 <i>Análise do cenário Central</i> .....	74

5.2.2 Análise do cenário Distribuído.....	80
5.2.3 Análise do cenário Linear.....	86
5.2.4 Análise do cenário Misto.....	92
5.2.5 Análise do cenário Periférico.....	98
5.2.6 Síntese comparativa do desempenho da vegetação nos cenários estudados..	103
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE A:</b> Dados gerais dos loteamentos no município de Arapiraca-AL (de 1962 a 2018).....	<b>117</b>
<b>APÊNDICE B:</b> Mapas de velocidade dos ventos (cenários com arborização).....	<b>127</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Os espaços naturais são alterados em decorrência do processo de gênese e crescimento das cidades. Nas últimas décadas, percebeu-se a importância de conceder maior atenção às mudanças no comportamento climático da cidade ocasionado pela estrutura urbana, especialmente pela rápida expansão das cidades em detrimento de maior qualidade ambiental do espaço urbano.

Segundo Torres (2017), no processo de planejamento das cidades, o conjunto do desenho urbano pode beneficiar seus moradores e usuários, no sentido de ser favorável para o uso cotidiano cidadão. Aspectos como a densidade da construção e uso do solo, são fatores que influenciam na busca por usos favoráveis do ambiente urbano e que podem gerar, em conjunto com outros fatores, diferentes apropriações dos espaços de uso coletivo. Para a autora:

O conceito de clima urbano, portanto, está relacionado com a diferenciação do comportamento das variáveis climáticas em relação ao meio rural circundante ou não urbanizado. Estas diferenciações ocorrem devido aos fatores meteorológicos, como nebulosidade e velocidade do vento, como também, pela estrutura da cidade, tais como a densidade das construções urbanas e a largura das ruas. As características climáticas urbanas que são afetadas pela estrutura física da cidade, portanto, podem ser modificadas pelo desenho urbano. (TORRES, 2017, p. 9-10)

Para garantir o ordenamento do solo urbano faz-se necessário o uso de instrumentos de caráter regimental, que levem em consideração as peculiaridades locais, como os aspectos relacionados ao relevo e clima, uma vez que essa prática maximiza a probabilidade de se projetar cidades que propiciam espaços urbanos mais eficientes. Dessa forma, leis que delimitem o uso e ocupação do solo urbano em colaboração com outros de objetivo semelhante, passam a ser de fundamental importância quando se busca cidades que promovam maior qualidade de vida aos seus habitantes (CARBONE *et. al*, 2015; BARROS, *et. al*, 2017).

É notório, porém, a prática de crescimento das cidades sem que haja um olhar cauteloso sobre as questões ambientais, que são conceitos diretamente relacionados a salubridade do ambiente urbano e, conseqüentemente, ao maior conforto humano. É necessário entender que a relação entre o meio natural e o urbano deve ser aplicada no processo de planejamento das cidades com o propósito de fornecer ambientes urbanos favoráveis ao uso social (LEVENT & NIJKAMP, 2004 apud CARBONE *et. al*, 2015). Segundo Dumke e Mendonça (2017):

(...) o clima urbano resulta da interação das situações sinóticas com as características físicas do sítio e do construto urbano, a vegetação e o calor antropogênico,

diferenciando as condições climáticas intraurbanas. Mediante supressão da vegetação nativa, impermeabilização do solo, adensamento populacional, emissão de poluentes, entre outros, a urbanização altera o ambiente natural e a qualidade de vida e tem como um dos seus maiores impactos: a formação de um clima urbano. (DUMKE; MENDONÇA, 2017, p.52)

Contudo, é importante enfatizar que conhecer o processo de crescimento da cidade, desde os seus primórdios até a atualidade, compreender seu papel em relação a região na qual está inserida e observar quais os potenciais a se desenvolver (JUSTIN *et. al*, 2019), podem aprimorar o planejamento urbano, afinal, a função de se idealizar espaços é, justamente, para minimizar conflitos e garantir eficiência não só de seus usos, como também de sua relação com espaços já consolidados e para com aqueles que venham a ser implantados (DUMKE; MENDONÇA, 2017).

Outro aspecto importante que tem o objetivo de ordenar o desenvolvimento urbano são os de caráter regulatório, cujas orientações especifiquem as peculiaridades locais – a, pelo menos, nível de bairro ou macrorregiões (ROSSI, 2012; LIMA, 2016; MARRA, 2017 e QUERINO, 2017) – e definam percentuais mínimos de áreas e suas funções, levando em consideração aspectos de orientação geográfica, microclimas e até de saúde humana, elaborados com embasamento empírico que sustente tais resoluções, pois a criação de instrumentos de forma aleatória leva a diretrizes genéricas e tendem a não cumprir com seu real propósito.

No que concerne ao planejamento urbano, pesquisas que desenvolvam orientações sobre questões gerais como aspectos climáticos, infraestrutura básica, zoneamento de uso do solo, limitações de gabarito por zonas, guias para empreendimentos de grande impacto ambiental, e até questões voltadas à salubridade humana, tem o papel primordial de subsidiar a elaboração de regulamentos que possam ajudar a manter o ordenamento do solo urbano e reduzir as implicações sobre os temas ambientais e da saúde humana. Segundo Amato-Lourenço *et.al* (2016):

O desenvolvimento das grandes metrópoles é fundamentado na condensação de processos sociais e espaciais, em que a não priorização da dimensão humana deu origem a padrões urbanísticos inadequados e consolidados por um planejamento desestruturado, em contraponto às dinâmicas de um modelo urbano mais sustentável. (AMATO-LOURENÇO *et.al*, 2016, p. 113)

Dessa forma, busca-se contribuir com desenvolvimento urbano através de estudos prévios que permitam conceber a construção/implantação de espaços citadinos mais saudáveis, principalmente no que concerne as características ambientais, adequando o espaço habitado aos meios naturais. Conforme a produção científica destina-se a apoderação da realidade com o objetivo de compreendê-la e, a posteriori, consubstanciar transformações, as questões acerca das configurações das áreas verdes urbanas envolve grandes vertentes práticas. Nesse cenário, a elaboração de estudos sobre planejamento urbano e áreas verdes

faz parte do processo de transformação das cidades, garantindo assim, a conformação dos espaços arquitetônicos, urbanísticos e paisagísticos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar o desempenho higrotérmico de áreas verdes urbanas como fator condicionante do comportamento climático, em escala de abordagem microclimática, a partir dos parâmetros de distribuição espacial e cobertura vegetal em cidade de clima semiárido, considerando dias típicos dos períodos quente e seco e quente e úmido, tomando a cidade de Arapiraca (AL) como objeto de estudo.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos listados para o desenvolvimento desse trabalho são:

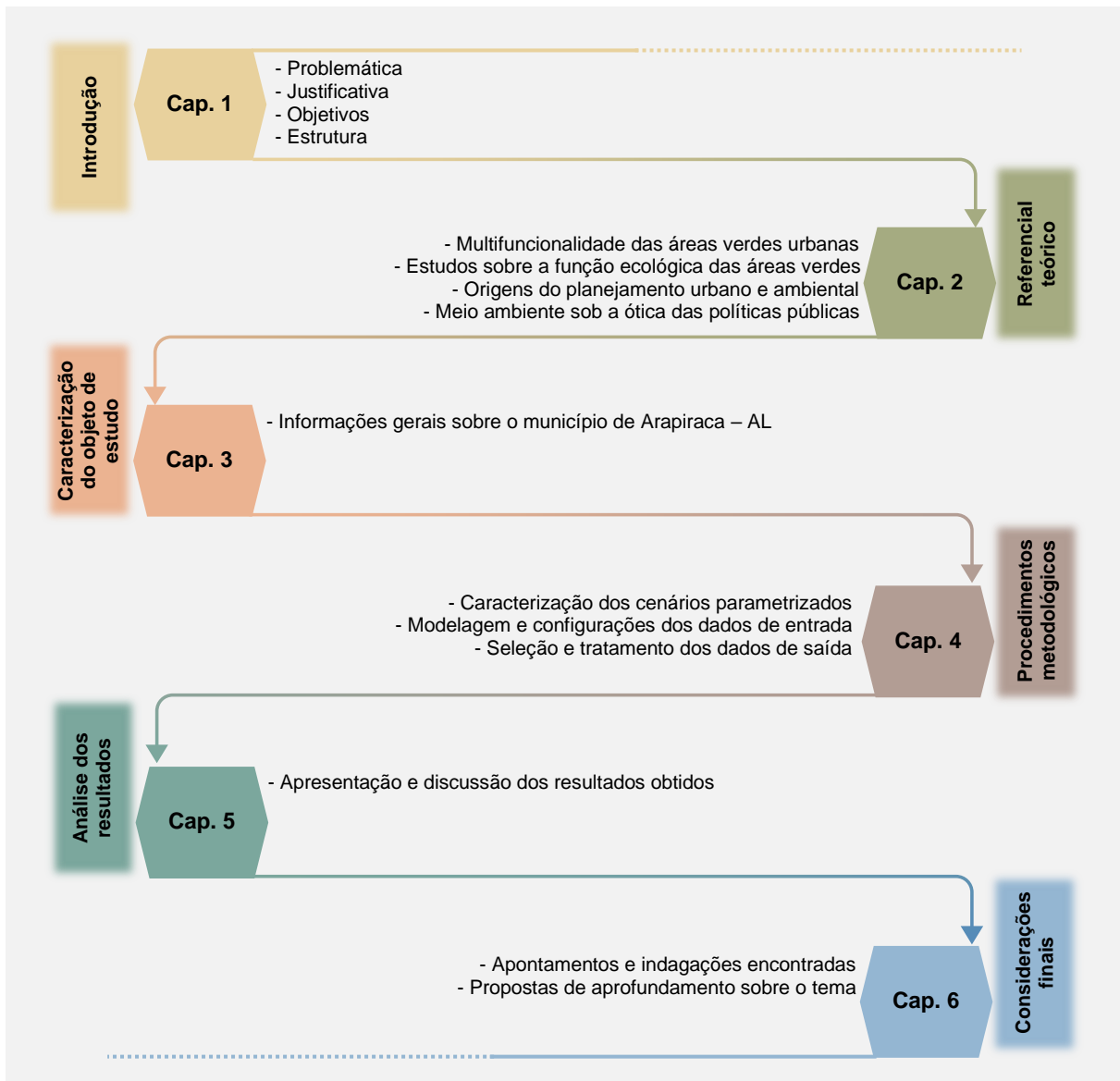
- ❖ Compreender a influência das áreas verdes no comportamento microclimático urbano;
- ❖ Identificar os padrões de espacialização das áreas verdes nos loteamentos presentes em Arapiraca-AL, no período de 1962 a 2018;
- ❖ Analisar o potencial preditivo do software ENVI-Met 4.0 na simulação computacional de áreas verdes urbanas;
- ❖ Analisar o comportamento de diferentes distribuições espaciais de áreas verdes em uma gleba;
- ❖ Analisar, de forma comparativa, o comportamento higrotérmico de áreas verdes quanto a três formas de cobertura: com arborização, com solo gramado e com solo exposto.

### **1.1.3 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo corresponde a uma breve introdução ao tema da pesquisa, apresentando os objetivos propostos para o trabalho. O segundo capítulo mostra os conteúdos referenciais teórico-conceituais seguidos para o desenvolvimento da pesquisa, abordando os aspectos relacionados a multifuncionalidade das áreas verdes urbanas, apresenta estudos sobre a função ecológica das áreas verdes, as origens dos processos de planejamento urbano e ambiental, e finaliza apresentando como o meio ambiente é visto pelas políticas públicas nos diferentes níveis governamentais.

Já o terceiro capítulo apresenta informações gerais sobre o objeto de estudo (o município de Arapiraca-AL), enquanto o quarto capítulo descreve os procedimentos

metodológicos seguidos na pesquisa, desde a caracterização dos cenários parametrizados, mostrando a modelagem e configurações de entrada necessárias no software de simulação, bem como a seleção e tratamento dos dados de saída das simulações. O quinto capítulo aponta os resultados obtidos e análises gerais sobre os mesmos e, por fim, o sexto capítulo expõe as considerações finais, apontando indagações encontradas e propostas de aprofundamento sobre as temáticas analisadas. A Figura 1 ilustra a estrutura do trabalho.



**Figura 01 – Esquemática da estrutura da dissertação**  
Fonte: a autora.

## 2. O AMBIENTE URBANO E AS ÁREAS VERDES

Neste capítulo, são apresentados os conteúdos referenciais teórico-conceituais adotados para o desenvolvimento da pesquisa, no qual são abordados os aspectos relacionados a multifuncionalidade das áreas verdes urbanas, apresentando estudos sobre a função ecológica das áreas verdes, bem como um breve relato acerca das origens dos processos de planejamento urbano e ambiental relacionados às políticas públicas nos diferentes níveis governamentais.

### 2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FUNÇÃO PÚBLICA DAS ÁREAS VERDES

Diante de inúmeros estudos relacionados às áreas verdes urbanas, é possível constatar a diversidade de denominações e conceitos utilizados para definir esses espaços. Os mais usados são *áreas verdes*, *áreas livres*, *espaços verdes*, *área verde pública* e *praças*.

Nas legislações, o conceito de *área verde* também não é preciso. Existem leis orgânicas que costumam considerar mais de uma tipologia dentro de apenas um conceito, considerando uma praça ou um canteiro central entre vias como área verde, por exemplo, como se não houvesse qualquer distinção entre as características desses espaços. Dessa forma, nota-se a desordem de termos, conceitos e das suas aplicações nos municípios brasileiros, gerando um efeito em cadeia iniciado pela ineficiência das gestões que leva a decadência das áreas verdes urbanas.

Segundo Braz (2018), *áreas verdes* são espaços de propriedade pública ou privada que possuem o objetivo de preservar a arborização, estabelecer áreas de proteção ou para composição estética da paisagem urbana. Para Lima et. al (1994) (apud BRAZ, 2018), áreas verdes devem ser hierarquizadas por sua tipologia (de acesso público, possivelmente coletivo ou privado) e/ou categorias e não serem generalizadas. Para o autor, áreas verdes devem possuir o predomínio de vegetação arbórea, elementos mais comuns em praças, jardins públicos e parques urbanos; como os canteiros centrais entre vias também podem receber vegetação arbórea, mesmo sua função sendo voltada apenas para a estética e ecologia, devem ser considerados também como área verde; já as árvores presentes nos passeios de pedestres, não devem ser consideradas como tal.

Ao mesmo tempo que os espaços naturais são alterados em decorrência do processo de gênese e, principalmente, pelo crescimento das cidades, é possível encontrar/criar simulacros desses espaços mesclados à paisagem urbana. Porém, a depender dos mecanismos utilizados para a implantação desses ambientes – e outros fatores como cultura, políticas públicas, etc. -, esses ambientes possuem configurações distintas, podendo

apresentar, não somente características projetuais diferentes, como também formas de utilização e conservação díspares. Com isso, vê-se que:

(...) os primeiros indícios nos indicam o enfraquecimento do significado dos espaços urbanos tradicionais de encontro, dos espaços públicos. Em contrapartida, estaria ocorrendo certa privatização da cidade, em que os espaços de vivência estariam sendo associados a espaços particulares, de caráter coletivo e gestão privada (BENFATTI et. al., p. 36, 2010).

Sobre o aspecto urbanístico, foi a ideia de “oposição” entre as esferas pública e privada que tituló os espaços públicos sob seu uso, porém sem apropriar-se da conotação que o termo “espaço público” possuía: para o urbanismo, as ruas, praças e parques são os que melhor se aproximam do termo. Somente após a Carta de Atenas, outros ambientes foram introduzidos, tais como áreas verdes, planos abertos, instalações de uso comum a sociedade, espaços de lazer, etc., causando diversas interpretações sobre o que de fato é domínio público e privado (BENFATTI et. al., 2010). Segundo Huet (apud BENFATTI et. al., 2010), anterior a Carta, os espaços de domínio público serviam de arcabouço para os espaços privados, ordenando os elementos arquitetônicos; posterior a mesma, o urbanismo moderno os decompõe em espaços residuais.

É notório que tais balizamentos transformam não só o desenho desses espaços, como também suas formas de uso, dando-lhes espaços para abrigar a vida pública frente a vida recorrente dos cidadãos. Segundo Ascher (apud BENFATTI et. al., p. 39, 2010), os transeuntes “em suas atividades e suas interações, podem caracterizar e diferenciar a esfera pública da esfera privada”. Assim, segundo Benfatti (2010):

Nas situações metropolitanas contemporâneas, o coletivo assume de forma cada vez mais frequente o caráter de (uso) público, exprimindo certa privatização da cidade. Nesse contexto, é preciso questionar tanto o significado quanto a concepção dos espaços onde se desenvolve a vida pública, ou seja, onde se expressa de fato a esfera da vida pública. Por extensão, também devem ser colocados sob análise os espaços hoje destinados por lei como locus da vida pública (BENFATTI et. al., p. 40, 2010).

É importante lembrar as várias definições de espaços livres e como isso relativiza os assuntos concernentes aos espaços públicos. Segundo Magnoli (apud HANNES, 2016), espaço livre ou aberto é qualquer espaço não edificado ou sem urbanização destinado ou propício a intervenções de arquitetos paisagistas, sejam eles públicos ou privados, cujos exemplos mais comuns são:

(...) ruas e calçadas, parques e praças, quintais residenciais, áreas livres de lazer em condomínios, recuos de construções, pátios internos, estacionamentos descobertos, terrenos baldios, rios, áreas verdes e outros (HANNES, p. 123, 2016).

Adotando como foco as áreas verdes, vê-se que esses espaços possuem grande potencial à multifuncionalidades, principalmente no que concerne as funções ecológica e social. À primeira, estão aspectos relacionados a amenização do rigor térmico e sensação de

conforto ao nível do usuário (através de alterações no microclima), reabastecimento dos lençóis freáticos por meio da absorção das águas pluviais (ampliando pontos de drenagem natural na malha urbana), entre outros; à segunda, cabe subsidiar o convívio pública, a reprodução social, garantindo espaços à esfera pública geral.

Partindo do pressuposto que os espaços públicos são ambientes de interação social, verifica-se a importância de salientar que é na esfera pública que a subjetividade do indivíduo se expande, levando ao fenômeno da sociabilização. Apesar do cerne da esfera pública ser o indivíduo, elemento chave – a força motriz – para se viver em sociedade, faz-se necessário a existência das interações sociais.

As interações sociais surgem quando uma necessidade privada passa a ser de interesse de vários seres, gerando espaços de sociabilização. Nos centros urbanos, as áreas públicas são comumente utilizadas para essa finalidade, tornando-se espaços de arena pública para os debates das grandes questões da existência humana – esfera pública pura, em sua essência – espaços estes imprescindíveis para garantir as mediações sociais. Com o tempo, vê-se certa tentativa de padronização desses espaços, sem considerar que cada lugar tem sua configuração baseada nos indivíduos que o utilizam e que alterações mexem na caracterização histórica do lugar. Segundo Queiroga (p. 28, 2011), “Não há um tipo único ou ideal de sistema pois cada lugar urbano possui características específicas de formação histórica, características socioeconômicas e de relacionamento com o suporte biofísico”.

É notório que em áreas verdes urbanas ocorrem desde encontros casuais até eventos multiculturais, dando a esses espaços a qualidade de oferecer lazer, repouso, diversão para crianças e esporte aos praticantes de qualquer faixa etária. O convívio em comunidade é possível por meio dessas interações sociais, relacionadas diretamente com a função social de tais espaços (HANNES, 2016). Todavia, o processo de apropriação social desses espaços evolui como uma resposta a assimilação privada da cidade, como uma democratização urbana que permite a gênese do espaço público como núcleo cívico de encontro, de sociabilidade, entre uma diversidade de grupos e culturas com interesses, direitos e deveres comuns (BORJA, 2006; SILVA, 2017).

Dessa forma, as áreas verdes possuem como característica garantir as interações sociais entre indivíduos e destes com a natureza, respeitando o direito do outro e busca suspender – mesmo que temporariamente – as diferenças sociais tão enraizadas na sociedade moderna. A qualidade da infraestrutura desses espaços tem papel fundamental nessas interações, uma vez que a presença de equipamentos e mobiliários adequados são elementos importantes e úteis nestes espaços. Dessa forma, espaços públicos de qualidade favorecem a manutenção e ocorrência de atividades sociais, gerando dinamismo urbano.

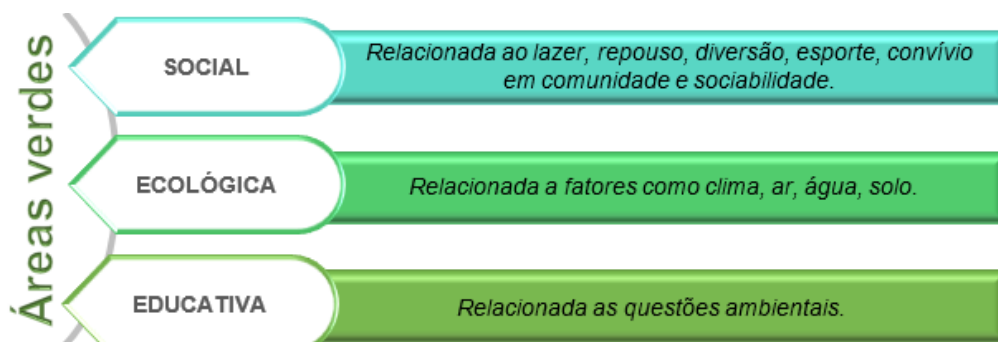
## 2.2 RELAÇÃO DAS ÁREAS VERDES COM O CONFORTO TÉRMICO URBANO

A existência de áreas verdes nas grandes cidades e sua relação com o conforto térmico urbano foi objeto de diversos estudos. Segundo Bargas e Matias (2011) a conservação das áreas verdes sempre foi ancorada em seu potencial de melhorar a qualidade ambiental das cidades, cuja presença acaba interferindo diretamente nas características urbanas e no que concerne à sua relação com os habitantes através de funções (sociais, estéticas e/ou educacionais), pois a presença das áreas verdes buscam apaziguar as consequências negativas do processo de urbanização, afirmando ainda que, para as áreas verdes cobrirem tais funções, faz-se necessário que as mesmas estejam devidamente conservadas e implementadas.

Segundo Braz (2018), as questões relacionadas as áreas verdes urbanas são estudadas e soluções são propostas por diversos profissionais, porém ainda não são assunto de grande importância por parte das equipes de gestão política. O impacto da construção civil nos meios naturais gera consequências diretas no espaço urbano onde, de acordo com Cox (2008, apud BRAZ, 2018):

Uma das mais importantes modificações associadas à urbanização é a alteração das características térmicas da superfície, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes. Tais materiais aumentam a absorção de energia bem como a impermeabilização da superfície. Além disso, o aumento da rugosidade urbana altera os padrões de circulação do ar. E as atividades antrópicas, por sua vez, modificam a atmosfera urbana pela adição de calor e material particulado (COX, 2008, p. 1 apud BRAZ, 2018, p. 3).

Diante dos apontamentos de Mascaró & Mascaró (2010) (apud VEIGA, MATTA & VEIGA, 2017) é possível sintetizar – sem haver qualquer essência hierárquica – as várias funções possíveis para as áreas verdes urbanas e determinar suas relações com os usuários desses espaços e a cidade como um todo (figura 02).



**Figura 02 – Síntese das funções das áreas verdes**  
Fonte: a autora.

Além disso, as áreas verdes possuem importantes papéis na sociedade moderna: autopreservação, fornece lazer e, principalmente, ampliar a qualidade de vida da população das grandes cidades. A relação dos índices de áreas verdes de uso público e o número total de habitantes - um dos critérios utilizados na identificação da qualidade ambiental do meio



citadino - deve ser equilibrada e estrategicamente qualificada para as funções necessárias, pois só atingirão bons níveis de desempenho a partir de projetos e táticas bem formuladas pelos órgãos competentes (MAZZEI, *et.al.* 2007; TOLEDO, SANTOS, 2008).

Outra função das áreas verdes está relacionada ao fato de que as mesmas promovem equilíbrio na temperatura ambiente, umidade do ar e sombra nos dias ensolarados, garantindo ambientes urbanos mais saudáveis. Como a paisagem urbana progride gradativamente para um cenário onde as áreas verdes são suprimidas e porções de solo são cada vez mais impermeáveis, verifica-se expressiva influência na qualidade do conforto térmico em espaços externos, uma vez que o principal ganho de calor nos centros urbanos seja através da radiação solar. Desse modo, a arborização urbana pode ser considerada como um aspecto natural que compõe o ecossistema urbano e deve integrar os processos de planejamento urbano das cidades, pois sua presença garante qualidade de vida à população (PERES, *et.al.* 2013; SALES, CANDIAN, 2012).

Um estudo realizado na Holanda por Maas *et. al* (2006), com 250.782 pessoas, mostrou a relação entre a saúde auto avaliada dos usuários e a presença de áreas verdes em um raio de até 3 km de distância de suas residências. Os entrevistados mensuraram sua saúde numa escala com as seguintes categorias: *muito bom / bom / nem bom nem ruim / ruim / muito ruim*. Segundo o estudo, o número de pessoas que apontou sua saúde como *muito bom* ou *bom* residiam num raio de proximidade maior com as áreas verdes, ou seja, o percentual de espaços verdes na vida das pessoas tem uma associação positiva direta com a saúde geral percebida dos residentes e, segundo os autores do estudo, o desenvolvimento do espaço verde deve receber uma posição mais central na política de planejamento espacial (MAAS *et. al*, 2006).

Um estudo utilizando o software ENVI-met, sobre diferentes configurações espaciais de áreas verdes urbanas e qual a melhor opção de vegetação a ser utilizada para se conseguir o amortecimento da temperatura do ar a nível do usuário, foi realizado usando o local do antigo aeroporto de Berlim, próximo ao centro da cidade como objeto de estudo. Sodoudi *et. al.* (2018) criaram 25 cenários hipotéticos, utilizando a área do aeroporto desativado, com configurações espaciais e de vegetação distintas e os resultados simulados mostraram que o grau de fragmentação, a complexidade da forma de distribuição das áreas verdes, orientação do cinturão verde em relação aos ventos e o tipo de vegetação (arbóreo, arbustivo ou gramínea), trazem efeitos de resfriamento diferentes na área circundante, principalmente no horário de maior temperatura do ar registrado na pesquisa (às 14:00 horas). Segundo os autores, o efeito de sombreamento é o fator condicionante para os resultados obtidos, tanto no resfriamento da temperatura do ar quanto dos resultados referentes ao conforto térmico humano.

É importante ressaltar que, o papel das áreas verdes nas cidades apresenta-se diretamente proporcional à espacialização, quantidade e qualidade desses espaços (GUZZO; SCHIAVETTI, 2002 apud VEIGA, MATA & VEIGA, 2017) e que para serem analisados, faz-se necessário a criação de referências, como índices de áreas verdes públicas ou de cobertura vegetal relacionados a área total do município ou bairro (VEIGA-MATA; VEIGA, 2017).

Baseando-se nos resultados de 24 estudos sobre 125 parques urbanos, Boyler et.al (2010, apud MINELLA; KRUGER, 2017) constatou que os arranjos e disposições das árvores estão relacionados à extensão dos efeitos amortizadores, além da redução média de 0,94°C na temperatura do ar nas áreas verdes quando comparadas ao entorno imediato (MINELLA; KRUGER, 2017). Outros estudos apontam redução da temperatura do ar de até 4°C na comparação entre áreas abaixo de agrupamentos de árvores de copa densa e áreas com exposição direta à radiação solar (COHEN; POTCHTER; MATZARAKIS, 2012; MASCARÓ, 1996 apud MINELLA; KRUGER, 2017).

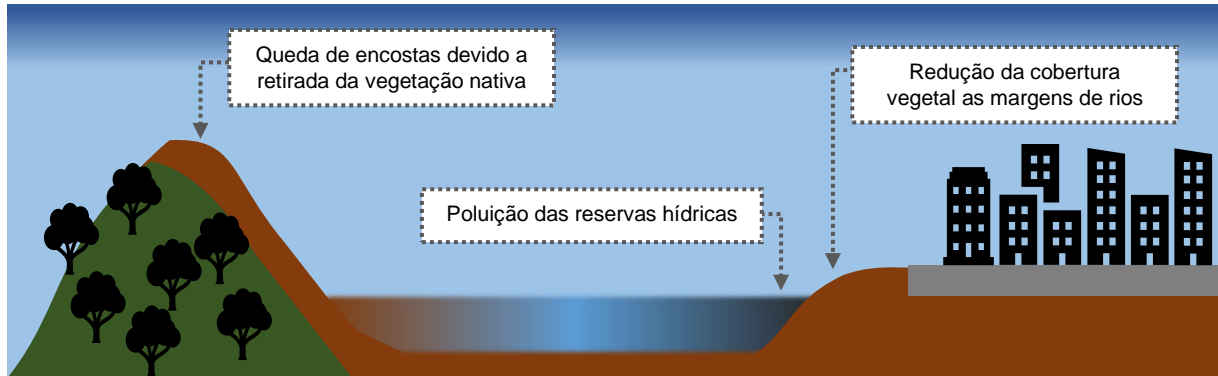
É possível encontrar estudos que apontam que a “cobertura vegetal arbórea” (CVA) de uma área verde pode ser calculada a partir do chamado “índice de áreas verdes” (IAV) (HARDER et al, 2006; LUCON et al, 2013; ANDRADE, 2010; SANTOS, 2018). Trata-se de um indicador, apresentado em metro quadrado, que considera o somatório das áreas verdes dividido pelo número de habitantes da área urbana na qual as áreas verdes estão inseridas. Como este trabalho utiliza-se de cenários parametrizados, a metodologia aplicada pelo IAV não atenderia as necessidades do mesmo, uma vez que, apesar de definir o número de edificações por cenário, o número de habitantes possível no mesmo pode variar por diversas circunstâncias, levando a uma análise genérica.

Outra metodologia aplicada em estudos está relacionada as taxas de permeabilidade do solo e cobertura vegetal que apontam um percentual mínimo de 70% de cobertura vegetal (CAVALHEIRO et al, 1999; GUZZO, 2006; MORERO et al, 2007; BARGOS, 2010). Segundo os estudos de Silva (2018):

Frente a estas considerações, (...) Nucci (2008) afirma que uma área só deve ser identificada como verde se esta, cumprir funções estética, ecológica e de lazer, além de predominância de espaços plantados, cobertura vegetal e solo permeável que devem ocupar, segundo sua concepção, no mínimo 70% do terreno avaliado (SILVA, 2018, p. 30).

Dessa forma, é correto pensar que a multifuncionalidade das áreas verdes é um reflexo da organização do espaço urbano e, segundo Cavalheiro e Del Picchia (1992), as cidades são constituídas, em sua essência, de espaços de influência mútua urbana, espaços com edificações e espaços livres e que, assim, pressupõe-se a existência de certa proporcionalidade ideal entre estes usos, adaptada pelas legislações de cada país.

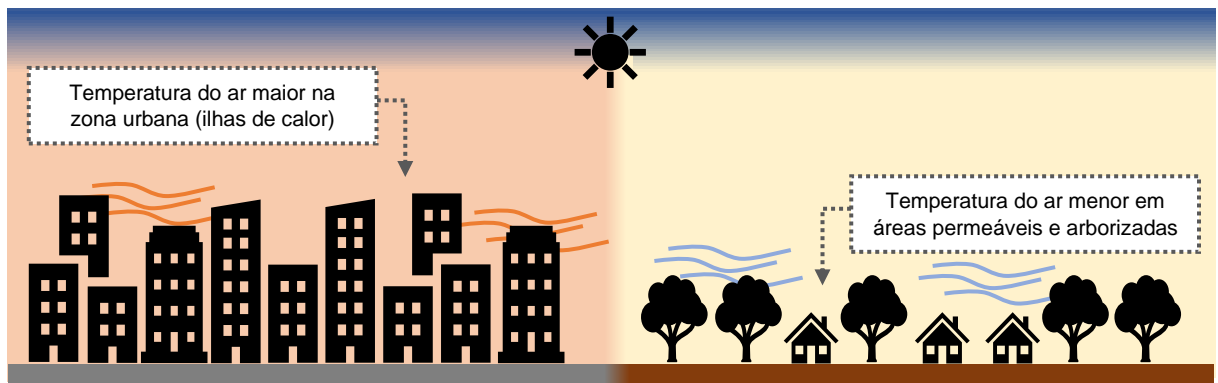
As alterações ocorridas na paisagem natural de cada lugar possibilitam analisar os problemas urbanos que surgem das ações antrópicas. A redução das áreas verdes urbanas e o aumento das áreas impermeáveis promovem a queda de encostas, poluição das reservas hídricas, diminuição da cobertura vegetal em áreas de vale e margens de rios, entre outros problemas urbanos (VEIGA, 2008 *apud* VEIGA, MATTA & VEIGA, 2017) (figura 03).



**Figura 03 – Ilustração de problemas ambientais causados pela retirada da vegetação de encostas e margens de rios**

Fonte: a autora.

Outra consequência dessas alterações é a formação de ilhas de calor urbano, uma vez que, quanto maior a presença de espaços impermeabilizados – comuns na construção de condomínios e terminais rodoviários, por exemplo – maior será a quantidade de energia solar absorvida e, conseqüentemente, aquecendo as áreas urbanas (SANTOS, 2007 *apud* VEIGA, MATTA & VEIGA, 2017) (figura 04).



**Figura 04 – Ilustração representando a diferença de temperatura do ar entre a zona urbana e a zona rural**

Fonte: a autora.

Sistemas de vegetação arbóreo reduzem o efeito de ilhas de calor a partir do sombreamento e do processo de evapotranspiração, quando planejados com o objetivo de promover qualidade ambiental ao espaço no qual será inserido (LIVESLEY; MCPHERSON; CALFAPIETRA, 2016 *apud* SOUZA et.al, 2019). É através da presença das sombras que as árvores reduzem o consumo de energia pois evitam o armazenamento de calor nos diversos materiais construtivos, protegem as pessoas dos raios solares e promovem sensação de frescor às mesmas (GARTLAND, 2008 *apud* SOUZA et.al, 2019).

Partindo dessa premissa, Alvarez (2004) afirmou que no processo de planejamento urbano das cidades, um levantamento e diagnósticos da presença de vegetação pode subsidiar planos de ação para a implantação de áreas verdes, uma vez que esse elemento pode ser considerado frágil e facilmente corrompido pelas ações antrópicas que são impulsionadas pelo adensamento populacional e expansão urbana. Afirmou ainda que, para garantir suas funções, é preciso qualificar e relacionar as áreas verdes, mantendo-as nas cidades de forma homogênea e adequadamente projetadas para cada realidade, levando sempre em consideração fatores condicionantes como a região, local de implantação, tipo de usuários, etc. Contudo, essa implantação de espécies vegetais não deve ser feita de maneira aleatória. Segundo Braz (2018), as áreas verdes devem possuir o predomínio de vegetação arbórea, elementos mais comuns em praças, jardins públicos e parques urbanos; como os canteiros centrais entre vias também podem receber vegetação arbórea, mesmo sua função sendo voltada apenas para a estética e ecologia, devem ser considerados também como área verde.

Logo, no que concerne às áreas verdes urbanas, a presença de vegetação na cidade é um dos fatores condicionantes que mais contribuem para minimizar problemas ambientais urbanos, seja ela de porte arbóreo, arbustivo ou rasteiro. Devem estar distribuídos de forma equilibrada pelo tecido urbano para proporcionar sombreamento, controle de ruídos, filtragem e dispersão de poluentes, redução da velocidade dos ventos, prevenção de erosões, proteção solar, redução das temperaturas urbanas através da evapotranspiração e retenção da umidade do solo e do ar.

### **2.3 A URBANIZAÇÃO E O PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO**

O interesse com o desenvolvimento econômico dos países sempre norteou as principais estratégias do poder público, fortemente apoiado pelo setor privado que buscava maiores lucros em detrimento de qualquer outro aspecto. Todavia, os benefícios financeiros adquiridos pelas indústrias não garantiam equidade de benfeitorias para a sociedade como um todo, como viu-se claramente no período da Revolução Industrial: trabalhadores em condições subumanas e cidades em crescente processo de deterioração.

Com isso, observou-se a necessidade de mudança nos padrões de produção e consumo, levantando a questão da sustentabilidade das cidades. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, ocorrida em 1972 na cidade sueca de Estocolmo foi um forte marco no que concerne a ecopolítica<sup>1</sup> mundial, trazendo uma nova dinâmica para os países desenvolvidos e diretrizes gerais para os emergentes (PASSOS, 2009).

---

<sup>1</sup> Termo utilizado por Philippe Le Prestre em: LE PRESTRE, Philippe. **Ecopolítica Internacional**. Tradução: Jacob Gorender. 2ª ed. São Paulo: SENAC, 2005. p. 174-175. (apud PASSOS, 2009).

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou as discussões sobre o tema no documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum)<sup>2</sup>, com um conteúdo crítico ao modelo de desenvolvimento seguido pelas nações, além de elucidar as ameaças da falta de controle sobre o uso dos recursos naturais (MARTINS, VIEIRA & BECKER, 2018). No relatório, a Comissão define *desenvolvimento sustentável* como “desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (ONU, 1987 *apud* MARTINS, VIEIRA & BECKER, 2018).

O relatório gerou muitos debates sobre o assunto e, em 1992, a cidade do Rio de Janeiro foi sede do que muitos estudos apontam como maior evento sobre o tema. Conhecida como *Cúpula da Terra*, a Conferência Rio-92 tratou sobre “a relação entre o meio ambiente e o desenvolvimento, e a necessidade imperativa para o desenvolvimento sustentável foi vista e reconhecida em todo o mundo” (ONU, 2018).

Com o documento conhecido como *Agenda 21*, os líderes estabeleceram instruções de ação<sup>3</sup> direta para evitar a continuidade de um sistema de crescimento econômico insustentável, abordando modelos desenvolvimentistas que acarretam danos aos ecossistemas, tais como: “pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento; padrões insustentáveis de produção e consumo; pressões demográficas e a estrutura da economia internacional.”, entre outras (ONU, 2018).

Observando-se a necessidade de revisar os resultados obtidos a partir implementação das recomendações da Rio-92, a ONU organizou a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, ocorrida em Joanesburgo em 2002. Após dez anos, com o conceito de desenvolvimento sustentável mais consolidado e difundido, avanços do conhecimento científico e tecnológico, fortalecimento das legislações ambientais e maior envolvimento do setor privado e da sociedade civil demonstravam a solidez necessária para se colocar em prática as diretrizes acordadas na Agenda 21 (SILVA, 2011).

Na ocasião do septuagésimo aniversário da Organização das Nações Unidas, em 2015, um plano de ação foi elaborado por representantes dos seus 193 Estados-membros que se reuniram na sede da organização em Nova York. O documento chamado de *Agenda 2030*, contém 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que integram “de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a economia, a social e a ambiental.”, ou seja, trata-se de uma declaração “sobre meios de implementação e de parcerias globais, bem como de um roteiro para acompanhamento e revisão. Os ODS são

---

<sup>2</sup> Também conhecido como *Relatório Brundtland*, em referência ao nome da então primeira-ministra da Noruega, Dra. Gro Harlem Brundtland.

<sup>3</sup> “As áreas de ação incluem: proteger a atmosfera; combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos.” (ONU, 2018).

o núcleo da Agenda e deverão ser alcançados até o ano 2030.” (AGENDA, 2015). Os 17 ODS<sup>4</sup> são intitulados e descritos no Quadro 01:

 <p><b>1</b> ERRADICAÇÃO DA POBREZA</p>	<p><b>1. Eradicação da pobreza:</b> Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.</p>	 <p><b>10</b> REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES</p>	<p><b>10. Redução das desigualdades:</b> Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.</p>
 <p><b>2</b> FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL</p>	<p><b>2. Fome zero e agricultura sustentável:</b> Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.</p>	 <p><b>11</b> CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS</p>	<p><b>11. Cidades e comunidades sustentáveis:</b> Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.</p>
 <p><b>3</b> SAÚDE E BEM-ESTAR</p>	<p><b>3. Saúde e bem-estar:</b> Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.</p>	 <p><b>12</b> CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS</p>	<p><b>12. Consumo e produção responsáveis:</b> Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.</p>
 <p><b>4</b> EDUCAÇÃO DE QUALIDADE</p>	<p><b>4. Educação de qualidade:</b> Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, promovendo oportunidades de aprendizagem para todos.</p>	 <p><b>13</b> AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA</p>	<p><b>13. Ação contra a mudança global do clima:</b> Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos</p>
 <p><b>5</b> IGUALDADE DE GÊNERO</p>	<p><b>5. Igualdade de gênero:</b> Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.</p>	 <p><b>14</b> VIDA NA ÁGUA</p>	<p><b>14. Vida na água:</b> Conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.</p>
 <p><b>6</b> ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO</p>	<p><b>6. Água potável e saneamento:</b> Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos.</p>	 <p><b>15</b> VIDA TERRESTRE</p>	<p><b>15. Vida terrestre:</b> Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra.</p>
 <p><b>7</b> ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA</p>	<p><b>7. Energia acessível e limpa:</b> Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.</p>	 <p><b>16</b> PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES</p>	<p><b>16. Paz, Justiça e Instituições eficazes:</b> Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas.</p>
 <p><b>8</b> TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO</p>	<p><b>8. Trabalho decente e crescimento econômico:</b> Promover o crescimento econômico sustentável e inclusivo, o emprego pleno, produtivo e decente.</p>	 <p><b>17</b> PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO</p>	<p><b>17. Parcerias e meios de implementação:</b> Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.</p>
 <p><b>9</b> INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA</p>	<p><b>9. Indústria, inovação e infraestrutura:</b> Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.</p>	 <p><b>OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b></p>	

**Quadro 01 – Descrição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030**

Fonte: a autora.

<sup>4</sup> Descrição geral das ODS. Os textos completos e ilustrações de cada ODS podem ser acessados em: <[http://www.agenda2030.com.br/os\\_ods/](http://www.agenda2030.com.br/os_ods/)>

Como forma de reafirmar os compromissos anteriores<sup>5</sup> e promover o fortalecimento dos 17 ODS – principalmente ao número 11, que abrange a temática da *cidade sustentável* – a terceira Conferência das Nações Unidas para Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável, ocorrida em 2016 na cidade de Quito, adotou o documento chamado *Nova Agenda Urbana*. Trata-se, de maneira geral, de “um instrumento fundamental para governos nacionais, subnacionais, locais e todos os atores relevantes viabilizarem a consecução do desenvolvimento urbano sustentável.” (ONU, 2016).

Assim, as referências direcionadas para aplicação de políticas em diversas escalas encontram-se disponíveis como forma de subsidiá-las, sendo de suma importância a existência de instrumentos envolvidos para com a sustentabilidade local, de forma a garantir benefícios para melhorar a qualidade de vida humana e o desenvolvimento econômico cidadão.

#### 2.4 MEIO AMBIENTE SOB A ÓTICA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Com base nos acordos anteriormente citados, cabia aos líderes governamentais de cada país a função de estabelecer as diretrizes em forma de leis. No Brasil, nos últimos anos da ditadura militar, o governo de João Figueiredo (1979-1985) criou a Lei Federal nº 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental tem como objetivo geral<sup>6</sup>:

(...) a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (...) (BRASIL, 1981).

Dentre os seus princípios gerais dispostos no art. 2º, tem-se:

- I - Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II - Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III - Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - Acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - Recuperação de áreas degradadas;<sup>7</sup>
- IX - Proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X - Educação ambiental a todos os níveis do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente (BRASIL, 1981).

<sup>5</sup> Além da Agenda 2030, a Nova Agenda Urbana assumiu os compromissos adotados no Acordo de Paris, na Agenda 21, na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Social (Declaração de Copenhague), na Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), entre outras.

<sup>6</sup> Os objetivos específicos são descritos no art. 4º da referida Lei.

<sup>7</sup> Este princípio possui regulamentação específica, descrita no Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989.

Segundo redação do art. 5º, as diretrizes da PNMA “serão formuladas em normas e planos, destinados a orientar a ação dos Governos da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios” (BRASIL, 1981). Em seu parágrafo único, a redação afirma que “as atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da PNMA.”, porém é possível observar que, não raramente, leis de abrangência municipal são reformuladas para se adequar aos interesses empresariais ou ainda, que as empresas preferem pagar multas ao invés de adequar seus projetos as normas vigentes.

O problema encontra-se no fato de que o pagamento de multas não desfaz os danos ambientes decorrentes da implantação do empreendimento, ferindo os princípios gerais dispostos no art. 2º. Apesar do inciso VIII do art. 2º especificar a “recuperação de áreas degradadas” como um dos seus princípios gerais, a extensão das áreas é, muitas vezes, usada como justificativa para adiar ao máximo o processo de recuperação da mesma, gerando problemas ambientais em efeito cascata e impunidade aos responsáveis. Com o estabelecimento da Constituição Federal de 1988, a questão do meio ambiente foi brevemente descrita no artigo 225, em seis parágrafos e sete incisos<sup>8</sup>. O artigo institui que:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Posteriormente a Constituição, outras leis foram sancionadas de forma a orientar as temáticas urbanas e, dentre elas, as questões ambientais. Em 2001, a Lei Federal nº 10.257/2001 cria o *Estatuto das Cidades*, estabelecendo diretrizes gerais da política urbana e cita a temática ambiental sucintamente no art. 2º, incisos XII e XIII:

XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico.  
XIII – audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população. (BRASIL, 2008).

Concisa de maneira geral, a Lei Federal nº 13.089/2015 que define o *Estatuto da Metrópole* constitui orientações gerais sobre planejamento, gestão e execução das funções públicas de abrangência metropolitanas, além de preceitos gerais no que concerne ao desenvolvimento urbano integrado, fundamentados “nos incisos XX do art. 21, IX do art. 23 e I do art. 24, no § 3º do art. 25 e no art. 182 da Constituição Federal.” (BRASIL, 2015). No que tange as questões ambientais, apenas o art. 12º - §1º, inciso V cita:

<sup>8</sup> Os sete incisos existentes no §1º listam as competências do Poder Público, com o intuito de garantir o cumprimento do art. 225 da Constituição.



V - A delimitação das áreas com restrições à urbanização visando à proteção do patrimônio ambiental ou cultural, bem como das áreas sujeitas a controle especial pelo risco de desastres naturais, se existirem. (BRASIL, 2015).

Na Constituição do Estado de Alagoas, promulgada em 1989, em seu art. 2 afirma que é finalidade do Estado “VIII – proteger o meio ambiente, zelando pela perenização dos processos ecológicos essenciais e pela conservação da diversidade e da integridade das espécies.” (ALAGOAS, 2013). Todavia, em seu art. 12, delega aos cuidados dos Municípios a competência de “IV – desenvolver ações de proteção ao patrimônio histórico-cultural e ao meio ambiente, observadas as legislações e as atividades fiscalizadoras da União e do Estado.” (ALAGOAS, 2013).

O tema também é citado no Capítulo V, subdividido em duas seções<sup>9</sup>: na seção que relata diretamente do meio ambiente, dentro do art. 217, o inciso XII afirma caber ao Estado, em conjunto com a comunidade, “XII – definir a Política Estadual de Proteção Ambiental, criando as condições técnicas e jurídicas para a sua implantação, fiscalização e execução.” (ALAGOAS, 2013). No entanto, apesar do Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAM-AL) ter sido instituído em 1978<sup>10</sup> (SEMARH-AL, 2019), a Política Estadual de Proteção Ambiental ainda não foi elaborada.

No que concerne aos municípios alagoanos, apenas seis possuem Código Municipal de Meio Ambiente: a capital Maceió e as cidades de Rio Largo, Maragogi, Arapiraca, Penedo e Inhapi<sup>11</sup>. Notou-se que todos utilizaram a Lei 4548/1996 que institui o Código Municipal de Meio Ambiente de Maceió (MACEIÓ, 1996) como referência direta para estabelecer seus próprios códigos municipais, com poucas adequações do texto anteriormente citado às peculiaridades de cada município.

A prática mais comum nos municípios brasileiros consiste em criar as secretarias de forma a atender (em primazia, porém não generalista) apadrinhamentos políticos. Eventualmente, criam-se conselhos que são estruturados e reestruturados ao longo dos anos, cuja função de órgão consultivo, deliberativo e participativo fica em pausa devido à ausência de cobrança e envolvimento por parte dos órgãos superiores (prefeitura e secretarias) e da própria população.

Em um cenário estadual que apresenta apenas 5,88% dos seus municípios de posse de um dos mais importantes instrumentos no que tange a proteção e recuperação ambientais, deriva de um país cujo panorama não difere. Porém, é importante ressaltar que outros formatos de políticas municipais são adotados mais comumente. Segundo o IBGE (2005)

<sup>9</sup> Seção I: da proteção do meio ambiente. Seção II: dos recursos hídricos.

<sup>10</sup> Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAM-AL) instituído pela Lei Nº 3.859, de 3 de maio de 1978 e estruturado pela lei Nº 3.989, de 13 de dezembro de 1978.

<sup>11</sup> Ver (ARAPIRACA, 2001), (INHAPI, 2017), (MARAGOGI, 2017), (PENEDO, 2016) e (RIO LARGO, 2006).

(apud ÁVILA, MALHEIROS, 2012), enquanto que na escala nacional, apenas 17% dos municípios utilizam-se do Código Municipal de Meio Ambiente como forma de legislação local, as disposições referentes as questões ambientais na esfera municipal podem estar presentes nas Leis Orgânicas e Planos Diretores, presentes em 81% e 13% das cidades, respectivamente.

Outro importante instrumento para ordenação dos municípios é a lei que gerencia o uso e ocupação do solo, que especifica diretrizes e princípios gerais para a melhor apropriação do espaço urbano e, dessa forma, pode auxiliar o processo de desenvolvimento dos municípios. Todavia, para que esse objetivo seja alcançado, faz-se necessário que as gestões elaborem tais orientações de maneira específica, sempre considerando as peculiaridades locais.

### 3. OBJETO DE ESTUDO: CIDADE DE ARAPIRACA-AL

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DE ARAPIRACA

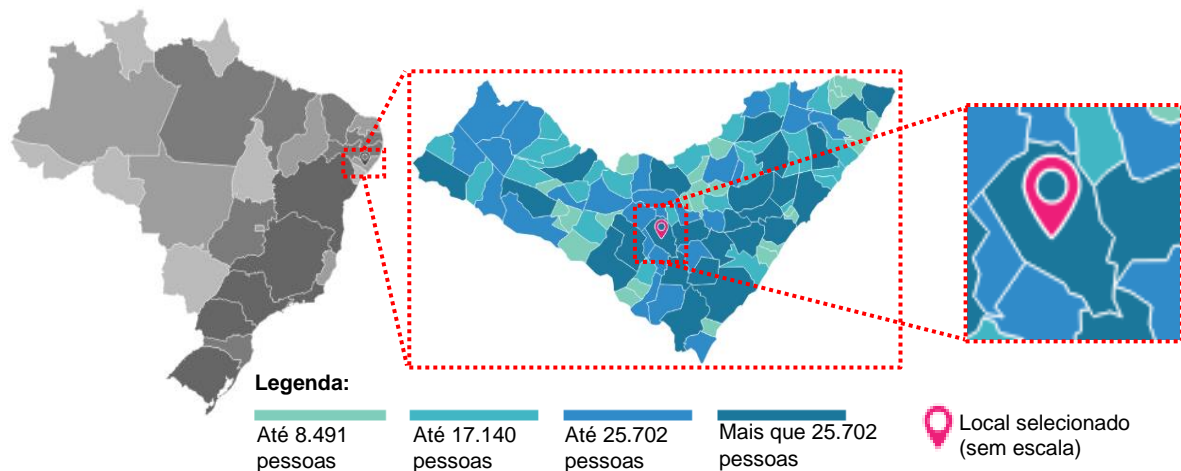
O município de Arapiraca está localizado a 132 km da capital Maceió, nas coordenadas geográficas 9°75'25 de latitude Sul e 36°60'11 de longitude Oeste, pertencendo a mesorregião alagoana denominada *agreste*, onde, segundo IBGE (2010), representa o setor de transição entre a faixa litorânea e o sertão no Estado, sendo considerada a segunda cidade mais importante do ponto de vista socioeconômico (figura 05).



**Figura 05 – Mapa das mesorregiões do Estado e localização de Arapiraca (AL)**

Fonte: Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico - SEPLANDE (adaptado)<sup>1</sup>

De acordo com o último censo, o município possui cerca de 214 mil habitantes, o que gera uma densidade demográfica de 600,83 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e ocupa 348,33km<sup>2</sup> de área (SEDUMA, 2012). A zona urbana possui 94,07km<sup>2</sup> de área, sendo subdividida em 39 bairros onde o Centro é o 14º maior e ocupa 1,08km<sup>2</sup> da área urbana, com uso predominante de comércio, serviços e com gabarito de edificações em torno de 4 pavimentos (figura 06).



**Figura 06 – Localização do município de Arapiraca (AL) e relação populacional no Estado**

Fonte: IBGE, 2010 (adaptado).

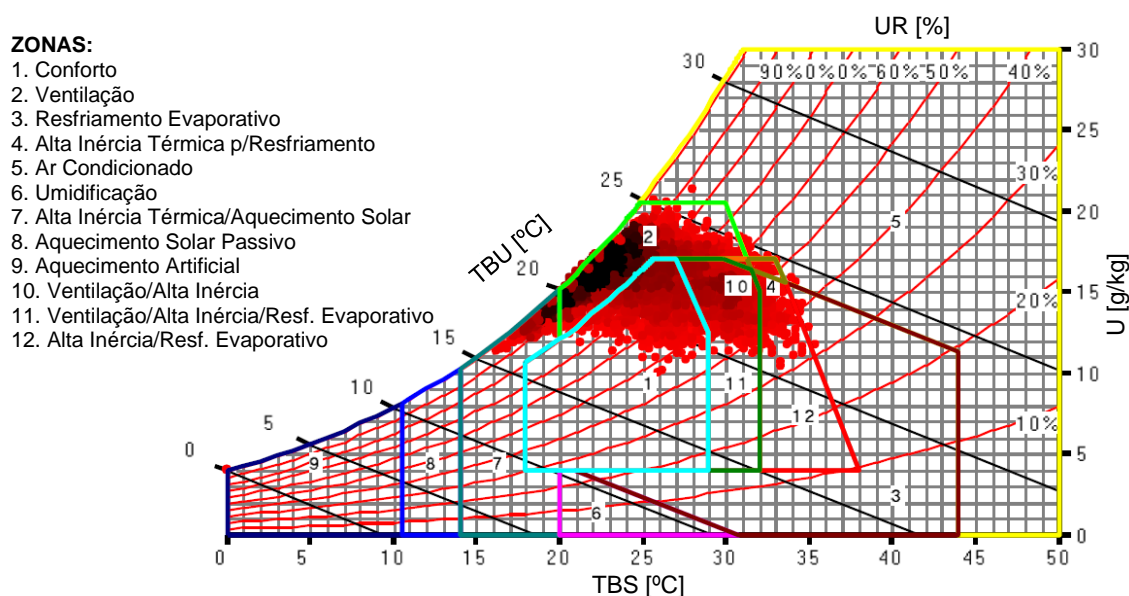
<sup>1</sup> Mapa comemorativo pelos 200 anos de Emancipação Política do Estado de Alagoas disponibilizado em: [www.alagoas200.com.br](http://www.alagoas200.com.br)

O município faz parte da lista das 38 cidades alagoanas inseridas dentro da área referente ao Semiárido Brasileiro, definido no zoneamento bioclimático brasileiro presente na NBR 15220-3/2003. Segundo Romero (1988, apud MARTINS; BITTENCOURT; KRAUSE, 2012), o clima tropical semiárido brasileiro tem como principais características amplitudes térmicas elevadas diária e sazonalmente, a ocorrência de massas de ar quente, radiação direta intensa e baixa umidade relativa do ar (figura 07).



**Figura 07 – Mapa do Semiárido Alagoano com o município de Arapiraca (AL) em destaque**  
Fonte: Adaptada de Alagoas em Dados e Informações<sup>2</sup>.

Diante desse cenário, Silva (2019) apontou que, a partir das informações do Ano Climático de Referência do município de Arapiraca (considerado pela autora o ano de 2010), o relatório da Carta de Givoni (figura 08) indica que durante 17,7% do ano, a cidade permanece em situação de conforto térmico, sendo que em 76,1% do ano enfrenta desconforto por calor e em 6,2% no ano ocorre desconforto por frio (figura 08).



**Figura 08 – Carta Bioclimática de Arapiraca com dados do ano de 2010 (TRY)**  
Fonte: SILVA, 2019.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://dados.al.gov.br/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/6ea81b2a-d45c-47db-a0fb-f1c78ff8dbe2>

Em relação as estratégias recomendadas para o município, Silva (2019) aponta que as mais indicadas ao longo do ano inteiro são o sombreamento e a ventilação. Além dessas, em relação as estações do ano, a autora relata que durante a primavera recomenda-se a alta inércia para resfriamento; para o verão, o resfriamento evaporativo; para o outono, é indicado o resfriamento artificial; e no inverno, a junção da alta inércia térmica para aquecimento e o aquecimento solar. Os percentuais indicativos do relatório da Carta de Givoni são apresentados por Silva (2019) no Quadro 02.

Estratégia			Período				
			Primavera	Verão	Outono	Inverno	Ano
Conforto			21,6%	12,2%	7,02%	30,2%	17,7%
Desconforto	Calor	Sombreamento	96,3%	100,0%	99,6%	79,3%	93,8%
		Ventilação	71,5%	81,1%	91,1%	49,1%	73,2%
		Alta Inércia p/ Resfriamento	24,5%	29,4%	14,8%	0,2%	17,1%
		Resfriamento Evaporativo	24,4%	28,6%	13,9%	0,2%	16,7%
		Ar Condicionado	0,0%	0,3%	0,4%	0,0%	0,2%
	Frio	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar	3,6%	0,0%	0,3%	20,7%	6,2%

**Quadro 02 – Estratégias bioclimáticas indicadas pela Carta de Givoni para Arapiraca-AL**

Fonte: SILVA, 2019.

Sendo o sombreamento uma das principais estratégias bioclimáticas indicadas para o município de Arapiraca – AL e, a partir da premissa que a arborização urbana é uma maneira de se conseguir implementar essa estratégia, a presente pesquisa buscou no diagnóstico técnico-comunitário sobre o Meio Ambiente – um dos documentos que compõe o Plano Diretor Participativo de Arapiraca (PDPA), publicado em 2006 (ARAPIRACA, 2006) – quais as espécies vegetais comuns na flora local. Entre elas, são relatadas espécies como Murici (*Byrsonima sericea*) (figura 09), Pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya*), Cajueiro (*Anacardium occidentale*) (figura 10), Mulungu (*Erythrina speciosa*), Mandacaru (*Cereus pernambucensis*), Craibeira (*Tabebuia caracíba*), variações de angico como (*Piptadenia oblicua*) e Arapiraca (*Anadenanthera falcata*), dentre outras.



**Figura 09 – Espécie de árvore *Byrsonima sericea*, popularmente chamada de Murici<sup>3</sup>**

Fonte: Programa Arboretum<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/136/murici-do-brejo>. Acesso em: 10 nov. 2019.

<sup>4</sup> O Arboretum é um Programa interinstitucional proposto pelo Serviço Florestal Brasileiro, com apoio do IBAMA e outras instituições de pesquisa.



**Figura 10 – Espécie de árvore *Anacardium occidentale*, popularmente chamada de Cajueiro<sup>5</sup>**  
Fonte: Programa Arboretum<sup>6</sup>

Devido a sua posição geográfica, o município recebe um grande fluxo diário de pessoas oriundas das cidades circunvizinhas que buscam tanto atividades de ensino e trabalho, como de lazer. Desde o declínio da cultura do fumo na cidade em meados da década de 1990, a economia interna se sustenta, principalmente, pelo oferecimento de serviços gerais públicos e/ou privados e do comércio de bens. Esse cenário levou a necessidade de criação de instrumentos urbanísticos que subsidiassem a (re)organização do território citadino, de forma a atender com mais eficiência, as demandas diárias tanto da população residente quanto a flutuante.

## **3.2 APONTAMENTOS SOBRE O SOLO URBANO DE ARAPIRACA**

### **3.2.1 Zoneamento do solo urbano segundo o Plano Diretor de Arapiraca**

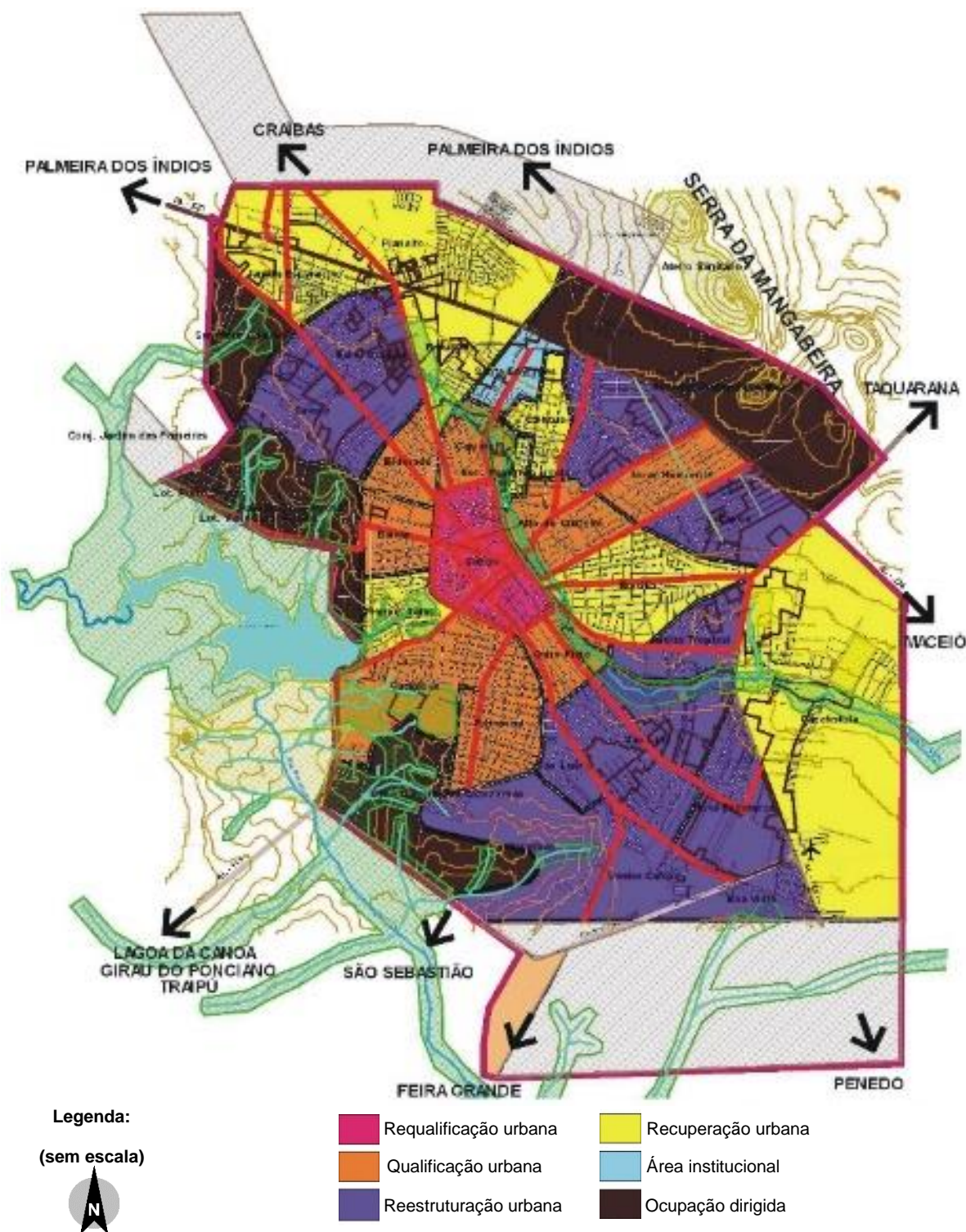
A partir da elaboração da Lei Federal Nº 10.257/2001, que estabeleceu o Estatuto da Cidade e regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, ficou estabelecido diretrizes gerais da política urbana e os municípios com mais de 20 mil habitantes<sup>7</sup> passam a ser obrigados a utilizar o plano diretor como instrumento da política de desenvolvimento urbano.

Um dos diagnóstico realizados durante o processo de elaboração do Plano Diretor Participativo do Município de Arapiraca (PDPA) foi apresentado em 2006, definindo seis macrozonas urbanas classificadas pelo estado de uso, conservação, necessidades e potencialidades da área no que tange a infraestruturas, serviços e habitação, sendo elas: *requalificação*, *qualificação*, *reestruturação*, *recuperação*, *institucional* e de *ocupação dirigida* (ARAPIRACA, 2006) (figura 11).

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/48/cajueiro>. Acesso em: 10 nov. 2019.

<sup>6</sup> O Arboretum é um Programa interinstitucional proposto pelo Serviço Florestal Brasileiro, com apoio do IBAMA e outras instituições de pesquisa.

<sup>7</sup> Outros requisitos para se elaboração do plano diretor são para municípios que: integrem regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; pretendam utilizar outros instrumentos do §4º do art. 182 da Constituição Federal; integrem áreas de interesse turístico; estejam inseridas em área de influência de atividades consideravelmente impactantes do ponto de vista ambiental; e com áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações de grande proporção ou com processos geológicos ou hidrológicos correlacionados (BRASIL, 2001).



**Figura 11 – Mapa de macrozoneamento urbano do Plano Diretor de Arapiraca (AL)**

Fonte: ARAPIRACA (2006) (adaptado).

Esse macrozoneamento urbano, posteriormente, subsidiou a elaboração da Lei de Parcelamento do Solo Urbano do Município de Arapiraca, como forma a atender as exigências definidas na Lei Federal Nº 9.785/1999, que altera parte das deliberações da Lei Federal Nº 6.766/1979 de uso e ocupação do solo e serão apresentadas no tópico a seguir.

### 3.2.2 Lei de Parcelamento do Solo Urbano de Arapiraca

Até o final da década de 90, a Lei Federal Nº 6.766/1979 regularizava as questões relativas ao parcelamento do solo urbano no país. Os requisitos urbanísticos referentes a loteamentos, definidos pelo Artigo 4º, exigiam que: I - as áreas de circulação, de equipamento comunitário e espaços livres serão proporcionais à densidade de ocupação prevista para a gleba e não inferior a 35% da área total da gleba; II - os lotes terão frente mínima de 5 metros e área total de 125 m<sup>2</sup>; III – obrigatório a reserva de faixa não-edificável de 15 metros de cada lado ao longo de rodovias, ferrovias, dutos e águas correntes e dormentes existentes; e IV - a articulação das vias do loteamento com as adjacentes existentes ou projetadas, respeitando a topografia local (BRASIL, 1979).

Com a promulgação da Lei Federal Nº 9.785/1999, parte das diretrizes relativas ao parcelamento do solo urbano sofreram alterações. Para loteamentos, o Artigo 4º passa a exigir que: I - as áreas de circulação, de equipamento comunitário e espaços livres sejam proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou lei de zoneamento municipal, essa definindo, conforme o parágrafo 1º, os usos permitidos, os índices de parcelamento do solo, as áreas mínimas e máximas de lotes, bem como os coeficientes máximos de aproveitamento permitidos em cada zona (BRASIL, 1999). Dessa forma, foi transferido aos municípios a autarquia sobre os percentuais de áreas mínimos congruentes as peculiaridades de cada cidade.

O diagnóstico do macrozoneamento urbano e o mapeamento das zonas especiais (realizados durante o processo de elaboração do Plano Diretor Participativo do Município de Arapiraca - PDPA) foram utilizados como referência para a elaboração da Lei Municipal Nº 2.770/2011, que dispõe sobre o parcelamento de solo urbano no município de Arapiraca. Todavia, o município permaneceu com uma lacuna de doze anos sem que houvesse legislação vigente gerenciando o uso e a ocupação urbana. No documento da lei ficou estabelecido, para fins de parcelamento do solo urbano de Arapiraca, em seu Artigo 12, as seguintes referências espaciais:

- I - Vazios urbanos e ZEIS A, B, C conforme Mapa de Zonas Especiais, Prancha 04/11 do Plano Diretor Participativo Municipal de Arapiraca;
  - II - Perímetro urbano existente excluindo-se dele as áreas discriminadas nos itens A e C;
  - III - Zona de Ocupação Dirigida criada a partir da ampliação do perímetro Urbano;
  - IV - Ilhas urbanas quando criadas por lei específica.
- (ARAPIRACA, 2011. p.04-05)

Com isso, cada uma das quatro referências possui suas especificações para com o uso e ocupação do solo, tanto em relação a quantidade de lotes possíveis, quanto a metragens e percentuais mínimos de área, onde as referências I, II, III e IV são apresentadas como anexo da lei e renomeadas em A, B, C e D, respectivamente conforme Quadro 03.



Contudo, é importante destacar que, a descrição do que venha a ser as classificações é formulada de maneira confusa, se remetendo ao diagnóstico do PDPA, sendo que esse tem como característica apresentar a identificação da situação já existente na malha urbana da cidade. Dessa forma, vê-se a necessidade de reformulação das definições de cada classificação de forma a esclarecer quais as metragens e percentuais que novos loteamentos devem seguir para se manter a adequação do uso e do parcelamento do solo no município.

REFERÊNCIAS	CLASSIFICAÇÃO	QUANTIDADE DE LOTES		
		ATÉ 250 LOTES	250 – 500 LOTES	>500 LOTES
Dimensionamento mínimo dos lotes	A	7x18m* e 10x22m**		
	B	7,5x18m* e 10x25m**		
	C	7,5x18m* e 12x25m**		
	D	10x25* e 15x30m**	12x25* e 15x30m**	
Percentuais de vias	A			
	B			
	C	20%		
	D			
Percentuais de áreas verdes	A	5%		
	B	10%	12%	13%
	C	10%	12%	13%
	D	15%	17%	18%
Implantação de equipamentos comunitários (áreas institucionais)	A	5%		
	B	5%	7%	8%
	C	10%	12%	13%
	D	10%	12%	13%

\*Para loteamento de interesse social

\*\*Para loteamentos de médio e alto padrão

**Quadro 03 – Orientações métricas para loteamentos no Município de Arapiraca-AL**

Fonte: ARAPIRACA (2011) (adaptado).

É possível perceber ainda que, os percentuais destinados a área verde e institucionais são de, no mínimo, 5% para ambos e máximo de 18% e 13%, respectivamente, tendo a quantidade de lotes e a classificação alfabética como definidor dos percentuais. Tomando a Lei Federal Nº 6.766/1979 de forma comparativa, na qual estabelecia que 35% da gleba deve ser destinada ao uso social e ambiental, a somatória dos percentuais mínimos apresentados no quadro 02 fica aquém da lei anteriormente em vigor.

Como os percentuais são progressivos e estão diretamente relacionados a quantidade de lotes possíveis na gleba, a somatória das áreas também é ampliada podendo chegar a 51% em loteamentos classificação D com mais de 500 lotes. Todavia, o estabelecimento desses percentuais elevados não garante que isso ocorra na prática: é notório o processo de desmembramento de glebas com o objetivo de evitar a formação de loteamentos de grandes proporções que devem, nesse caso e obrigatoriamente, reservar áreas específicas para promover a instalação de serviços públicos, como creches e escolas.

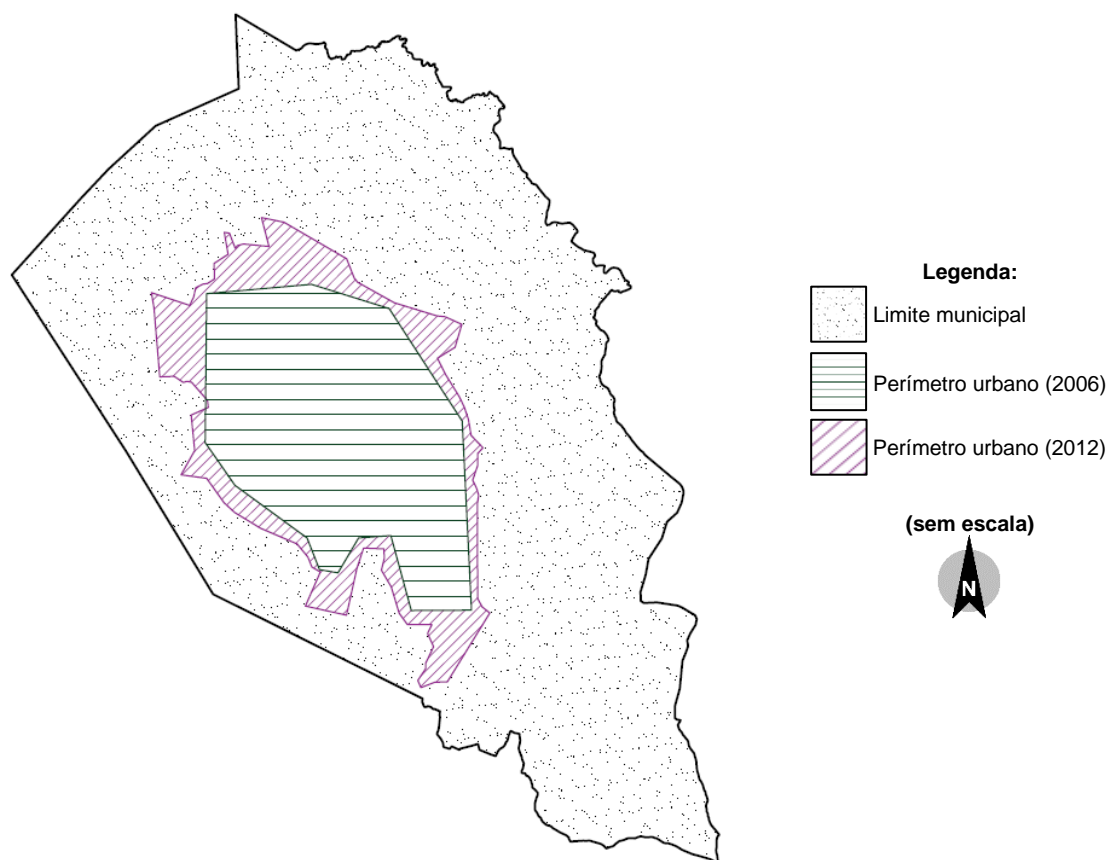
### 3.3 O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA ATRAVÉS DOS LOTEAMENTOS

O crescimento de áreas urbanas nas cidades pode ser estimulado por diferentes razões, desde de investimentos na economia interna municipal, através da implantação de indústrias e serviços, até incentivos fiscais no mercado imobiliário, sendo este um dos

responsáveis pelo processo de expansão urbana em grande parte do Brasil no decorrer das últimas décadas.

No município de Arapiraca, desde sua emancipação e classificação como cidade ocorrido em maio de 1924<sup>8</sup>, o perímetro urbano foi redesenhado três vezes nos anos de 2006 e 2011, este sendo reajustado em 2012 e em vigor. A expansão de 2006 ocorreu como parte das diretrizes impostas pelo Plano Diretor Participativo do Arapiraca (PDPA) divulgado no mesmo ano, cujos diagnósticos apresentavam a formação de assentamentos e aglomerações com características urbanas, como comércios e serviços, nas adjacências dos bairros periféricos do município.

A partir de 2012, a ampliação do perímetro urbano foi estabelecida como forma de garantir a regularização de projetos de loteamentos em processo de aprovação de alvará que devem, segundo a Lei Municipal Nº 2.770/2011 referente ao Parcelamento do Solo Urbano do Município de Arapiraca, em seu Artigo 16, estar “inseridos no perímetro urbano de Arapiraca e devidamente inscritos no cadastro fiscal do Município como áreas urbanas.” (ARAPIRACA, 2011) (figura 12).



**Figura 12 – Limite municipal de Arapiraca-AL e perímetros urbanos**

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Arapiraca (SEDUMA) (adaptado).

<sup>8</sup> A assinatura do decreto estabelecendo a Emancipação Política de Arapiraca ocorreu em 30 de maio de 1924, pelo então Governador Dr. José Fernandes Lima, porém a conquista é comemorada em 30 de outubro pois somente nessa data foi inaugurado o prédio onde funcionaria a Sede Municipal (GUEDES, 1999).

Em 2006, o perímetro urbano ocupava 65.153,69 km<sup>2</sup> da área total do município, sendo o equivalente a 18,70% do território. Todavia, com reformulação dos limites urbanos em 2012, houve um acréscimo de mais 28.921,26 km<sup>2</sup> nessa área, totalizando em 94.074,95 km<sup>2</sup> e levando o perímetro a ocupar 27% da sede municipal (SEDUMA, 2012). A maior parte da área expandida é de grandes vazios urbanos com potencial para a implantação de loteamentos e serviços, principalmente públicos, sendo estes essenciais para incentivar a ocupação de tais espaços e evitar amplos deslocamentos cotidianos.

Com a exigência preestabelecida pela Lei Municipal N<sup>o</sup> 2.770/2011 de que loteamentos devem reservar percentuais da gleba com a destinação de implantação de malha viária contínua as existentes, áreas verdes e áreas institucionais (ou área de equipamento urbano comunitário), além de outros requisitos considerados básicos, espera-se encontrar loteamentos que atendam a essas premissas, ou seja, que sejam implantados de acordo com o regimento a qual estão subordinados. Esse panorama pode não se apresentar sempre com a devida coerência, uma vez que as disposições do Artigo 28 afirmam que os requisitos que regem os percentuais de área podem ser flexibilizados em três condições:

- I - quando o loteamento proposto for de iniciativa ou contar com a parceria da Prefeitura Municipal de Arapiraca e/ou órgãos públicos municipais;
  - II - seu público alvo for a população de baixa renda e for custeado por recursos federais com contrapartida do Município;
  - III - for custeado com recursos da família beneficiária pelo programa.
- (ARAPIRACA, 2011. p.10-11)

Dessa forma, a flexibilidade nas exigências pode reduzir outros benefícios, principalmente na redução das áreas de uso público, sem que haja clareza das formas de compensação disponíveis, podendo criar espaços que perpetuam deficiências urbanas.

### **3.3.1 Levantamento e caracterização dos loteamentos**

Para compreender a ocupação do território do município de Arapiraca e subsidiar a elaboração de possíveis cenários urbanos futuros, foi executado o levantamento e caracterização dos loteamentos existente até o ano de 2015, baseado nos documentos e plantas existentes na Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente do município de Arapiraca (SEDUMA).

As informações foram levantadas de cada empreendimento de forma individual através das plantas no formato DWG e/ou alvarás disponíveis. Dentre os arquivos disponíveis datados de 1962 a 2015, é possível encontrar registros de 262 loteamentos (ver Apêndice A) dos quais 211 possuem informações mais detalhadas quando da ausência dos arquivos anteriormente citados, porém, por se tratar de um recorte temporal abrangente, foi preferível fragmentar o período em quatro grupos classificados pelas leis de parcelamento do solo em vigência durante cada recorte temporal (quadro 04).

INFORMAÇÕES	RECORTE 01	RECORTE 02	RECORTE 03	RECORTE 04
<b>Período</b>	1962-1979	1980-1999	2000-2011	2012-2015
<b>Tempo corrido (anos)</b>	18	20	12	04
<b>Lei vigente</b>	Sem lei vigente	Lei Federal Nº 6.766/1979	Lei Federal Nº 9.785/1999 Sem lei vigente	Lei Municipal Nº 2.770/2011
<b>Nº de loteamentos*</b>	19	70	84	38
<b>Nº de loteamentos com área verde</b>	08	30	53	25
<b>Nº de loteamentos sem área verde</b>	11	40	31	13
<b>Nº de loteamentos que atende a lei vigente</b>	(N.A.)	05	(N.A.)	21

\*Nº de loteamentos com planta e/ou alvará disponíveis (N.A.): Não se aplica

**Quadro 04 – Recortes temporais e leis vigentes em Arapiraca-AL no período 1962-2015**

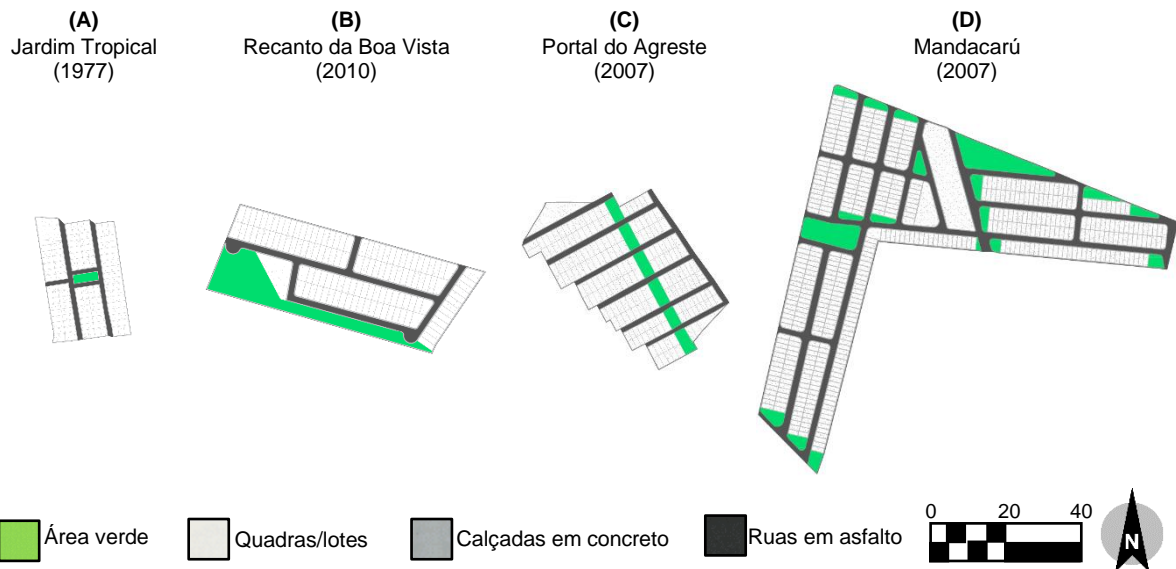
Fonte: a autora.

O primeiro recorte compreende ao período de 1962 a 1979, no qual não havia leis vigentes acerca da regularização do parcelamento do solo em nenhum nível político. O segundo recorte corresponde ao período onde a Lei Federal Nº 6.766/1979 vigorava, porém dos 70 loteamentos implantados no município no intervalo de 1980 a 1999, apenas 05 unidades atendem a diretriz. Já o período do terceiro recorte equivale ao período em que a Lei Federal Nº 9.785/1999 passou aos municípios a autarquia para definir o regimento adequado a sua realidade, porém essas orientações não foram implantadas no intervalo de onze anos, deixando uma lacuna temporal desprovida de normas. Com a elaboração da Lei Municipal Nº 2.770/2011 sobre o parcelamento de solo urbano, o recorte temporal de 2012 a 2015 apresentou 38 loteamentos, dos quais 07 unidades reservam até 5% de área verde, 11 unidades destinam até 10% de área verde, 02 unidades concedem até 13% de área verde e 01 unidade reserva até 15%, totalizando 21 unidades que dispõem de percentuais coerentes com a lei vigente.

Apesar de alguns loteamentos ultrapassarem os percentuais mínimos exigidos, ainda é grande o número de loteamentos que não designam reservas de área verde ou alocam em desconformidade às normas vigentes, o que pode prejudicar o processo de desenvolvimento do município. Como o recorte que corresponde ao período da lei de parcelamento do solo é de apenas três anos e o número de loteamentos enquadrados no perfil de aprovados (dentro dos percentuais exigidos) é de 84%, pode parecer aceitável à primeira vista, porém se houver a continuidade das práticas de contornar as diretrizes sem a implantação de reais compensações, o objetivo principal de ordenamento do solo urbano será deturpado.

A partir do levantamento catalográfico dos dados disponíveis acerca dos loteamentos existentes no município de Arapiraca, foram selecionados aqueles cujo arquivo em formato DWG da planta estivesse disponível. Baseado na observação das espacializações comumente encontradas nos loteamentos do município de Arapiraca, percebeu-se que as áreas verdes estavam dispostas em quatro tipologias mais comuns:

- I. Quadra única que não possuía tamanho mínimo para uso como lote, posicionada de forma central ou periférica na gleba (lógica da sobra)<sup>9</sup> (figura 13A);
- II. Quadra única posicionada de forma central ou periférica na gleba, normalmente devido ao relevo não loteável (figura 13B);
- III. Duas ou mais quadras desconexas ou em posicionamento contínuo (figura 13C);
- IV. Múltiplas quadras de diferentes formas e dimensões em posicionamento desconexo (figura 13D).



**Figura 13 – Loteamentos em Arapiraca-AL e suas espacializações de área verde**

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Arapiraca (SEDUMA) (adaptado).

Outras tipologias de espacializações foram encontradas com frequência reduzida, como por exemplo: duas quadras centralizadas; uma quadra central e outra periférica; quadra única na periferia; etc. É notório que as práticas comuns é de estabelecer como área verde a região menos favorecida da gleba ou seguir a lógica da sobra, enquanto que a legislação apresenta somente uma ressalva: é vedada a implantação da área verde em terrenos com declividade superior a 10% (ARAPIRACA, 2011). Como não há diretrizes que estabeleçam as espacializações de área verde mais indicadas, cada projeto de loteamento limita-se a atender o percentual mínimo e a condição de nivelamento do terreno exigidos pela lei vigente. Esse panorama gera processos de planejamento urbano defasados e superficiais, o que acaba por comprometer o desenvolvimento urbano e a qualidade de vida cidadina.

A observação das espacializações de área verde comuns no município de Arapiraca-AL, possibilitou embasamento empírico necessário para a elaboração dos cenários parametrizados a serem simulados, seguindo a proposta do trabalho.

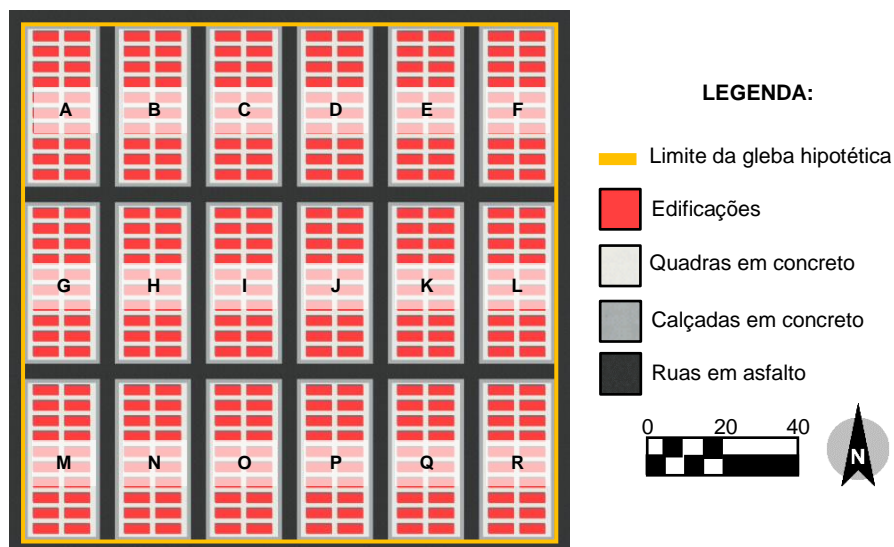
<sup>9</sup> Esse conceito foi citado em Gonçalves (1994) *apud* Barbosa (2005).

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos empregados para a elaboração do estudo, descrevendo os softwares utilizados, as características dimensionais dos cenários e as propriedades gerais dos materiais e elementos inseridos nos mesmos. Descreve ainda, o processo de modelagem computacional dos cenários parametrizados, as configurações dos parâmetros de entrada necessários para a simulação, além da seleção e tabulação dos dados de saída das simulações.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS PARAMETRIZADOS

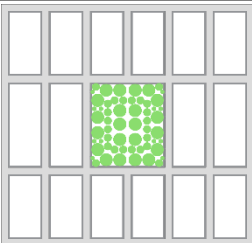
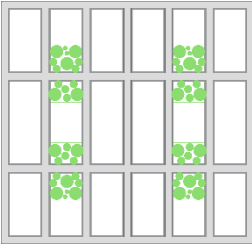
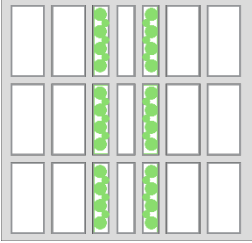
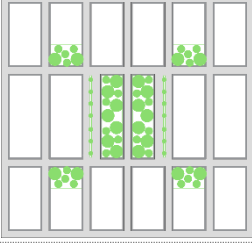
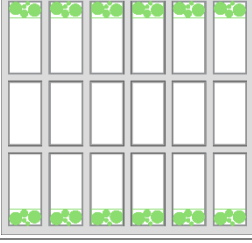
Para se chegar as dimensões da gleba de referência usou-se, a princípio, o critério de quadras com, no mínimo, 20 lotes de formato retangular, medindo 8 metros de frente e fundos por 18 metros nas laterais. As edificações acrescentadas atenderam aos recuos mínimos definidos pela Lei nº 2.220/2001 referente ao Código de Obras do Município de Arapiraca (ARAPIRACA, 2001) com ajuste de 0,5 metros, sendo utilizado 2,0 metros nas laterais e fundos por 3 metros de frente. Dessa forma, as edificações ocupam uma área de 48 m<sup>2</sup>, medindo 4 metros de frente e fundos por 12 m de comprimento. Com a definição do paralelismo das ruas e tamanhos da circulação geral (ruas e calçadas com 8 metros<sup>1</sup> e 2 metros, respectivamente), as quadras foram dispostas gerando uma gleba de formato aproximadamente quadrado (figura 14). A gleba de referência foi modelada no software AutoCAD 2019 e esse formato foi escolhido devido as configurações trabalhadas pelo software ENVI-Met (versão 4.0) e para se garantir equidistâncias na relação entre as áreas.



**Figura 14 – Gleba de referência para elaboração cenários parametrizados**  
Fonte: a autora.

<sup>1</sup> O tamanho das ruas com 8 metros de largura foi estabelecido para se evitar o subdimensionamento da rede viária e possíveis problemas futuros com o aumento do volume de tráfego, por exemplo.

Baseando-se nas representações de espacialização comumente encontradas no município de Arapiraca-AL, foram selecionadas cinco tipologias de posicionamento das áreas verdes em uma gleba, para análise através da criação de cenários parametrizados. A disposição das quadras destinadas a receber edificações e as áreas verdes das cinco tipologias podem ser vistas no Quadro 05.

Tipologia	Ilustração	Localização da área verde
Central		Centro da gleba
Distribuída		Difundida na gleba
Linear		Linear seccionada na gleba
Mista		50% da área verde no centro da gleba e 50% difundida na gleba
Periférica		No fim das quadras periféricas da gleba

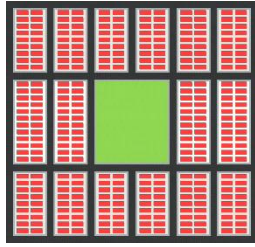
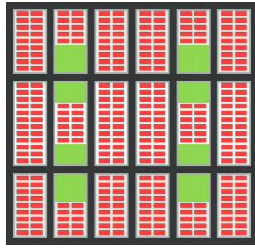
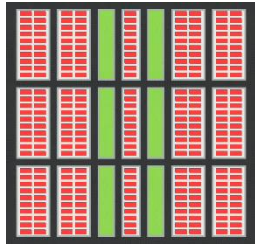
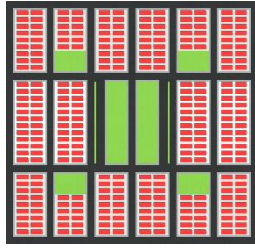
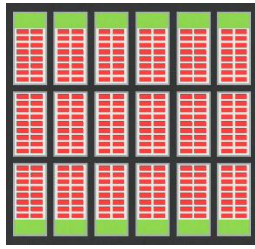
**Quadro 05 – Disposições das quadras edificadas e de área verde na gleba hipotética**  
Fonte: a autora.

A gleba proposta mede 296x248 metros, totalizando uma área de 75.040 m<sup>2</sup>, dos quais foi parcelada de acordo com dois percentuais citados na Lei Municipal 2.770/2011 sobre Parcelamento do Solo Urbano (ARAPIRACA, 2011):

- Mínimo de 10% para áreas verdes;

- Mínimo de 20% para áreas de circulação (ruas e calçadas), dentro da gleba, não podendo ser subdimensionado.

Seguindo esses percentuais, a área verde proposta teria 7.504 m<sup>2</sup> de área total do terreno, disposta na gleba hipotética nas cinco formas diferentes preestabelecidas (Central, Distribuída, Linear, Mista e Periférica). Cada cenário parametrizado foi diferenciando pela espacialização da área verde e adequações no tamanho das quadras, ruas e calçadas. O tamanho das quadras foi estabelecido pelo número e dimensões dos lotes por quadra. As cinco tipologias definidas podem ser vistas e descritas no Quadro 06.

Tipologia	Ilustração	Localização da área verde
Central		<b>Central:</b> a área verde foi inserida, em sua totalidade, no centro da gleba, agrupando e ajustando o tamanho das quadras (I) e (J) da gleba de referência.
Distribuída		<b>Distribuída:</b> a área verde foi segmentada em quatro partes iguais, dispostas nas quadras (B), (E), (N) e (Q) e mais quatro partes iguais nas quadras (H) e (K) da gleba de referência.
Linear		<b>Linear:</b> a área verde foi disposta de forma lineal seccionado em seis partes iguais, originadas pela divisão e reposicionamentos das quadras (D), (J) e (P) da gleba de referência.
Mista		<b>Mista:</b> metade da área verde foi inserida no centro da gleba agrupando e ajustando o tamanho das quadras (I) e (J), além de dois canteiros; o restante seccionado em quatro partes iguais localizadas nas quadras (B), (E), (N) e (Q) da gleba de referência.
Periférica		<b>Periférica:</b> a área verde foi inserida às margens da gleba, segmentada em doze partes iguais nas quadras (A), (B), (C), (D), (E), (F), (M), (N), (O), (P), (Q) e (R) da gleba de referência.

**Quadro 06 – Espacializações de áreas verdes nos cenários parametrizados**

Fonte: a autora.



As áreas definidas para a elaboração dos cenários parametrizados foram adaptadas a cada necessidade de posicionamento das quadras e circulações. Esse posicionamento foi influenciado pelo formato da gleba, das ruas em forma de grade e pela localização da área verde no cenário. Todas as informações sobre dimensões, números e áreas do terreno hipotético, das áreas verdes, das quadras destinadas aos lotes edificadas e circulações gerais (vias e calçadas) estão sintetizadas no Quadro 07.

INFORMAÇÕES		CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
		Central	Distribuída	Linear	Mista	Periférica
Terreno	Dimensões da gleba simulada	296x248 m				
	Área da gleba simulada	75.040 m <sup>2</sup>				
Área verde	Área verde (com 10%)	7.504 m <sup>2</sup>				
	Área verde simulada	8.064 m <sup>2</sup>	8.064 m <sup>2</sup>	7.680 m <sup>2</sup>	8.448 m <sup>2</sup>	7.776 m <sup>2</sup>
	Percentual de área verde simulado	10,74%	10,74%	10,23%	11,25%	10,36%
	Nº de quadras destinadas a área verde	01 unid.	04 unid. 04 unid.	06 unid.	02 unid.	12 unid.
					04 unid. 02 canteiros	
	Área (por quadra) destinadas a área verde	8.064 m <sup>2</sup>	864 m <sup>2</sup> 1.152 m <sup>2</sup>	1.280 m <sup>2</sup>	2.304 m <sup>2</sup> 864 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>	648 m <sup>2</sup>
Quadras	Área total das quadras (lotes)	44.928 m <sup>2</sup>	43.776 m <sup>2</sup>	38.880 m <sup>2</sup>	41.472 m <sup>2</sup>	43.200 m <sup>2</sup>
	Percentual de área das quadras	59,87%	58,33%	51,81%	55,26%	57,57%
	Distribuição dos lotes	24 lotes (04 quadras)	16 lotes (12 quadras)	20 lotes (12 quadras)	24 lotes (04 quadras)	20 lotes (14 quadras)
		18 lotes (12 quadras)	18 lotes (06 quadras)	10 lotes (03 quadras)	18 lotes (08 quadras) 12 lotes (04 quadras)	10 lotes (02 quadras)
	Tamanho do lote	8x18 m				
	Área do lote	144 m <sup>2</sup>				
	Tamanho dos recuos*	2 m e 3 m				
	Tamanho da edificação	4x12 m				
	Área da edificação	48 m <sup>2</sup>				
Circulação (vias e calçadas)	Área de circulação total	22.048 m <sup>2</sup>	23.200 m <sup>2</sup>	28.480 m <sup>2</sup>	25.120 m <sup>2</sup>	24.064 m <sup>2</sup>
	Percentual de área de circulação	29,38%	30,91%	37,95%	33,47%	32,06%
	Ruas	8 m (largura)				
	Calçadas	2 m (largura)				

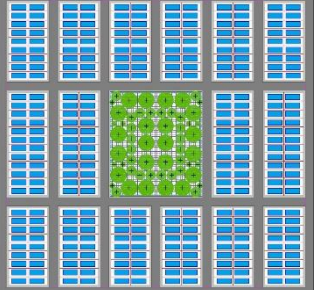





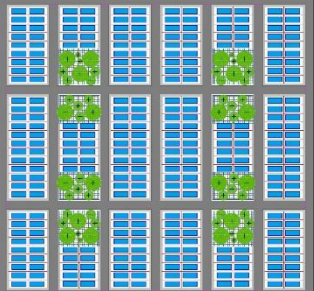
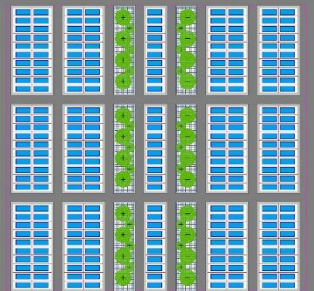
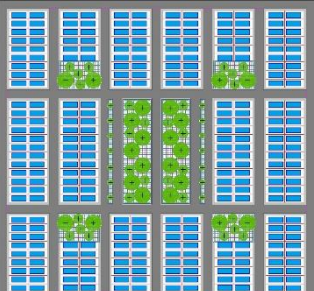

\*Recuos laterais/fundos e frontal, respectivamente

**Quadro 07 – Áreas e percentuais gerais dos cenários parametrizados**

Fonte: a autora.

Com essas definições, foram elaboradas as projeções dos cinco cenários parametrizados no software AutoCAD 2019, apresentando o tamanho e a localização de todos

os elementos preestabelecidos, para assim, gerar arquivos de imagem no formato BMP (*bitmap*) que serviram como gabarito no processo de modelagem dos cenários no software ENVI-Met 4.0. Essas imagens podem ser visualizadas no Quadro 08.

Tipologia	Ilustração em formato <i>Bitmap</i> (.BMP)	Legenda:
Central		<div data-bbox="1018 1003 1284 1205"> <ul style="list-style-type: none"> <li> Asfalto</li> <li> Calçadas em concreto</li> <li> Edificações</li> <li> Árvores</li> </ul> </div> <div data-bbox="1129 1243 1193 1355" style="text-align: center;">               S/E         </div>
Distribuída		
Linear		
Mista		
Periférica		

Quadro 08 – Imagens em formato Bitmap necessárias para a modelagem dos cenários no ENVI-Met  
 Fonte: a autora.

Parte das informações foram aplicadas sem diferença de valores entre as tipologias como dimensões e área da gleba, área verde calculada, dimensões e área do lote, tamanho dos recuos, dimensões e área da edificação e larguras das calçadas. A largura das ruas também foi mantida no padrão de 8 metros, porém parte das ruas nas margens da gleba nas tipologias Linear e Periférica e na rua agregada aos canteiros presentes na tipologia Mista ficaram mais largas, devido às limitações do software de modelagem.

Com o padrão de espacialização dos cenários estabelecido, foram definidos três tipologias para as áreas verdes: para a primeira, utilizando um padrão arbóreo e gramíneo, com espécies de grande, médio e pequeno portes; para a segunda, as áreas verdes dos cenários receberam uma espécie gramínea; e para a terceira tipologia, os espaços foram deixados com o solo argiloso exposto de maneira natural. Os detalhes da elaboração e configurações de cada tipologia serão apresentados nas subseções a seguir.

#### 4.1.1 Cenários parametrizados com arborização

Para a criação dos cenários parametrizados arborizados, fez-se necessário estabelecer um padrão de cobertura vegetal arbórea (CVA). A partir dos estudos analisados, foi considerado que 70% dos espaços destinados para área verde receberia cobertura vegetal arbórea e sua totalidade permaneceria de solo permeável com gramíneas. Para garantir a aplicabilidade desse estudo em situações reais, foi analisado quais as espécies arbóreas comumente encontradas na flora local.

Com base nas semelhanças encontradas nas características como porte, altura e diâmetro da copa, entre algumas espécies descritas no diagnóstico do PDPA e espécies presentes no software ENVI-Met 4.0, foi definido um padrão para árvores de pequeno, médio e grande portes, baseando-se na altura da espécie e no diâmetro da copa: o primeiro, com uma margem mínima e máxima; o segundo, com valores absolutos a partir dos diâmetros mais encontrados na flora, foi possível estabelecer a área de cobertura da copa (ACC) para cada porte arbóreo (Quadro 09).

INFORMAÇÕES	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte
Altura da espécie	Entre 02 e 09 metros	Entre 10 e 15 metros	Entre 16 e 25 metros
Diâmetro da copa	05 metros	09 metros	15 metros
Área de cobertura da copa (ACC)	19,63 m <sup>2</sup>	63,61 m <sup>2</sup>	176,71 m <sup>2</sup>
Espécie real	Mulungu ( <i>Erythrina speciosa</i> )	Craibeira ( <i>Tabebuia caraíba</i> )	Pau-ferro ( <i>Caesalpinia leiostachya</i> )
Espécie equivalente (no ENVI-Met 4.0)	Álamo-branco ( <i>Populus alba</i> )	Jacarandá ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	Cárpino ( <i>Carpinus betulus</i> )

Quadro 09 – Padrão dimensional de espécies utilizado nos cenários parametrizados

Fonte: a autora.

Através dos valores da ACC e da área verde a ser coberta por vegetação arbórea, foi definido quantas espécies seriam necessárias para cumprir o parâmetro de 70% de CVA

preestabelecido para cada cenário parametrizado. O número de espécies distribuídas foi definido através da soma das ACC, de forma a utilizar, sempre que possível, os três portes arbóreos na mesma quadra (Quadro 10).

INFORMAÇÕES	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuída	Linear	Mista	Periférica
Área verde simulada	8.064 m <sup>2</sup>	8.064 m <sup>2</sup>	7.680 m <sup>2</sup>	8.448 m <sup>2</sup>	7.776 m <sup>2</sup>
Nº de quadras de área verde	01 unid.	04 unid. 04 unid.	06 unid.	02 unid. 04 unid. 02 canteiros	12 unid.
Área (por quadra) destinadas a área verde	8.064 m <sup>2</sup>	864 m <sup>2</sup> 1.152 m <sup>2</sup>	1.280 m <sup>2</sup>	2.304 m <sup>2</sup> 864 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>	648 m <sup>2</sup>
Área de CVA (70%) (por quadra)	5.644,8 m <sup>2</sup>	604,8 m <sup>2</sup> 806,4 m <sup>2</sup>	896 m <sup>2</sup>	1.612,8 m <sup>2</sup> 604,8 m <sup>2</sup> 134,4 m <sup>2</sup>	453,6 m <sup>2</sup>
Área de CVA simulada (por quadra)	5.649,62 m <sup>2</sup>	607,86 m <sup>2</sup> 823,83 m <sup>2</sup>	897,63 m <sup>2</sup>	1.618,63 m <sup>2</sup> 607,86 m <sup>2</sup> 137,41 m <sup>2</sup>	456,29 m <sup>2</sup>
Nº de espécies distribuídas (por quadra)	22 unid. (GP*), 24 unid. (MP*) e 12 unid. (PP*)	02 unid. (GP*) e 04 unid. (MP*) 03 unid. (GP*), 04 unid. (MP*) e 02 unid. (PP*)	04 unid. (GP*) e 03 unid. (MP*)	07 unid. (GP*) e 06 unid. (MP*) 02 unid. (GP*) e 04 unid. (MP*) 07 unid. (PP*)	02 unid. (GP*), 01 unid. (MP*) e 02 unid. (PP*)
Nº total de espécies por cenário simulado	58 unid.	60 unid.	42 unid.	64 unid.	60 unid.

\*Legenda: (GP): Grande porte, (MP): Médio porte e (PP): Pequeno porte

**Quadro 10 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com arborização**

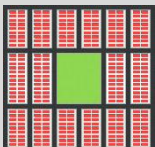

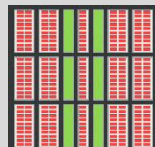


Fonte: a autora.

Os cenários parametrizados com arborização foram elaborados com o objetivo de analisar sua influência na temperatura do ar e na umidade específica dos cenários, de modo a se fazer uma análise da sua área de influência sobre o cenário e a comparação de seus resultados em relação aos apresentados pelos cenários com solo gramado e solo exposto.

#### 4.1.2 Cenários parametrizados com solo gramado

Para os cenários cuja área verde recebeu espécie gramínea, todas as espacializações e metragens foram mantidas no mesmo padrão dos cenários com arborização, porém como se trata de uma cobertura do solo do tipo rasteira, o percentual de cobertura foi de 100%. Dessa forma, todos os espaços destinados à área verde receberam a mesma espécie de

grama sobre o solo argiloso. As informações das áreas e quantitativos dos cenários parametrizados com grama estão listadas no Quadro 11.

INFORMAÇÕES	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuída	Linear	Mista	Periférica
					
Área verde simulada	8.064 m <sup>2</sup>	8.064 m <sup>2</sup>	7.680 m <sup>2</sup>	8.448 m <sup>2</sup>	7.776 m <sup>2</sup>
Nº de quadras de área verde	01 unid.	08 unid.	06 unid.	06 unid. 02 canteiros	12 unid.
Percentual de cobertura da área verde	100%				

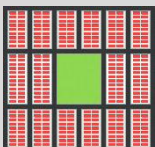

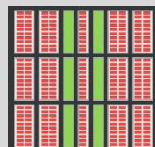
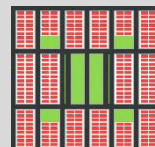

**Quadro 11 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com grama**

Fonte: a autora.

Os cenários parametrizados com solo gramado foram elaborados com o intuito de visualizar seu papel na redução da temperatura do ar e sua influência na umidade específica das tipologias, de maneira a comparar seus resultados com os apresentados pelos cenários com arborização e solo exposto.

#### 4.1.3 Cenários parametrizados com solo exposto

Assim como as tipologias de cobertura anteriormente citados, os cenários parametrizados com solo exposto foram elaborados com as mesmas metragens, recintos e espacializações das áreas verdes, nas quais foram mantidas das características de solo argiloso natural, sem a adição de quaisquer coberturas vegetais. Os elementos que compõem os cenários com solo exposto são descritos no Quadro 12.

INFORMAÇÕES	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuída	Linear	Mista	Periférica
					
Área verde simulada	8.064 m <sup>2</sup>	8.064 m <sup>2</sup>	7.680 m <sup>2</sup>	8.448 m <sup>2</sup>	7.776 m <sup>2</sup>
Nº de quadras de área verde	01 unid.	08 unid.	06 unid.	06 unid. 02 canteiros	12 unid.
Percentual das áreas verdes com solo argiloso exposto	100%				

**Quadro 12 – Informações gerais sobre os cenários parametrizados com solo exposto**

Fonte: a autora.

Com os resultados das simulações dos cenários parametrizados com solo exposto, é possível averiguar se há influência da tipologia sobre a temperatura do ar e a umidade específica, contrastando seus resultados com os cenários arborizados e com solo gramado.

## 4.2 MODELAGEM DOS CENÁRIOS PARAMETRIZADOS NO ENVI-MET

A partir da definição completa das tipologias, das características, materiais e elementos necessários para a composição dos cenários a serem simulados, foi iniciado o processo de modelagem no software ENVI-Met 4.0. A primeira parte consistiu em inserir as configurações para criar o modelo de domínio no qual os cenários foram criados, com base no que foi estabelecido anteriormente. Como os cenários possuíam os mesmos atributos básicos, diferenciando-se apenas pela espacialização das quadras, o modelo de domínio permaneceu idêntico em todos os cenários, seguindo as propriedades descritas no Quadro 13. A modelagem dos cenários foi executada na plataforma bidimensional com o auxílio das imagens de formato *Bitmap* como plano de fundo subsidiador de referência, facilitando a aplicação dos materiais e elementos no modelo.

PROPRIEDADES DO MODELO DE DOMÍNIO UTILIZADO			
Área principal do modelo	Nº de células no eixo x	148 células	
	Nº de células no eixo y	142 células	
	Nº de células no eixo z	10 células	
	Nº de células de nidificação	8 células	
	Tipo de solo na área de nidificação	Solo argiloso	
Tamanho e estrutura das células	Tamanho da célula no eixo x (m)	2 m	
Tamanho e estrutura das células	Tamanho da célula no eixo y (m)	2 m	
	Tamanho da célula no eixo z (m)	3 m	
	Método de geração da grade vertical	Equidistante	
Propriedades padrão de parede/telhado	Material da parede	Parede de tijolo (queimado)	
	Material do telhado	Telhado em terracota	
Propriedades geográficas	Indicação do Norte (em graus)	0.00°	
	Localização na Terra	Nome da cidade	Arapiraca – AL
		Latitude	-9.45
		Longitude	-36.39
		Fuso horário de referência	GMT -2
		Longitude de referência	-30.00

**Quadro 13 – Configurações para criação dos modelos de domínio (etapa pré-modelagem)**

Fonte: a autora.

Nas localizações onde encontram-se a área verde, foi utilizado o *solo argiloso* (identificado pelas letras *LO*); as calçadas e o interior das quadras recebeu o pavimento do tipo *concreto usado* (reconhecido pelas insígnias *PP*), visto que é prática comum tornar o interior dos lotes impermeabilizado; já nas ruas, foi utilizado o *asfalto* (com identificação *ST*), material que apresenta índices elevados de absorção de calor.

As propriedades de comprimento da rugosidade, albedo e emissividade desses materiais – que são preestabelecidos no banco de dados do software e/ou podem ser configurados pelo usuário – estão listados no Quadro 14.

PROPRIEDADES	MATERIAIS		
	Solo argiloso (LO)	Estrada de asfalto (ST)	Pavimento (concreto) usado/sujo (PP)
Rugosidade (m)	0.01500	0.01000	0.01000
Albedo (%)	0.00000	0.12000	0.30000
Emissividade (%)	0.98000	0.90000	0.90000

**Quadro 14 – Propriedades dos materiais utilizados no solo dos cenários**

Fonte: Banco de dados do software ENVI-Met 4.0.

Logo depois, foi modelado edificações de um pavimento, cujos materiais definidos foram *paredes de tijolo queimado* (identificado pelo código *B2*) e *telhado em terracota* (sob a identificação *R2*), comumente presentes no setor da construção civil. No banco de dados do software, as propriedades térmicas desses materiais são a espessura padrão, índices de absorção, transmissão e reflexão, além de emissividade, calor específico, condutividade térmica e densidade, que podem ser vistos no Quadro 15.

PROPRIEDADES	MATERIAIS	
	Paredes de tijolo queimado (B2)	Telhado em terracota (R2)
Espessura padrão (m)	0.30000	0.05000
Absorção	0.60000	0.50000
Transmissão	0.00000	0.00000
Reflexão	0.40000	0.50000
Emissividade (%)	0.90000	0.90000
Calor específico	650.00000	840.00000
Condutividade térmica	0.44000	0.81000
Densidade	1500.00000	1700.00000

**Quadro 15 – Propriedades dos materiais utilizados nas edificações dos cenários**

Fonte: Banco de dados do software ENVI-Met 4.0.

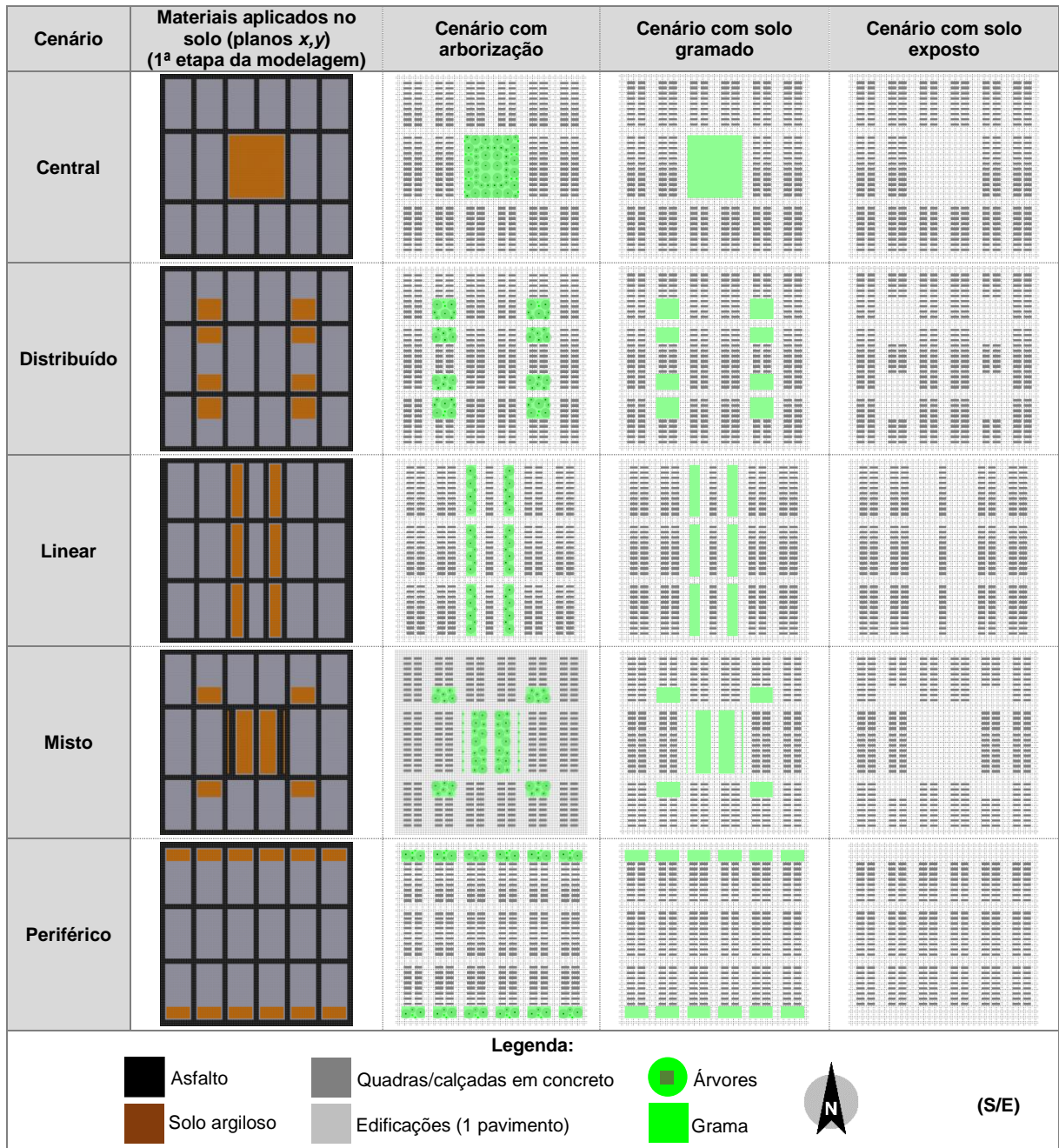
Para os cenários com solo exposto, os materiais inseridos e espaços modelados findaram nesse ponto. Para a modelagem dos cenários com grama, seguiu-se as mesmas etapas anteriormente citadas e, por fim, foi inserida sobre o solo exposto a vegetação gramínea. Em relação aos cenários arborizados, as mesmas fases foram cumpridas e os arquivos foram finalizados com a inserção das espécies arbóreas pré-definidas: o *álamo branco*, *jacarandá* e *cárpino* (identificados pelos códigos *PA*, *NN* e *B4*, respectivamente), cujas características como altura, largura, tipo de folha, albedo das folhas, profundidade e diâmetro das raízes são apresentados no Quadro 16.

PROPRIEDADES	ELEMENTOS			
	Gramma (G1)	Álamo-branco (PA)	Jacarandá (NN)	Cárpino (B4)
Altura (m)	0.50	7.00	15.00	20.00
Largura (m)	2.00	5.00	9.00	15.00
Tipo de folha	Decídua	Decídua	Decídua	Decídua
Albedo da folhagem (%)	0.20	0.70	0.60	0.18
Profundidade das raízes (m)	0.50	2.00	2.00	1.50
Diâmetro das raízes (m)	0.10	10.00	10.00	10.00

**Quadro 16 – Propriedades dos elementos de vegetação utilizados nos cenários**

Fonte: Banco de dados do software ENVI-Met 4.0.

Assim, após aplicar os materiais e inserir os elementos definidos descritos anteriormente, os arquivos de modelagem apresentam-se conforme ilustrado no Quadro 17.



**Quadro 17 – Visualização dos cenários modelados no ENVI-Met com os materiais e elementos predefinidos**  
 Fonte: a autora.

Essas etapas foram aplicadas na modelagem de cada cenário parametrizado, de forma individual, na tentativa de minimizar possíveis falhas nas etapas de seguintes. Cada arquivo foi salvo no formato *Input File (.INX)*, padrão necessário para a leitura no software e posteriormente, utilizado durante o processo de simulação dos mesmos.

### 4.3 CONFIGURAÇÕES DOS PARÂMETROS DE ENTRADA PARA SIMULAÇÃO

Para iniciar os processos de simulação dos cenários parametrizados, foi necessário configurar os parâmetros de entrada no software ENVI-Met 4.0, utilizando os valores das variáveis climáticas de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos



registradas pela estação do INMET, localizada no município de Arapiraca. Esses dados foram utilizados com base no estudo de Silva (2019) que, após análise das características microclimáticas do município, mostra o dia 26/11/2015 como representativo do período quente e seco e o dia 10/03/2011 como representativo do período quente e úmido, baseado na avaliação dos dados de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação e curvas de radiação. Dessa forma, os dias representativos foram utilizados como referência nas simulações da presente pesquisa, utilizando os dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade dos ventos e sua direção predominante.

A duração total do tempo de simulação foi baseada em simulações-teste feitas previamente por Torres (2017), que constatou a necessidade mínima de 52 horas simuladas com o descarte das primeiras 24 horas para demonstrar estabilidade dos dados de saída. Além disso, recomenda-se que o intervalo de registro dos dados de saída seja marcado a cada 60 minutos.

Para iniciar as simulações, faz-se necessário a organização e conversão de dados das seguintes variáveis: dados de umidade relativa registrados por hora nos dias representativos; conversão dos valores de temperatura do ar dos dias representativos (de graus Celsius para a escala Kelvin). Outros parâmetros de entrada utilizados na simulação dos cenários parametrizados podem ser vistos nos Quadros 18 e 19.

PERÍODO QUENTE E SECO									
Parâmetro		Valor							
Data inicial de simulação		24/11/2015							
Horário inicial <sup>2</sup>		21:00 horas							
Duração total		52 horas							
Intervalo de registro		60 minutos							
Velocidade média dos ventos (10 metros acima do solo)		2.7 m/s							
Direção dos ventos		90°							
Rugosidade Z0 (ponto de referência)		0.1 m							
Temperatura inicial da atmosfera		302.34 K (29.19°C)							
Umidade específica (2500 metros)		2.92 g/kg							
Umidade relativa (2 metros)		64.8%							
Fator de ajuste para radiação solar		0.92 W/m <sup>2</sup>							
Simple Forcing <sup>3</sup>	Temperatura do ar (em K) (Hora   Valor)	(00:00)	297,45	(06:00)	300,55	(12:00)	311,65	(18:00)	301,85
		(01:00)	297,25	(07:00)	302,95	(13:00)	312,95	(19:00)	300,05
		(02:00)	296,85	(08:00)	305,35	(14:00)	312,85	(20:00)	299,35
		(03:00)	296,05	(09:00)	308,15	(15:00)	311,85	(21:00)	298,95
		(04:00)	295,35	(10:00)	310,15	(16:00)	308,25	(22:00)	298,55
		(05:00)	296,85	(11:00)	311,05	(17:00)	304,95	(23:00)	297,95
	Umidade relativa (Hora   %)	(00:00)	81	(06:00)	72	(12:00)	24	(18:00)	76
		(01:00)	81	(07:00)	52	(13:00)	22	(19:00)	78
		(02:00)	79	(08:00)	43	(14:00)	21	(20:00)	78
		(03:00)	78	(09:00)	35	(15:00)	41	(21:00)	77
		(04:00)	83	(10:00)	30	(16:00)	54	(22:00)	79
		(05:00)	86	(11:00)	25	(17:00)	68	(23:00)	80

**Quadro 18 – Parâmetros de entrada para simulação dos cenários propostos nos períodos quente e seco**

Fonte: Silva (2019); Torres (2017); a autora.

<sup>2</sup> Segundo TORRES (2017) o horário inicial da simulação prognostica condições de atmosfera estáveis, onde a temperatura pode ser considerada igual entre as camadas atmosféricas.

<sup>3</sup> Segundo informações dadas no software, o *Simple Forcing* permite modificações dinâmicas dos valores meteorológicos de temperatura do ar e umidade relativa no nível de 2 m, durante o ciclo de 24 horas.

PERÍODO QUENTE E ÚMIDO									
Parâmetro	Valor								
Data inicial de simulação	08/03/2011								
Horário inicial <sup>2</sup>	21:00 horas								
Duração total	52 horas								
Intervalo de registro	60 minutos								
Velocidade média dos ventos (10 metros acima do solo)	2.7 m/s								
Direção dos ventos	90°								
Rugosidade Z0 (ponto de referência)	0.1 m								
Temperatura inicial da atmosfera	302.34 K (29.19°C)								
Umidade específica (2500 metros)	2.92 g/kg								
Umidade relativa (2 metros)	64.8%								
Fator de ajuste para radiação solar	0.92 W/m <sup>2</sup>								
Simple Forcing	Temperatura do ar (em K) (Hora   Valor)	(00:00)	296,65	(06:00)	298,65	(12:00)	307,35	(18:00)	300,65
		(01:00)	296,35	(07:00)	300,75	(13:00)	311,05	(19:00)	297,85
		(02:00)	296,25	(08:00)	303,35	(14:00)	308,05	(20:00)	299,15
		(03:00)	295,95	(09:00)	304,25	(15:00)	305,45	(21:00)	299,15
		(04:00)	295,85	(10:00)	305,25	(16:00)	303,65	(22:00)	298,95
		(05:00)	296,05	(11:00)	306,55	(17:00)	301,85	(23:00)	296,85
	Umidade relativa (Hora   %)	(00:00)	93	(06:00)	100	(12:00)	51	(18:00)	75
		(01:00)	95	(07:00)	87	(13:00)	48	(19:00)	81
		(02:00)	97	(08:00)	74	(14:00)	56	(20:00)	81
		(03:00)	99	(09:00)	65	(15:00)	59	(21:00)	83
		(04:00)	100	(10:00)	62	(16:00)	69	(22:00)	85
		(05:00)	100	(11:00)	55	(17:00)	73	(23:00)	93

Quadro 19 – Parâmetros de entrada para simulação dos cenários propostos nos períodos quente e úmido  
Fonte: Silva (2019); Torres (2017); a autora.

Após a configuração dos parâmetros de entrada, as simulações foram iniciadas. Enquanto isso, os procedimentos de metodologia de análise dos dados de saída passaram a ser criados, estabelecendo que os valores de temperatura do ar e umidade específica dos cenários parametrizados seriam investigados e o modo de filtragem desses dados estão explicados no tópico a seguir.

#### 4.4 SELEÇÃO E TABULAÇÃO DOS DADOS DE SAÍDA DAS SIMULAÇÕES

A partir dos arquivos resultantes das simulações dos cenários parametrizados, foi utilizado uma extensão do ENVI-Met de nome *Leonardo* (versão 3.3), que produz mapas temáticos relativos aos dados de saída – individuais ou combinados – selecionados pelo usuário. Cada imagem bidimensional é gerada a partir de uma grade de células agrupadas tridimensionalmente de forma linear, que representa o cenário parametrizado simulado, onde é possível selecionar a direção e a altura na qual se deseja visualizar sem que haja interferência visual do que está localizado nos demais filamentos de células (figura 15).

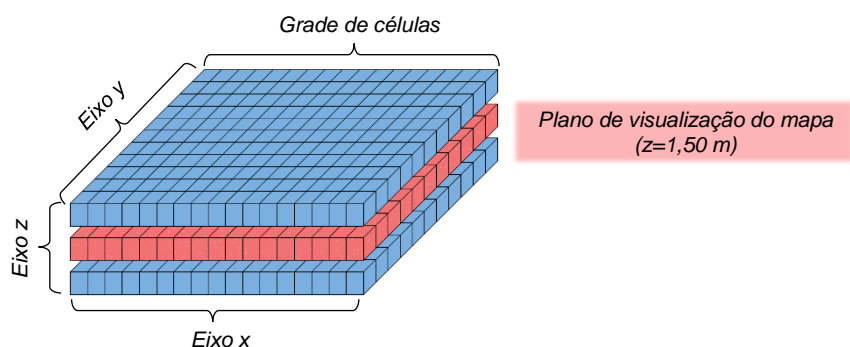


Figura 15 – Ilustração representativa da visualização dos cenários simulados nos eixos X-Y  
Fonte: a autora.

Cada célula armazena as informações das variáveis disponíveis após a simulação de maneira independente, de forma que é possível saber tanto as coordenadas exatas quanto o número de células nas quais determinados valores estão registrados. Logo, sabendo-se que as dimensões das células nos eixos *x* e *y* foram programadas para o tamanho de 2,00x2,00 metros<sup>4</sup>, cada célula equivale a 4,00 metros quadrados da área do cenário, o que permite examinar a área de influência e os valores mínimos, médios e máximos das variáveis analisadas através de planilhas, de maneira a proporcionar as informações necessárias para as análises sugeridas.

Além disso, foram elaborados gráficos e mapas representativos da temperatura do ar e umidade específica dos períodos quente e seco e quente e úmido, de cada cenário com arborização, solo gramado e solo exposto, às 09:00, às 15:00 e às 21:00 horas, a partir da visualização dos eixos X-Y, com o eixo z igual a 1,50 metros. Como forma de análise complementar para parte dos resultados, foram gerados os mapas de velocidade do vento nos períodos quente/seco e quente/úmido às 15:00 horas dos cenários com arborização, que podem ser visualizados no Apêndice B.

Assim, o capítulo a seguir apresenta os resultados e análises gerados pelas simulações parametrizadas, divididas em duas partes: a primeira parte da análise, utiliza as informações referentes a quantidade de células nas quais cada valor das variáveis a serem analisadas foi registrado nos cenários com arborização no período quente e seco e no período quente e úmido, para ter conhecimento da área de influência da temperatura do ar mínima e umidade específica máxima comuns em todos os cenários arborizados, apresentados em quadros, gráficos e mapas higrotérmicos para análise comparativa; a segunda parte da análise apresenta os valores mínimos, médios e máximos da temperatura do ar e umidade específica nos períodos quente/seco e quente/úmido, agrupadas em tabelas e ilustradas em mapas higrotérmicos e gráficos, para comparar o desempenho dos cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto nos horários definidos.

---

<sup>4</sup> Ver Quadro 10.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, os resultados das simulações dos cinco cenários parametrizados são apresentados de maneira comparativa entre si, considerando os dados gerados para os seguintes horários: 09:00h, 15:00h e 21:00h. As análises abarcam os comportamentos hidrotérmicos em dias representativos do período quente e seco (26/11/2015) e do período quente e úmido (10/03/2011). Os mapas de temperatura do ar e umidade específica do ar apresentam os dados das simulações computacionais na camada referente a 1,50m do solo.

As análises foram divididas em dois grupos. O primeiro aborda a análise do comportamento higrotérmico dos cenários estudados, a partir da quantificação das áreas de influência com os menores valores de temperatura do ar e maiores valores de umidade específica do ar, com a finalidade de analisar o desempenho das áreas verdes com diferentes configurações espaciais na malha urbana. O segundo grupo aborda a análise da influência da presença ou ausência de vegetação arbórea ou gramínea no comportamento microclimático dos cinco cenários estudados, considerando cenários de áreas verdes com diferentes situações: com arborização, com solo gramado e com solo exposto.

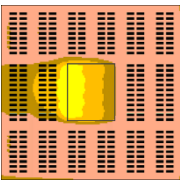
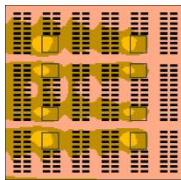
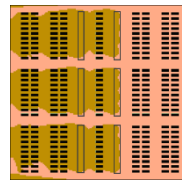
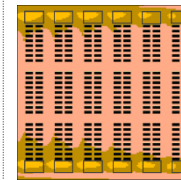
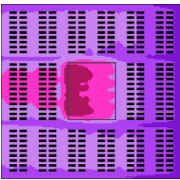
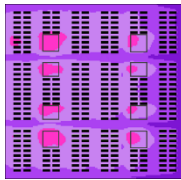
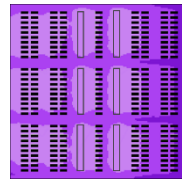
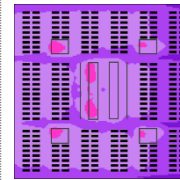
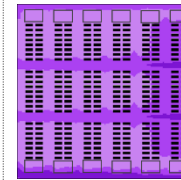
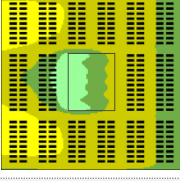
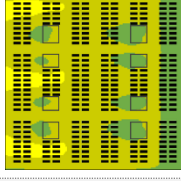
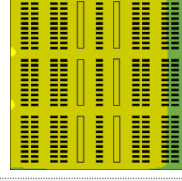
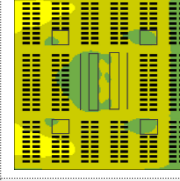
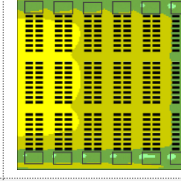
### 5.1 ANÁLISE DA ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS VERDES URBANAS

Os cinco cenários hipotéticos foram analisados considerando a presença de vegetação arbórea nas áreas verdes, conforme descrito nos Procedimentos Metodológicos. Para análise do desempenho da espacialização das áreas verdes, optou-se por identificar a extensão da influência destas áreas em cada cenário estudado por meio da quantificação das áreas referentes à temperatura do ar mínima e umidade específica máxima em cada cenário, nos três horários analisados.

Para classificação do intervalo de temperatura do ar mínima, considerou-se o valor mínimo comum encontrado nos cinco cenários, o que denominamos temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ). Da mesma forma, para classificação do intervalo de umidade específica máxima do ar, considerou-se o valor máximo comum encontrado nos cinco cenários, o que denominamos umidade específica máxima comum ( $UE_{\max C}$ ). As análises foram realizadas considerando o período quente e seco e o período quente e úmido.

#### 5.1.1 Período quente e seco

Os mapas dos cenários parametrizados, referentes ao período quente e seco, foram sintetizados no Quadro 20, o qual mostra os resultados obtidos quanto ao comportamento da temperatura do ar ao nível do usuário (1,50m do solo) nos cinco cenários estudados, nos horários de 9h, 15h e 21h.

	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuído	Linear	Misto	Periférico
<b>09 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	20.528,00 m <sup>2</sup>	35.392,00 m <sup>2</sup>	34.972,00 m <sup>2</sup>	31.152,00 m <sup>2</sup>	24.064,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	24,4%	<b>42,1%</b>	41,6%	37,1%	28,6%
Legenda	27,8°C a 28,5°C (mín)		29,2°C a 29,9°C (TA <sub>mínC</sub> )		
<b>15 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	43.508,00 m <sup>2</sup>	44.600,00 m <sup>2</sup>	35.920,00 m <sup>2</sup>	42.740,00 m <sup>2</sup>	40.948,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	51,8%	<b>53,1%</b>	42,7%	50,8%	48,7%
Legenda	35,5°C a 36,2°C (mín)		36,9°C a 37,6°C (TA <sub>mínC</sub> )		
<b>21 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	62.084,00 m <sup>2</sup>	66.908,00 m <sup>2</sup>	71.104,00 m <sup>2</sup>	67.108,00 m <sup>2</sup>	59.316,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	73,9%	79,6%	<b>84,6%</b>	79,8%	70,6%
Legenda	25,7°C a 26,4°C (mín)		27,1°C a 27,8°C (TA <sub>mínC</sub> )		

**Quadro 20 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da temperatura do ar mínima comum (TA<sub>mínC</sub>) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e seco.**

Fonte: a autora.

A partir dos mapas obtidos, observou-se que, às 09:00 horas, a tipologia Central apresentou o intervalo com as menores temperaturas do ar (27,8°C a 28,5°C), o que pode ser justificado pela concentração da massa arbórea em uma única área, com área de sombreamento mais densa entre todos os cenários analisados. Porém, a área de influência, ao considerar o menor intervalo de temperatura do ar comum em todos os cenários (TA<sub>mínC</sub>, de 29,2°C a 29,9°C), apresenta-se bastante diferente em cada tipologia de espacialização, com destaque para o cenário Distribuído, cuja área de influência envolveu 42,1% da área total do cenário (quadro 20).

Esse resultado corresponde a uma área 17,7% maior em comparação aos demais cenários, identificando a tipologia com as áreas verdes distribuídas com melhor desempenho neste horário. Este resultado pode ser justificado pela espacialização subdividida da área verde em toda porção do cenário. Os cenários Linear e Misto seguem, respectivamente, com a influência da área verde ocupando 41,6% e 37,1% de suas áreas gerais, de forma difundida a sota-vento das mesmas, enquanto que o posicionamento da área verde nos cenários Periférico e Central pouco auxiliou para difundir sua influência nos cenários, ocupando apenas 28,6% e 24,4% das áreas totais de cada tipologia, respectivamente (quadro 20).

Às 15:00 horas, assim como citado anteriormente, o cenário Central apresentou temperatura do ar (35,5°C a 36,2°C) como o menor intervalo de valores, igualmente fundamentado pela concentração da vegetação e sombreamento, porém não difundiu sua influência para além da delimitação de sua própria área. No contexto marcado pelo intervalo com a menor temperatura do ar comum ( $TA_{\min C}$ , de 36,9°C a 37,6°C), o cenário Distribuído apresentou maior área de influência, ocupando 53,1% do total, explicado pela divisão da área verde pelo cenário e influência da ventilação que, em conjunto com a espacialização da massa arbórea, foi responsável pela dispersão da área de influência (quadro 20).

A diferença da área de influência entre os cenários é menos expressiva no horário da tarde ao compará-la com os resultados apresentados no horário da manhã, sendo de até 10,4% quando comparados os percentuais da tipologia Distribuída (maior percentual de área de influência no horário) e da tipologia Linear (menor percentual de área de influência no horário). Os cenários Central e Misto apresentaram resultados semelhantes, com redução de até 2,3% no percentual de área de influência em relação ao cenário Distribuído (que possui o maior percentual de área de influência). No cenário Periférico, a influência da área verde foi estendida às quadras centrais, ocupando 48,7% da área total, enquanto no cenário Linear teve influência 6% menor que a tipologia Periférica, ambos resultados justificados pela velocidade da ventilação que foi reduzida nas áreas verdes, uma vez que as espacializações desses cenários promoveram um efeito de barreira (quadro 20).

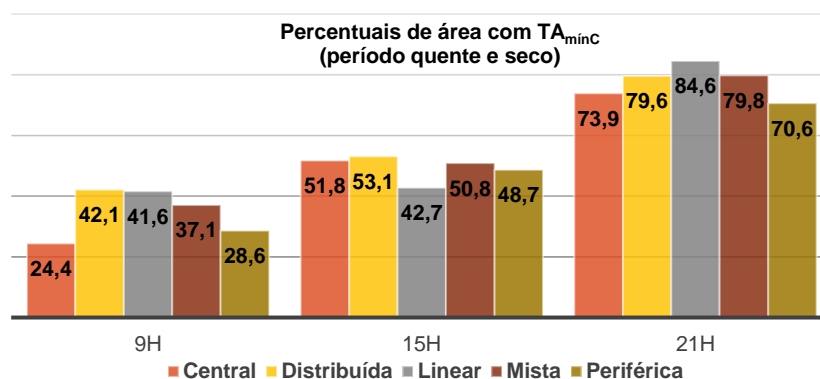
Quanto as análises das 21:00 horas, os cenários Central e Periférico apresentaram o menor intervalo de temperatura do ar (25,7°C a 26,4°C), levando sua influência às regiões a sota-vento das áreas verdes, porém na comparação entre todos os cenários, a área de influência mínima comum ( $TA_{\min C}$ , de 27,1°C a 27,8°C), apresenta-se maior no cenário Linear, ocupando 84,6% da área do modelo e uma diferença de até 14% em relação as outras tipologias de espacialização. É importante salientar que, a ausência da radiação solar direta no horário é um fator condicionante para o elevado percentual de área de influência, uma vez

que a diferença de temperatura do ar presente nas áreas verdes e seu entorno é pouco distinta (quadro 20).

Os resultados obtidos mostram que as maiores diferenças dos percentuais de área de influência entre os cenários ocorrem nos horários da manhã e noite. No período da tarde, essa diferença é menor, provavelmente, devido aos valores de temperatura do ar mais elevados e a redução da umidade específica. Neste caso, o fator de espacialização apresenta-se mais importante quanto ao desempenho térmico dos ambientes urbanos, uma vez que promove diferentes áreas de influência na malha ao longo do dia.

Em suma, verifica-se que o cenário Distribuído apresentou maior área de influência da vegetação, quando comparado aos demais cenários, seguido pela tipologia Linear, com diferença no percentual de área de influência de apenas 0,5%, no comparativo dos percentuais das tipologias Distribuída e Linear, no período matutino. Às 15:00 horas, o cenário Distribuído permaneceu com a maior área de influência sobre o espaço analisado, acompanhado pelos cenários Central e Misto, dos quais apresentou diferença de 1,3% e 2,3%, respectivamente, quando comparados ao maior índice registrado.

O cenário Linear apresentou o pior desempenho, mantendo um percentual de área semelhante ao do período diurno, enquanto que os demais cenários apresentaram desempenho análogos. No horário noturno, o desempenho dos cenários apresentou diferenças significativas, com o cenário Linear apresentando a maior área de influência, seguido pelos cenários Misto e Distribuído, respectivamente com diferenças de 4,8% e 5%, em comparação ao resultado do anteriormente citado. O gráfico abaixo sintetiza os percentuais de área com temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ) em todos os cenários nos três horários analisados (gráfico 01).



**Gráfico 01 – Percentuais de área com temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e seco.**

Fonte: a autora.

Pelo conjunto de informações e baseando-se nos percentuais atingidos, as tipologias Distribuída e Mista apresentam melhores resultados, uma vez que a espacialização das áreas

verdes e o arranjo da massa vegetada desses cenários foram fatores condicionantes para os efeitos registrados. Mesmo que o cenário Central tenha apresentado, com frequência, temperaturas do ar mais baixas devido a aglomeração da massa vegetada, a sua área de influência limitou-se, principalmente, as quadras a sota-vento da mesma, sem muito intervir nas demais adjacências.

O Quadro 21 mostra os mapas dos cenários parametrizados e os resultados adquiridos quanto ao comportamento da umidade específica do ar ao nível do usuário (1,50m do solo) nos cinco cenários estudados, nos horários de 9h, 15h e 21h.

	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuído	Linear	Misto	Periférico
<b>09 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	23.608,00 m <sup>2</sup>	21.848,00 m <sup>2</sup>	20.416,00 m <sup>2</sup>	24.496,00 m <sup>2</sup>	27.128,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	28,1%	26,0%	24,3%	29,1%	<b>32,3%</b>
Legenda	10,8g/kg a 11,1g/kg (máx)			9,6g/kg a 9,9g/kg (UE <sub>máxC</sub> )	
<b>15 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	21.772,00 m <sup>2</sup>	21.040,00 m <sup>2</sup>	18.464,00 m <sup>2</sup>	23.004,00 m <sup>2</sup>	27.328,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	25,9%	25,0%	22,0%	27,4%	<b>32,5%</b>
Legenda	9,3g/kg a 9,6g/kg (máx)			7,8g/kg a 8,1g/kg (UE <sub>máxC</sub> )	
<b>21 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	42.484,00 m <sup>2</sup>	36.312,00 m <sup>2</sup>	40.736,00 m <sup>2</sup>	42.808,00 m <sup>2</sup>	39.592,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	50,5%	43,2%	48,5%	<b>50,9%</b>	47,1%
Legenda	12,6g/kg a 12,9g/kg (UE <sub>máxC</sub> )				

Quadro 21 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da umidade específica máxima comum (UE<sub>máxC</sub>) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e seco.

Fonte: a autora.



Às 09:00 horas, o cenário Central apresentou o maior intervalo de umidade específica (10,8g/kg a 11,1g/kg), localizado na margem esquerda da área verde e com pequena influência a sota-vento da mesma, explicado pela concentração de espécies arbóreas que compõe o cenário. Contudo, o maior intervalo de umidade específica presente em todos os cenários ( $UE_{máxC}$ , de 9,6g/kg a 9,9g/kg), ocupa 32,3% do cenário Periférico, sendo a tipologia com maior percentual registrado. É importante observar que sua atuação está limitada às próprias áreas verdes e as quadras da margem leste do cenário, cuja ação dos ventos é maior (quadro 21).

Os cenários Misto e Central apresentaram redução da área de influência em torno de 3,2% e 4,2%, respectivamente, quando comparados aos percentuais apresentados pelo cenário Periférico, porém com atuações nas quadras a sota-vento dos espaços verdes, com extensão maior na direção oeste no cenário Central e pequena diferença entre ambos, justificado pela espacialização centralizada de área verde semelhante nas tipologias espaciais (quadro 21).

Já os cenários Distribuído e Linear apresentaram as menores áreas de influência do horário matutino, com redução de até 8% quando comparados aos percentuais apresentados na tipologia Periférica, justificado pelas dimensões das áreas verdes que comportam agrupamentos arbóreas de menor densidade, principalmente na tipologia Linear. Ainda assim, suas áreas de atuação seguem às quadras a sota-vento das mesmas, com o cenário Distribuído apresentando ainda valores de umidade específica de até 10,2g/kg (quadro 21).

Quanto aos resultados das 15:00 horas, o cenário Central apresentou áreas de influência com umidade específica máxima de até 9,6g/kg, localizada a sota-vento da área verde, explicado pela concentração da massa vegetada existente na tipologia. Ainda assim, ao considerar o menor intervalo de umidade específica comum em todos os cenários ( $UE_{máxC}$ , de 7,8g/kg a 8,1g/kg), a tipologia Periférica apresenta maior percentual, ocupando 32,5% do cenário sob essa influência, mesmo sua atuação sobre as quadras edificadas sendo limitada (quadro 21).

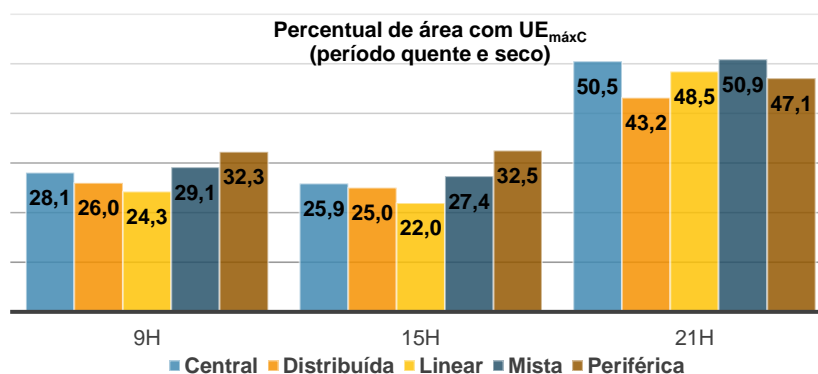
No cenário Misto, a área de  $UE_{máxC}$  é de 27,4%, sendo 5,1% menor que na tipologia Periférica no horário vespertino, mesmo sua atuação sendo dispersa, principalmente, nas zonas a sota-vento das porções de área verde existentes no espaço analisado. Os cenários Central e Distribuído apresentam área de  $UE_{máxC}$  de 25,9% e 25%, respectivamente, sendo até 7,5% menor que a tipologia Periférica, com ambas atuando apenas a sota-vento da área verde, porém de modo disperso no espaço analisado, demonstrando que a espacialização interfere na ação das áreas verdes sobre o território. Já o cenário Linear apresentou o menor percentual de área de influência (10,5% menor em relação a tipologia Periférica), com atuação

limitada devido a espacialização das quadras, edificações e a interferência da velocidade dos ventos (quadro 21).

Sobre os resultados mostrados às 21:00 horas, os cenários apresentaram os mesmos intervalos de umidade específica, porém com áreas de influência distintas devido as espacializações das áreas verdes presente em cada cenário. Dessa forma, na comparação entre os cenários, o intervalo de  $UE_{máxC}$  encontrado (de 12,6g/kg a 12,9g/kg), está presente em 50,9% e 50,5% dos cenários Misto e Central, respectivamente, justificado pelas semelhanças de espacialização da área verde em cada espaço analisado (quadro 21).

Já os cenários Linear e Periférico apresentaram área de influência de 48,5% e 47,1% (sendo até 3,8% menor em relação a tipologia Mista), presente na mesma região do espaço analisado e é explicado pela velocidade dos ventos nas áreas verdes que é semelhante em ambos os cenários. Assim como na temperatura do ar, a ausência da radiação solar direta no horário também interfere nos resultados, uma vez que a umidade presente no ar é maior devido as baixas temperaturas (quadro 21).

Apesar da tipologia Central apresentar os maiores intervalos de umidade específica em todos os horários analisados, sua área de influência é limitada ao seu entorno próximo, principalmente a sota-vento da área verde. Mesmo com a tipologia Periférica mostrando maior percentual de área de influência nos horários das 09:00 e 15:00 horas, as tipologias Central, Mista e Distribuída apresentaram grande dispersão da atuação das áreas verdes nos cenários, com pequenas diferenças nos percentuais de áreas de influência quando comparadas ao cenário Periférico, principalmente no período diurno (mais crítico devido aos menores valores registrados de umidade específica). A seguir, o Gráfico 02 resume os percentuais de áreas de influência da umidade específica máxima comum ( $UE_{máxC}$ ) dos cenários nos três horários considerados.



**Gráfico 02 – Percentuais de área com umidade específica máxima comum ( $UE_{máxC}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e seco**

Fonte: a autora.

As espacializações de área verde promovem diferentes efeitos de influência nos cenários e, com base nas informações apresentadas, os cenários Distribuído e Misto se

destacam pela dispersão da influência de suas áreas verdes nos espaços analisados, sendo assim, especializações com melhor desempenho no que concerne a umidade específica.

### 5.1.2 Período quente e úmido

Os mapas dos cenários parametrizados, referentes ao período quente e úmido estão presentes no Quadro 22, no qual mostra os resultados obtidos quanto ao comportamento da temperatura do ar ao nível do usuário (1,50m do solo) nos cinco cenários estudados, nos horários de 9h, 15h e 21h.

	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuído	Linear	Misto	Periférico
<b>09 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	21.732,00 m <sup>2</sup>	35.604,00 m <sup>2</sup>	36.128,00 m <sup>2</sup>	31.408,00 m <sup>2</sup>	20.444,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	25,9%	42,4%	<b>43,0%</b>	37,4%	24,3%
Legenda	26,4°C a 27,1°C (mín)		27,1°C a 27,8°C (TA <sub>mínC</sub> )		
<b>15 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	10.572,00 m <sup>2</sup>	5.620,00 m <sup>2</sup>	1.516,00 m <sup>2</sup>	4.796,00 m <sup>2</sup>	3.320,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	<b>12,6%</b>	6,7%	1,8%	5,7%	3,9%
Legenda	30,6°C a 31,3°C (mín)		31,3°C a 32,0°C (TA <sub>mínC</sub> )		
<b>21 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	52.776,00 m <sup>2</sup>	60.848,00 m <sup>2</sup>	71.020,00 m <sup>2</sup>	61.920,00 m <sup>2</sup>	46.984,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	62,8%	72,4%	<b>84,5%</b>	73,7%	55,9%
Legenda	Abaixo de 25,7°C (mín)		25,7°C a 26,4°C (TA <sub>mínC</sub> )		

Quadro 22 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da temperatura do ar mínima comum (TA<sub>mínC</sub>) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e úmido.

Fonte: a autora.

Com os mapas alcançados, observou-se que, no horário matutino, a tipologia Central proporcionou o intervalo com as menores temperaturas do ar (26,4°C a 27,1°C), o que pode ser explicado pela concentração da massa arbórea na única área existente no cenário, produzindo uma área de sombreamento mais densa em comparação aos cenários analisados. Todavia, a área de influência, ao considerar o menor intervalo de temperatura do ar comum em todos os cenários ( $TA_{\min C}$ , de 27,1°C a 27,8°C), apresenta-se em destaque nos cenários Linear e Distribuído, no qual encontra-se presente em 43% e 42,4%, dos seus respectivos cenários (quadro 22).

É importante destacar que, além da pequena diferença entre os percentuais encontrados nestes cenários, o cenário Distribuído apresenta sua dispersão sobre um número maior de quadras, podendo ser justificado pela sua espacialização na malha simulada. Da mesma maneira, o cenário Misto apresentou resultado semelhante ao anteriormente citado, onde a área de influência ocupou 37,4% do cenário. Já os cenários Central e Periférico apresentaram as menores áreas de influência, o que pode ser justificado pelas suas espacializações, uma vez que apresentam dispersão da influência bastante direcionada apenas às regiões a sota-vento das mesmas (quadro 22).

Quanto aos resultados das 15:00 horas, verifica-se novamente que o cenário Central apresenta o menor intervalo de temperatura do ar (30,6°C a 31,3°C), mostrando que o adensamento da massa arbórea proporciona diferença significativa nos valores simulados. Diante disso, destaca-se que o menor intervalo de temperatura do ar comum em todos os cenários ( $TA_{\min C}$ , de 31,3°C a 32,0°C) ocupou 12,6% do cenário Central, sendo a maior área de influência entre os cenários analisados. O cenário Distribuído apresentou cerca da metade da área de influência registrada na tipologia Central, com resultados semelhante no cenário Misto, ocupando 6,7% e 5,7% da área simulada, respectivamente (quadro 22).

Já os cenários Periférico e Linear obtiveram os menores desempenhos do horário vespertino, registrando apenas 3,9% e 1,8% de área de influência, respectivamente, podendo ser explicado pelas suas espacializações. Ainda é possível perceber que a influência se encontra bastante restrita às próprias áreas verdes (com exceção ao cenário Central), o que pode ser justificado pela pequena diferença de temperatura do ar encontrada nas áreas verdes em comparação com suas adjacências, devido a maior umidade do período analisado (quadro 22).

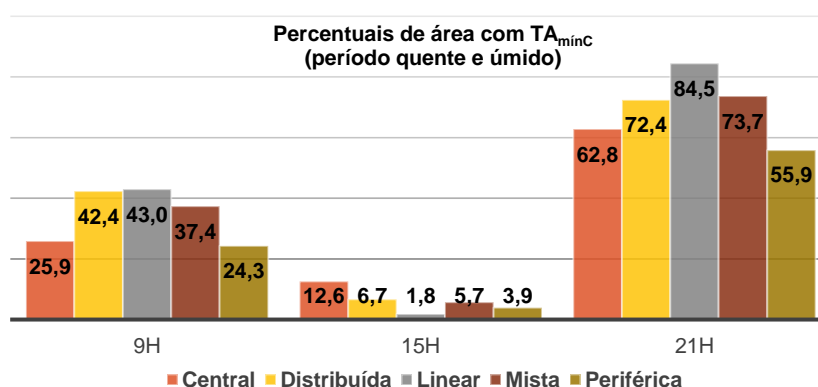
Os resultados simulados às 21:00 horas apresentaram o menor intervalo de temperatura do ar (abaixo de 25,7°C) em todos os cenários, com exceção da tipologia Linear. Em contrapartida, quanto ao menor intervalo de temperatura do ar comum em todos os cenários ( $TA_{\min C}$ , de 25,7°C a 26,4°C), o mesmo registrou área de influência de 84,5%, sendo

o maior percentual entre as tipologias analisadas, o que pode ser explicado por sua espacialização, que não apresentou grandes áreas sob influência de temperatura do ar mais elevada, como ocorreu nos demais cenários (quadro 22).

Ainda assim, a  $TA_{\min C}$  registrada nos cenários Misto e Distribuído apresentou-se de modo expressivo no horário noturno, ocupando 73,7% e 72,4% dos respectivos cenários, com suas espacializações determinando a área de influência, a julgar pelas áreas sob efeito de temperatura do ar mais elevadas presentes nos mesmos. Quanto aos cenários Central e Periférico, que apresentaram área de influência de 62,8% e 55,9%, respectivamente, mostram como a espacialização provoca diferença na ação das áreas verdes nos cenários (quadro 22).

Com base nos resultados apresentados, nota-se que os horários do período da manhã e noite apresentaram as maiores diferenças de percentual entre os cenários, com os resultados da manhã possivelmente justificados pelo desempenho térmico diferenciado no padrão de aquecimento dos ambientes urbanos. Dessa forma, a espacialização adotada tem impacto direto no desempenho térmico das áreas urbanas, já que proporciona diferentes áreas de influência (quadro 22).

De maneira geral, os cenários Distribuído, Linear e Misto apresentaram as maiores áreas de influência nos períodos diurno e noturno, onde a temperatura do ar apresenta valores amenos e suas espacializações justificam os percentuais registrados. A diferença entre os percentuais de área de influência são de até 18,7% às 09:00 horas e de 28,6% às 21:00 horas, demonstrando a relação entre a espacialização e o desempenho térmico nos espaços urbanos. Já no horário do período vespertino, as diferenças nos percentuais das áreas de influência são menores, marcando 10,8% entre o maior percentual registrado no cenário Central e o menor registrado na tipologia Linear. O gráfico abaixo sintetiza o percentual das áreas de influência da temperatura do ar mínima em todos os cenários nos três horários analisados (gráfico 03).

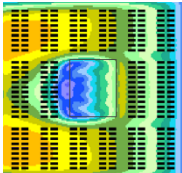
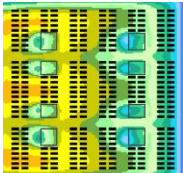
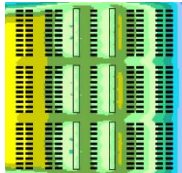
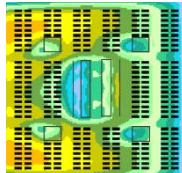
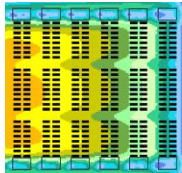
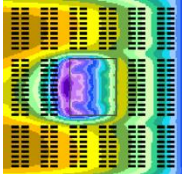
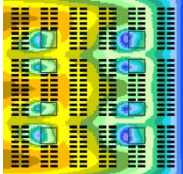
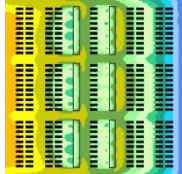
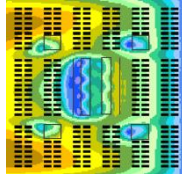
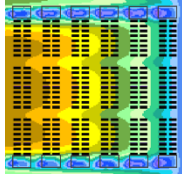
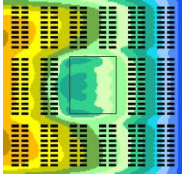
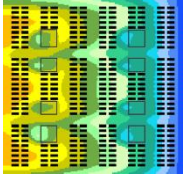
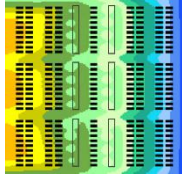
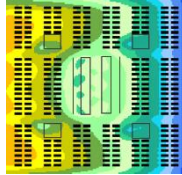
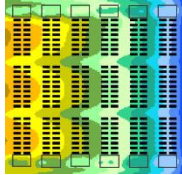


**Gráfico 03 – Percentuais de área com temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e úmido.**

Fonte: a autora.

Baseando-se nas informações apresentadas, verifica-se que os cenários Distribuído, Linear e Misto apresentam melhores resultados, o que pode ser justificado por suas espacializações, ainda que o cenário Central também apresente grandes percentuais de áreas de influências, sua ação no cenário é reduzida a sua própria delimitação, gerando baixa influência nas áreas adjacentes a mesma.

O Quadro 23 mostra os mapas dos cenários parametrizados e os resultados adquiridos quanto ao comportamento da umidade específica ao nível do usuário (1,50m do solo) nos cinco cenários estudados, nos horários de 9h, 15h e 21h.

	CENÁRIOS PARAMETRIZADOS				
	Central	Distribuído	Linear	Misto	Periférico
<b>09 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	25.088,00 m <sup>2</sup>	22.868,00 m <sup>2</sup>	20.804,00 m <sup>2</sup>	25.444,00 m <sup>2</sup>	30.704,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	29,8%	27,2%	24,7%	30,3%	<b>36,5%</b>
Legenda	15,3g/kg a 15,4g/kg (máx)		14,5g/kg a 14,6g/kg (UE <sub>máxC</sub> )		
<b>15 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	26.752,00 m <sup>2</sup>	26.444,00 m <sup>2</sup>	23.076,00 m <sup>2</sup>	28.124,00 m <sup>2</sup>	30.288,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	31,8%	31,5%	27,5%	33,5%	<b>36,0%</b>
Legenda	Acima de 15,8g/kg (máx)		14,5g/kg a 14,6g/kg (UE <sub>máxC</sub> )		
<b>21 horas</b>					
Mapas dos cenários (S/E)					
Área de influência	46.536,00 m <sup>2</sup>	43.592,00 m <sup>2</sup>	52.904,00 m <sup>2</sup>	48.112,00 m <sup>2</sup>	44.608,00 m <sup>2</sup>
Percentual de área de influência	55,4%	51,9%	<b>62,9%</b>	57,2%	53,1%
Legenda	14,3g/kg a 14,4g/kg (UE <sub>máxC</sub> )				

**Quadro 23 – Mapas dos cinco cenários parametrizados com identificação da umidade específica máxima comum (UE<sub>máxC</sub>) e sua área de influência, nos horários 9h, 15h e 21h, a 1,50m do solo, no período quente e úmido.**

Fonte: a autora.

Como consequência do período analisado, as diferenças entre a mínima e a máxima umidade específica nos cenários é baixa, permitindo maior refinamento nos resultados coletados. Nos resultados apresentados às 09:00 horas, o cenário Central registra o maior intervalo de umidade específica (15,3g/kg a 15,4g/kg), apresentando pequena influência na região adjacente a sota-vento da área verde, provavelmente sob a ação da massa arbórea existente no cenário. Entretanto, o maior intervalo de umidade específica presente em todos os cenários ( $UE_{máxC}$ , de 14,5g/kg a 14,6g/kg) promove uma área de influência de 36,5% no cenário Periférico e de 30,3% na tipologia Mista, sendo as maiores áreas de influência presentes tanto nas áreas verdes quanto em parte de suas adjacências, principalmente no cenário Misto, o que pode ser justificado pela sua espacialização (quadro 23).

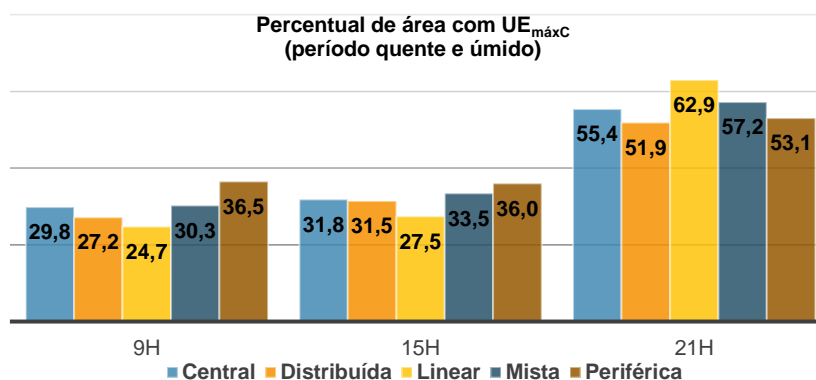
Os cenários Central, Distribuído e Linear apresentaram áreas de influência análogas, de maneira que seus percentuais de 29,8%, 27,2% e 24,7%, respectivamente, encontram-se atuando próximo as áreas verdes seguindo as espacializações típicas de cada cenário. É importante observar que nas áreas verdes de todos os cenários, exceto na tipologia Linear, é possível encontrar outros valores de umidade específica, maiores que o  $UE_{máxC}$ . A ausência desses valores nas áreas verdes no cenário Linear pode ser explicada pela sua espacialização, que não promove condições suficientemente favoráveis para se atingir esses valores (quadro 23).

Assim como no horário da manhã, os resultados apresentados às 15:00 horas mostraram o cenário Central com umidade específica acima de 15,8g/kg, sendo o maior intervalo de umidade específica entre os cenários e se encontra presente na área verde e na região a sota-vento da mesma, o que pode ser explicado pela ação da massa arbórea existente no cenário (quadro 23).

Quanto ao maior intervalo de umidade específica presente em todos os cenários no horário vespertino ( $UE_{máxC}$ , de 14,5g/kg a 14,6g/kg), são nas tipologias Periférica e Mista que estão os maiores percentuais de área de influência, ocupando 36% e 33,5%, respectivamente, onde é possível notar que, principalmente no cenário Misto, a área de influência é dispersa seguindo o padrão da espacialização adotada pelas áreas verdes. Já as tipologias Central, Distribuída e Linear mostraram pequenas diferenças em suas áreas de influência, com  $UE_{máxC}$  ocupando 31,8%, 31,5% e 27,5%, respectivamente, também delimitando sua atuação sobre os cenários a partir de cada espacialização (quadro 23).

Quanto aos resultados apresentados às 21:00 horas, o maior intervalo de umidade específica presente em todos os cenários ( $UE_{máxC}$ , de 14,3g/kg a 14,4g/kg) ocupou uma área de influência de 62,9% na tipologia Linear, sendo a maior atuação sobre os cenários analisados e está localizado nas adjacências das áreas verdes presente na tipologia,

reforçando a influência da espacialização na tipologia. Os demais cenários demonstraram desempenhos análogos, com destaque para as tipologias Mista e Central, que obtiveram áreas de influência de 57,2% e 55,4%, respectivamente, enquanto que os cenários Periférico e Distribuído apresentaram 53,1% e 51,9% de área de influência de  $UE_{máxC}$ . É importante destacar que a maior parte dessas atuações se encontram nas adjacências de suas áreas verdes, seguindo o padrão de espacialização definido em cada cenário (quadro 23). A seguir, o Gráfico 04 resume as áreas de influência da umidade específica máxima comum entre os cenários nos três horários considerados.



**Gráfico 04 – Percentuais de área com umidade específica máxima comum ( $UE_{máxC}$ ) nos cinco cenários analisados nos horários de 9h, 15h, e 21h, no período quente e úmido.**

Fonte: a autora.

Mesmo com o cenário Central apresentando os maiores intervalos de umidade específica no período diurno e sua área de influência ser difundida na malha adjacente, as áreas de influência dos demais cenários apresentam melhor desempenho, principalmente nas tipologias Periférica e Mista. Além disso, o cenário Distribuído também apresentou bom desempenho, com grandes áreas de influência às 09:00 e 15:00 horas, seguindo as características de suas espacializações. No período noturno, os cenários Linear, Misto e Central mostraram maiores áreas de influência, apresentando os melhores desempenhos em comparação com as demais tipologias no horário.

### 5.1.3 Síntese comparativa do desempenho da espacialização dos cenários estudados nos períodos quente e seco e quente e úmido

Com base nos resultados apresentados, notou-se que tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido, as maiores diferenças dos percentuais de área de influência da temperatura do ar comum ( $TA_{mínC}$ ) são registradas nos horários da manhã e noite, enquanto que no horário vespertino essas diferenças são menos expressivas. Isso pode ser justificado devido ao fato que, no turno matutino, ocorre o processo de desempenho térmico diferenciado no padrão de aquecimento dos ambientes urbanos, enquanto o fenômeno inverso (de resfriamento dos ambientes urbanos) ocorre no período noturno.



Quanto ao período da tarde, a temperatura do ar elevada e com menor variação explica as menores diferenças dos percentuais de área de influência da  $TA_{\min C}$  nos cenários analisados.

Verificou-se ainda que, em ambos os períodos (quente/seco e quente/úmido), os cenários Distribuído, Linear e Misto apresentaram os maiores percentuais de áreas de influência de  $TA_{\min C}$ , às 09:00 e 21:00 horas, enquanto que no horário da tarde, foram os cenários Central, Distribuído e Misto que mostraram os maiores percentuais de áreas de influência de  $TA_{\min C}$ , o que pode ser justificado pelas espacializações dos cenários estudados.

O cenário Central apresenta-se com bom desempenho às 15:00 horas em ambos os períodos, pois sua espacialização promove a formação de grande massa vegetada e sombreamento, porém seus efeitos são limitados às áreas mais adjacentes e a sota-vento da mesma. É importante destacar os resultados apresentados nas tipologias Distribuída e Mista nos horários analisados, que mostram melhores desempenhos em comparação aos demais cenários, tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido.

Quanto a umidade específica, os resultados apresentaram que, nos horários diurnos dos períodos quente/seco e quente/úmido, as diferenças entre os percentuais de área de influência de umidade específica comum ( $UE_{\max C}$ ) são pouco expressivas, principalmente entre os cenários Periférico, Misto e Central, que apresentaram os maiores percentuais de área de influência de  $UE_{\max C}$ , nessa ordem. Notou-se que o cenário Linear apresentou os menores percentuais de área de influência, tanto às 09:00 como às 15:00 horas, o que pode ser explicado pela sua espacialização que pouco condensa a massa vegetal e diminui a concentração de umidade específica na área verde.

Esse resultado se inverte às 21:00 do período quente e úmido, onde a tipologia Linear apresenta o maior percentual de área de influência de  $UE_{\max C}$ , seguida pelos cenários Misto e Central, nessa respectiva ordem. No período quente e seco, estes mesmos cenários apresentam os maiores percentuais de área de influência de  $UE_{\max C}$ , porém com a influência da tipologia Mista ocupado a maior área do cenário, seguida pelos cenários Central e Linear, respectivamente, seus resultados podem ser justificados pela espacialização das áreas verdes presentes em cada cenário.

Faz-se necessário destacar os resultados apresentados pelos cenários Periférico e Misto nos horários diurnos de ambos os períodos (quente/seco e quente/úmido), além do cenário Distribuído, que apresentou diferenças pouco expressivas no percentual de área de influência de  $UE_{\max C}$ , quando comparado as tipologias Central e Mista, o que se pode explicar pela sua espacialização.

Diante desses apontamentos, é notório que a espacialização adotada para áreas verdes está diretamente relacionada ao desempenho térmico das áreas urbanas, uma vez que promove diferentes áreas de influência na malha ao longo do dia. Destaca-se os desempenhos dos cenários Distribuído e Misto nos horários diurnos analisados, que apresentaram grandes percentuais de área de influência, tanto de temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ) como de umidade específica máxima comum ( $UE_{\max C}$ ), nos períodos quente/seco e quente/úmido.

## 5.2 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NAS ÁREAS VERDES

Nesse tópico, são apresentados os resultados obtidos a partir da simulação com diferentes formas de ocupação das áreas verdes nos cinco cenários estudados nos períodos quente e seco e quente e úmido, com a finalidade de analisar a influência da presença ou ausência de vegetação arbórea ou gramínea no comportamento microclimático dos cenários, considerando áreas verdes em diferentes situações: com arborização, com solo gramado e com solo exposto.

As análises foram feitas nos três horários analisados (09:00h, 15:00h e 21:00h) e os mapas de temperatura do ar e umidade específica apresentam os dados das simulações computacionais na camada referente a 1,50m do solo. Foram analisados a temperatura do ar e umidade específica máxima, média e mínima de cada cenário, de maneira comparativa entre as tipologias de área verde com arborização, com solo gramado e com solo exposto.

### 5.2.1 Análise do cenário Central

No cenário Central analisado no período quente e seco, as temperaturas do ar máximas e médias registraram diferenças de  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, quando comparadas as áreas verdes com arborização em relação àquelas com solo gramado e com solo exposto, sendo considerada pouco expressiva entre as tipologias nos horários analisados. Já com relação a temperatura do ar mínima, a diferença entre a tipologia com arborização em relação as tipologias de solo gramado e solo exposto, às 09:00 horas, é de  $-1,6^{\circ}\text{C}$  e  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, apresentando a influência da vegetação arbórea na redução da temperatura do ar.

Entre os cenários parametrizados, as maiores diferenças encontram-se nos horários diurnos, entre o cenário Central arborizado e com solo gramado, sendo justificado pela espacialização da área verde que promove o agrupamento arbóreo mais denso e o efeito de sombreamento, presentes no cenário com arborização. Às 15:00 horas, a área verde do cenário com arborização apresenta redução de  $-1,2^{\circ}\text{C}$  e  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , no comparativo ao cenário com solo gramado e solo exposto, respectivamente, enquanto que às 21:00 horas, essa

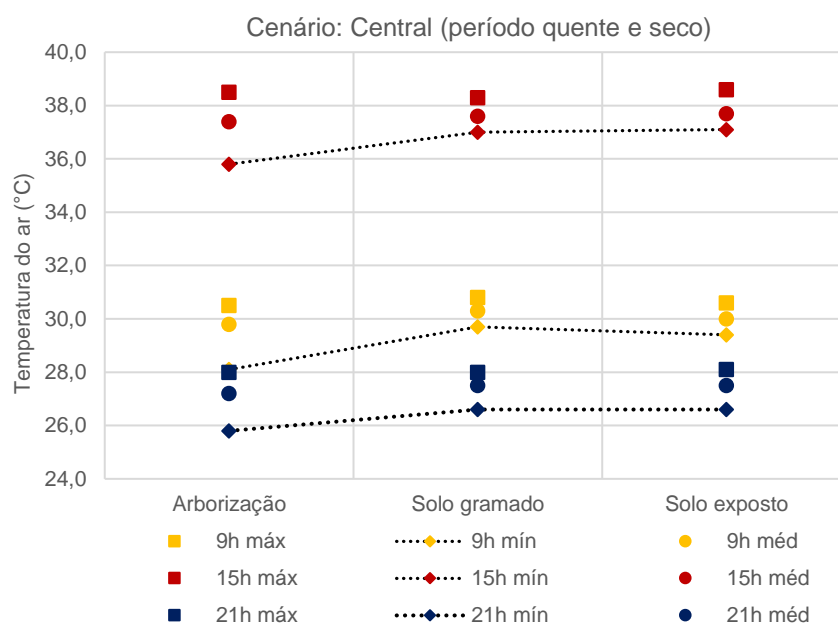
diferença equivale a  $-0,8^{\circ}\text{C}$  de redução da temperatura do ar nos cenários com arborização (tabela 01).

**Tabela 01 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco)**

CENÁRIO CENTRAL				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	30,5	30,8	30,6
	Mín.	28,1	29,7	29,4
	Méd.	29,8	30,3	30,0
15:00 horas	Máx.	38,5	38,3	38,6
	Mín.	35,8	37,0	37,1
	Méd.	37,4	37,6	37,7
21:00 horas	Máx.	28,0	28,0	28,1
	Mín.	25,8	26,6	26,6
	Méd.	27,2	27,5	27,5

Fonte: a autora.

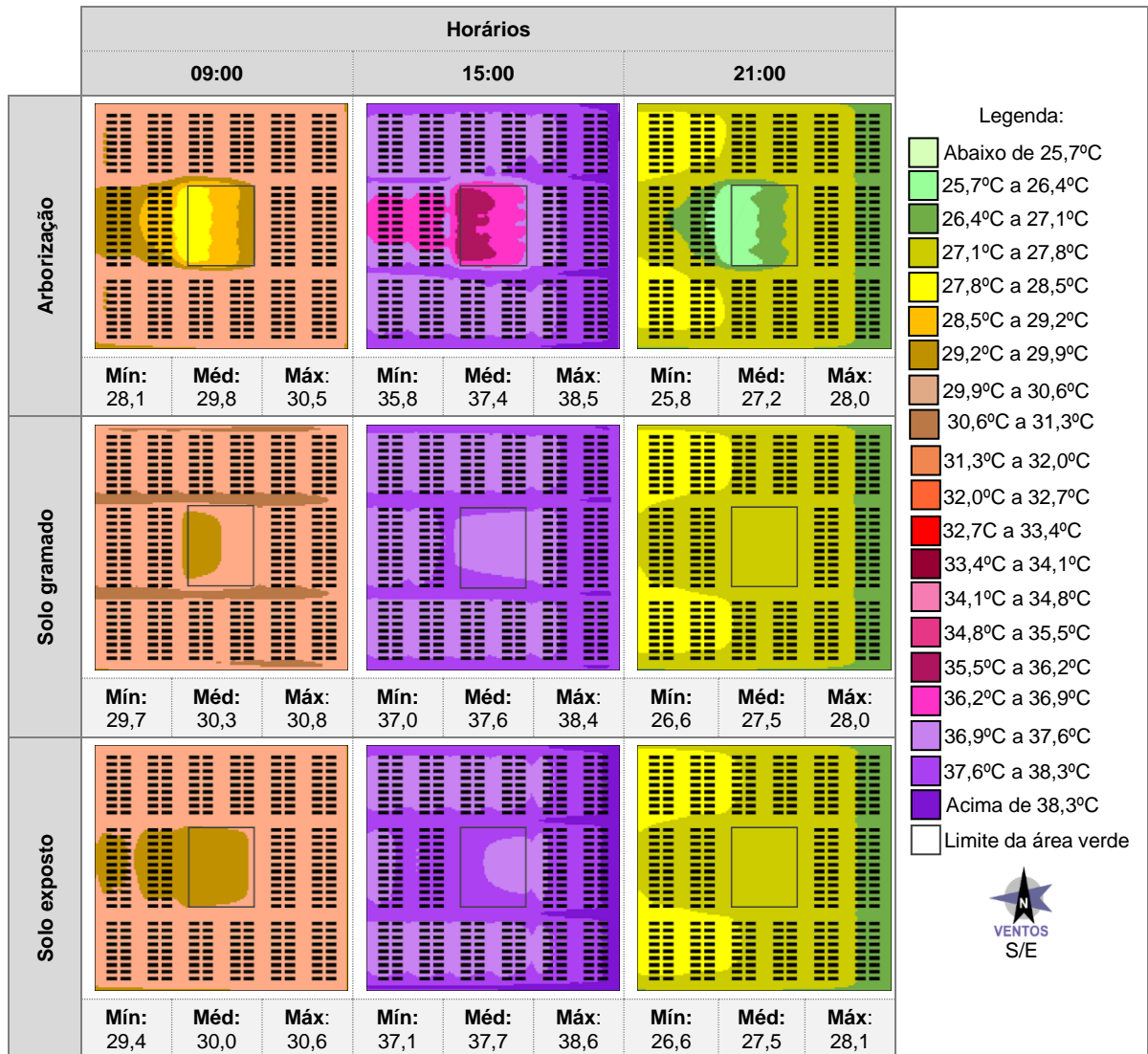
No Gráfico 05, é possível visualizar a sutil diferença entre as temperaturas do ar máximas e médias, enquanto que os valores de temperatura do ar mínimos do cenário com arborização são menores em comparação com o mesmo cenário com solo gramado e com solo exposto (no período quente e seco).



**Gráfico 05 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

O Quadro 24 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Central no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



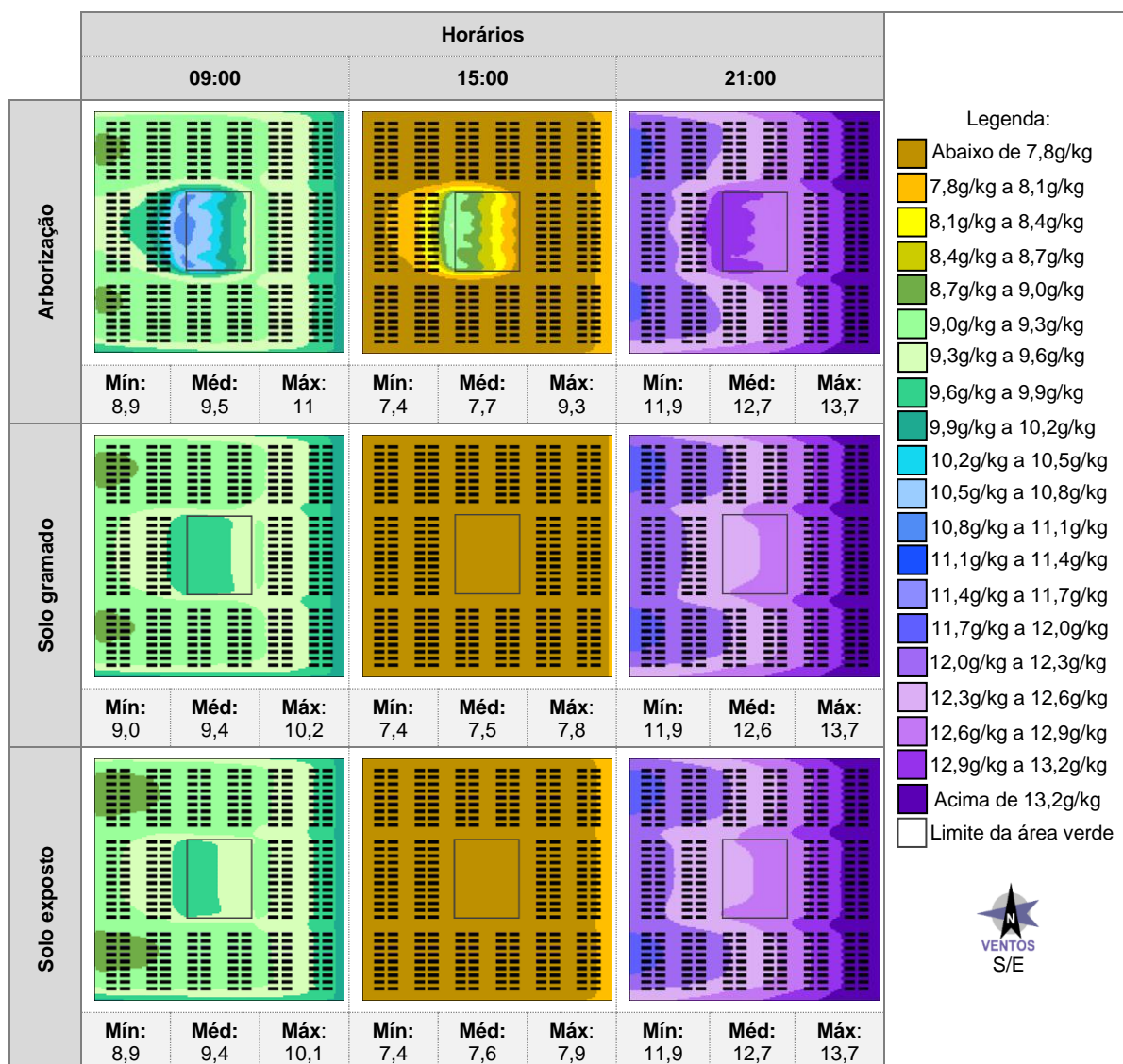
Quadro 24 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco)

Fonte: a autora.

A partir dos resultados apresentados, nota-se que a tipologia do cenário Central com arborização apresenta temperatura do ar mínima mais baixa em todos os horários analisados, quando comparada com os cenários com solo gramado e solo exposto, o que pode ser justificado pela presença da vegetação arbórea que promove sombreamento (no período diurno).

Em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, ambos apresentaram desempenhos semelhantes entre si, com temperatura do ar mais elevada em relação ao cenário arborizado, uma vez que não possuem arborização para promover sombreamento e a permeabilidade do solo por si só, não foi suficiente para garantir a redução da temperatura do ar nos cenários simulados.

O Quadro 25 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Central no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 25 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

No que concerne a umidade específica do ar, não foram constatadas diferenças significativas nos cenários Central arborizado, com solo gramado e solo exposto nos horários analisados, o que pode ser justificado pelas altas temperaturas do ar registrados no período (quente e seco), além do alto índice de impermeabilidade presente nos cenários.

No cenário Central analisado no período quente e úmido, os cenários com arborização não apresentaram diferenças significativas na temperatura do ar máxima e média em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários analisados. Quanto a temperatura do ar mínima, o cenário com arborização apresentou redução de -1,3°C e -1,5°C em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, respectivamente, às 15:00 horas, que corresponde ao horário com a temperatura do ar mais elevada.

As reduções de temperatura do ar mínima registradas nas simulações podem ser justificadas pelo sombreamento presente no cenário com arborização, já que no horário da

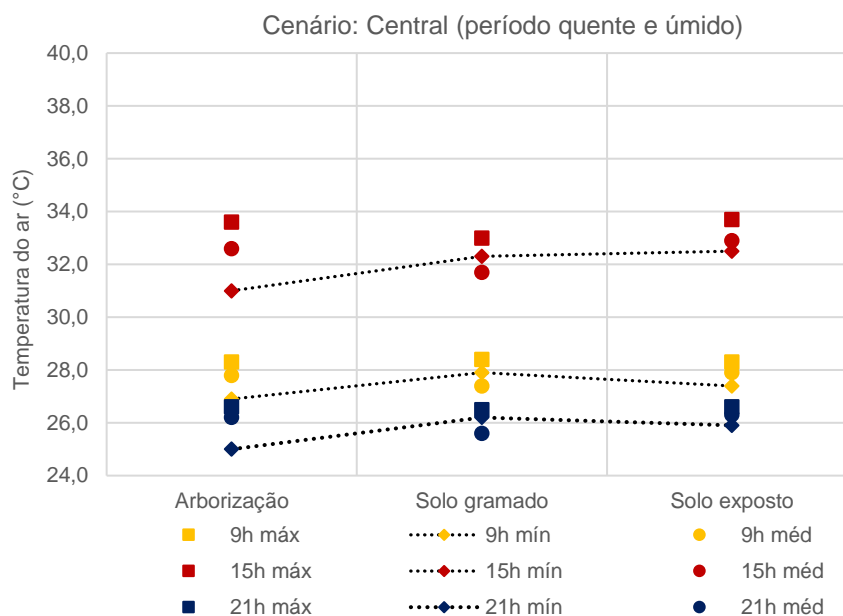
manhã também houve diferenças de até -1,0°C no cenário arborizado em relação aos demais (tabela 02).

**Tabela 02 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido)**

CENÁRIO CENTRAL				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	28,3	28,4	28,3
	Mín.	26,9	27,9	27,4
	Méd.	27,8	27,4	27,9
15:00 horas	Máx.	33,6	33,0	33,7
	Mín.	31,0	32,3	32,5
	Méd.	32,6	31,7	32,9
21:00 horas	Máx.	26,6	26,5	26,6
	Mín.	25,0	26,2	25,9
	Méd.	26,2	25,6	26,3

Fonte: a autora.

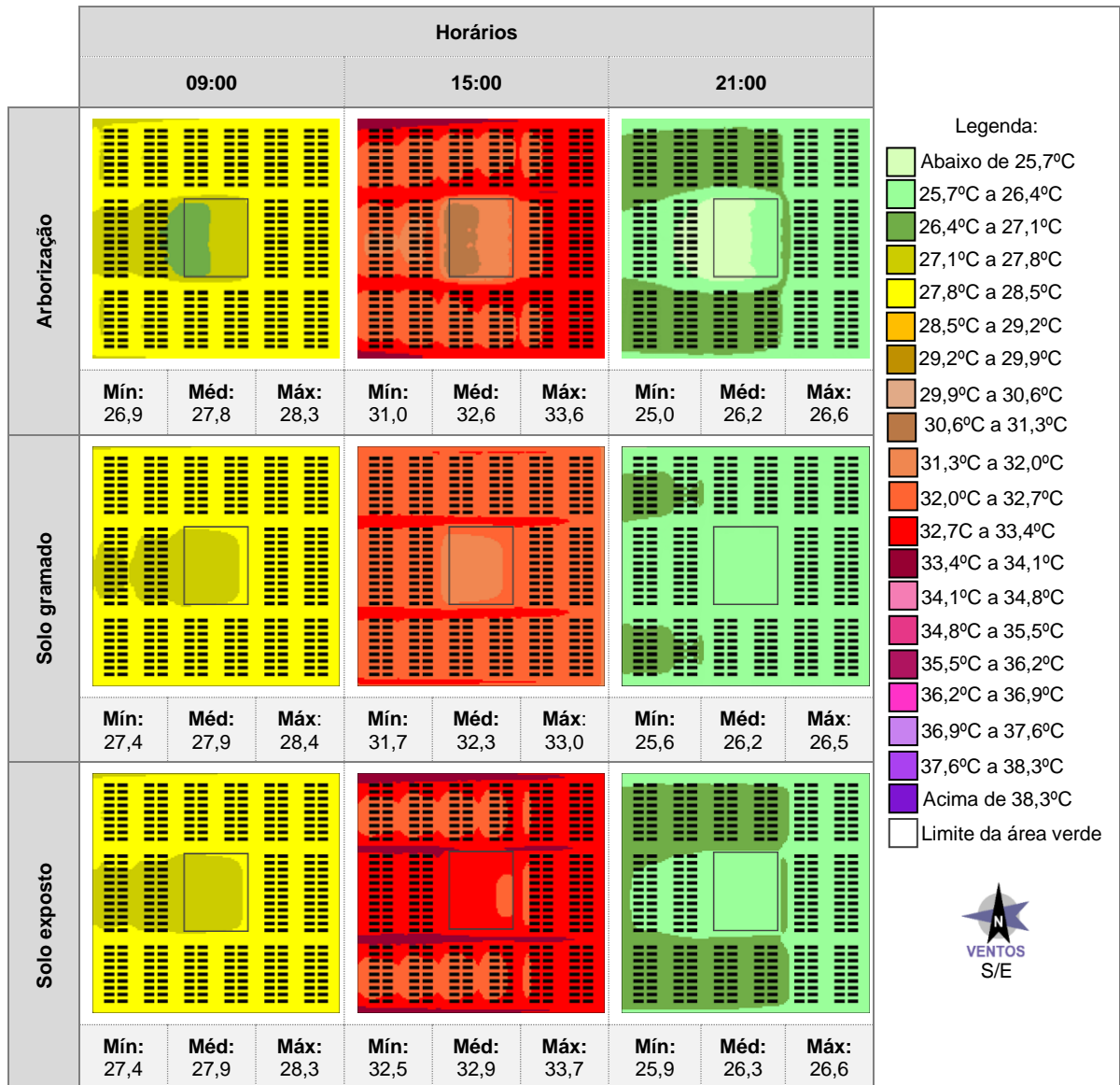
O Gráfico 06 mostra as temperaturas do ar máximas, mínimas e médias horária no período quente e úmido, onde as médias e máximas apresentam diferenças sutis e o cenário arborizado apresenta os menores valores na comparação com os cenários com solo gramado e solo exposto.



**Gráfico 06 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

O Quadro 26 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Central no período quente e úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.

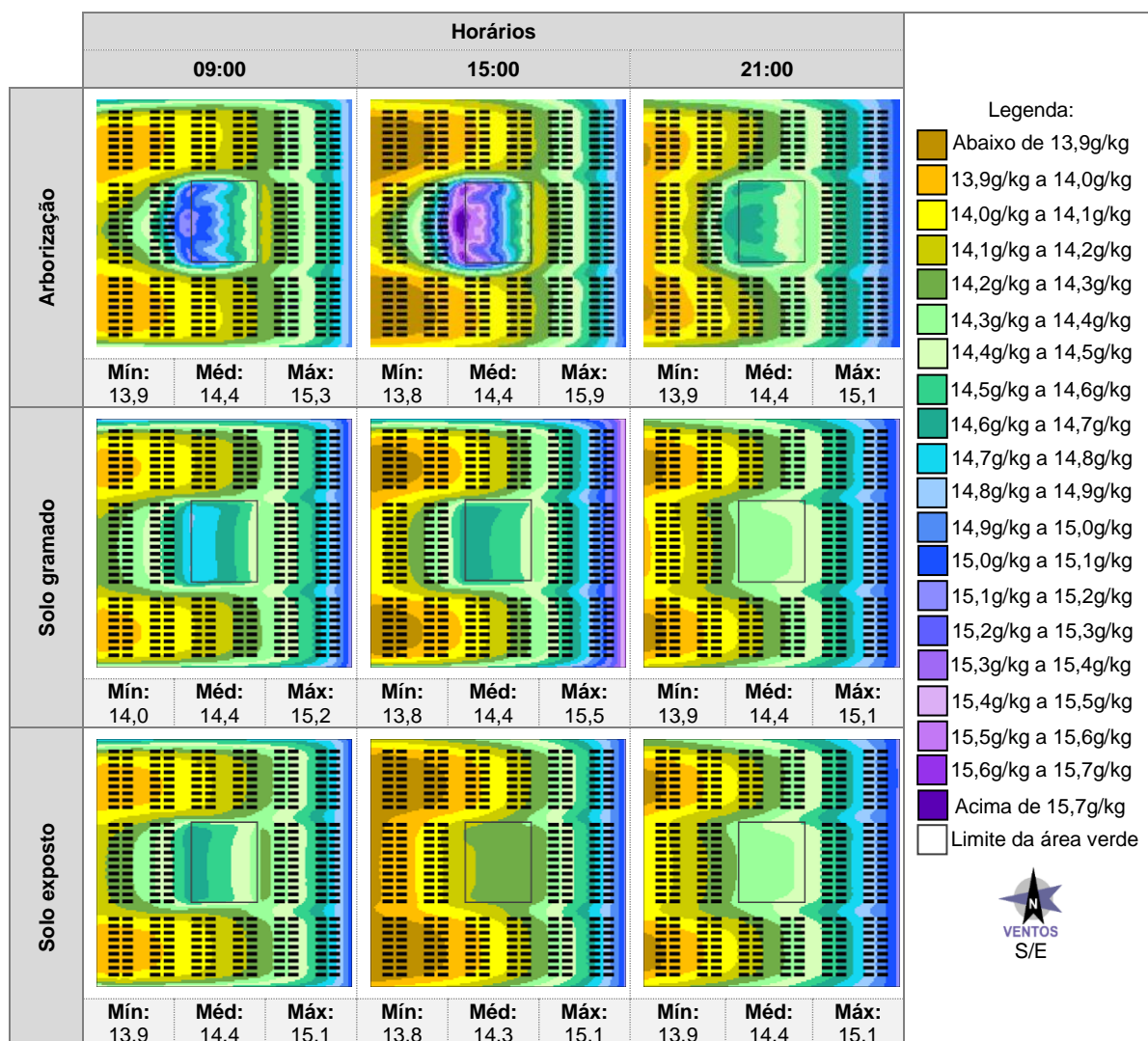


**Quadro 26 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que o cenário Central arborizado registra temperaturas do ar menores, nos horários analisados, quando comparados aos cenários com solo gramado e solo exposto, sendo justificado pelo sombreamento resultante da presença de vegetação de porte arbóreo no mesmo. Na comparação entre os cenários com solo gramado e solo exposto, o primeiro apresenta temperatura do ar menor, principalmente às 15:00 horas, o que pode ser explicado pela presença da vegetação, mesmo que de porte rasteiro.

O Quadro 27 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Central no período quente úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 27 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Central (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

Quanto a umidade específica do ar, simulada no período quente e úmido, não foram encontradas diferenças expressivas no comparativo entre os cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto, o que pode ser explicado pela temperatura do ar máxima elevada (sempre acima de 30°C às 15:00 horas) e pelas condições estabelecidas pela umidade relativa elevada (utilizada para gerar as simulações) do respectivo período analisado.

### 5.2.2 Análise do cenário Distribuído

Quanto ao cenário Distribuído analisado no período quente e seco, as diferenças registradas nas temperaturas do ar máximas e médias, no cenário com arborização em relação ao mesmo com solo gramado e solo exposto, foram nulas ou de  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  e  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , respectivamente, consistindo em valores irrisórios na comparação entre as tipologias. Já os valores mínimos registrados às 09:00 horas, marcaram as diferenças de  $-1,0^\circ\text{C}$  e  $-0,7^\circ\text{C}$  quando comparados o cenário com arborização em relação as outras duas tipologias.



Às 15:00 horas, a diferença nos valores mínimos é de  $-0,6^{\circ}\text{C}$  no cenário arborizado quando comparado com os cenários com solo gramado, e de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  no ambiente com arborização em relação ao ambiente com solo exposto. A temperatura do ar no cenário arborizado é  $-0,2^{\circ}\text{C}$  no comparativo aos outras duas tipologias (com solo gramado e com solo exposto) às 21:00 horas.

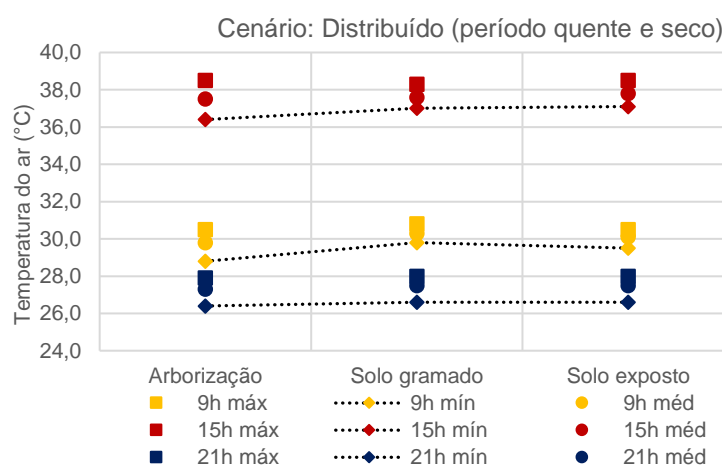
Como a espacialização da área verde no cenário é seccionada pelo espaço analisado, os agrupamentos arbóreos são menos densos e promovem um efeito de sombreamento proporcionalmente difundido, o que explica o fato da temperatura do ar apresentar-se menor no cenário com arborização em relação ao mesmo com solo gramado e solo exposto, principalmente no período diurno (tabela 03).

**Tabela 03 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco)**

CENÁRIO DISTRIBUÍDO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	30,5	30,8	30,5
	Mín.	28,8	29,8	29,5
	Méd.	29,8	30,3	30,1
15:00 horas	Máx.	38,5	38,3	38,5
	Mín.	36,4	37,0	37,1
	Méd.	37,5	37,6	37,8
21:00 horas	Máx.	27,9	28,0	28,0
	Mín.	30,5	30,8	30,5
	Méd.	28,8	29,8	29,5

Fonte: a autora.

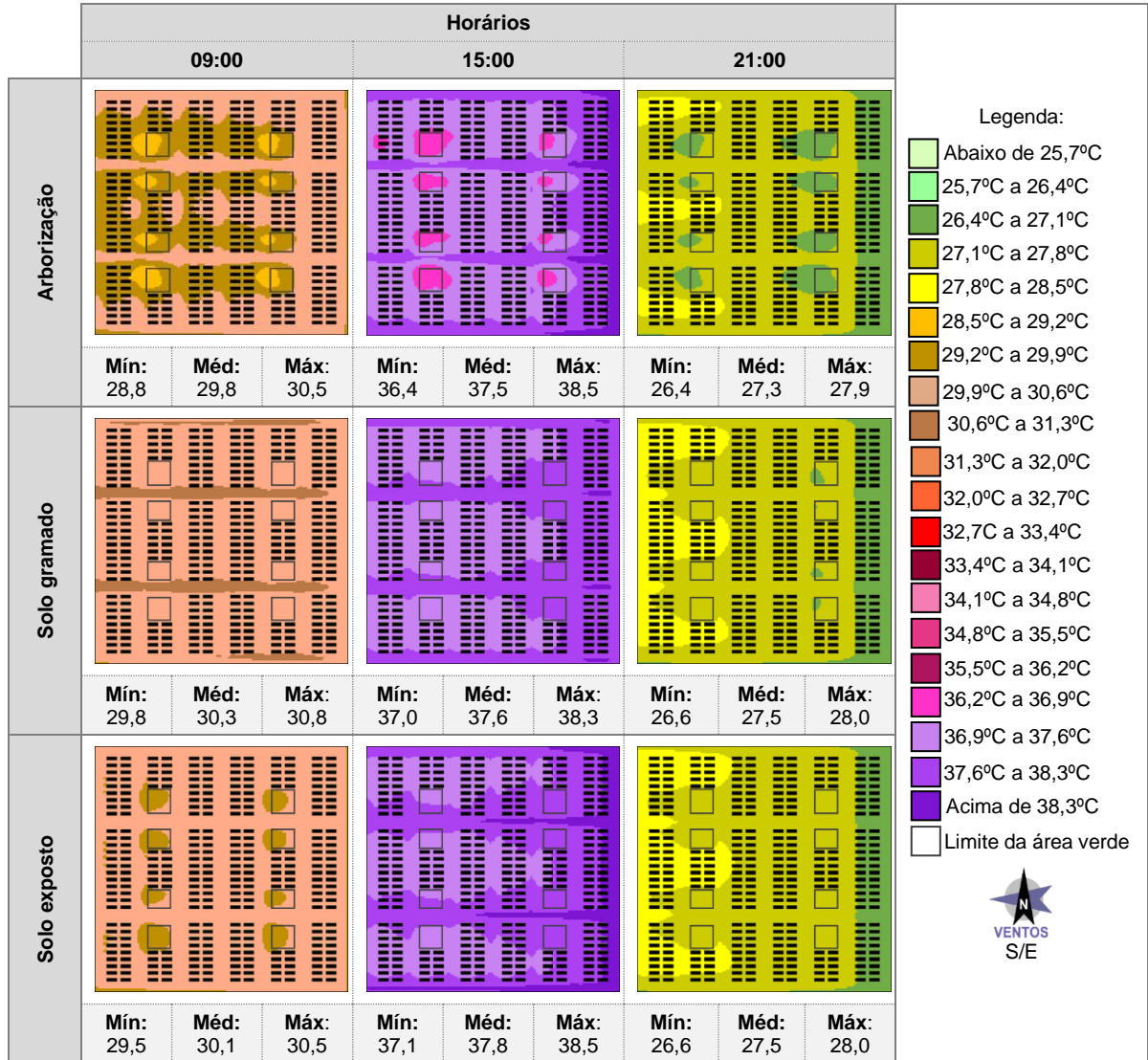
Mesmo apresentando diferenças menores no período noturno, o cenário Distribuído arborizado promoveu redução significativa da temperatura do ar nos horários diurnos, justificado pelo efeito do sombreamento. O Gráfico 07 ilustra, de maneira comparativa as temperaturas do ar máximas, mínimas e médias horária, onde as mínimas do cenário arborizado são menores que aquelas apresentadas nos cenários com solo gramado e solo exposto, ainda que as máximas e médias sejam semelhantes no período quente e seco.



**Gráfico 07 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

O Quadro 28 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar no cenário Distribuído no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



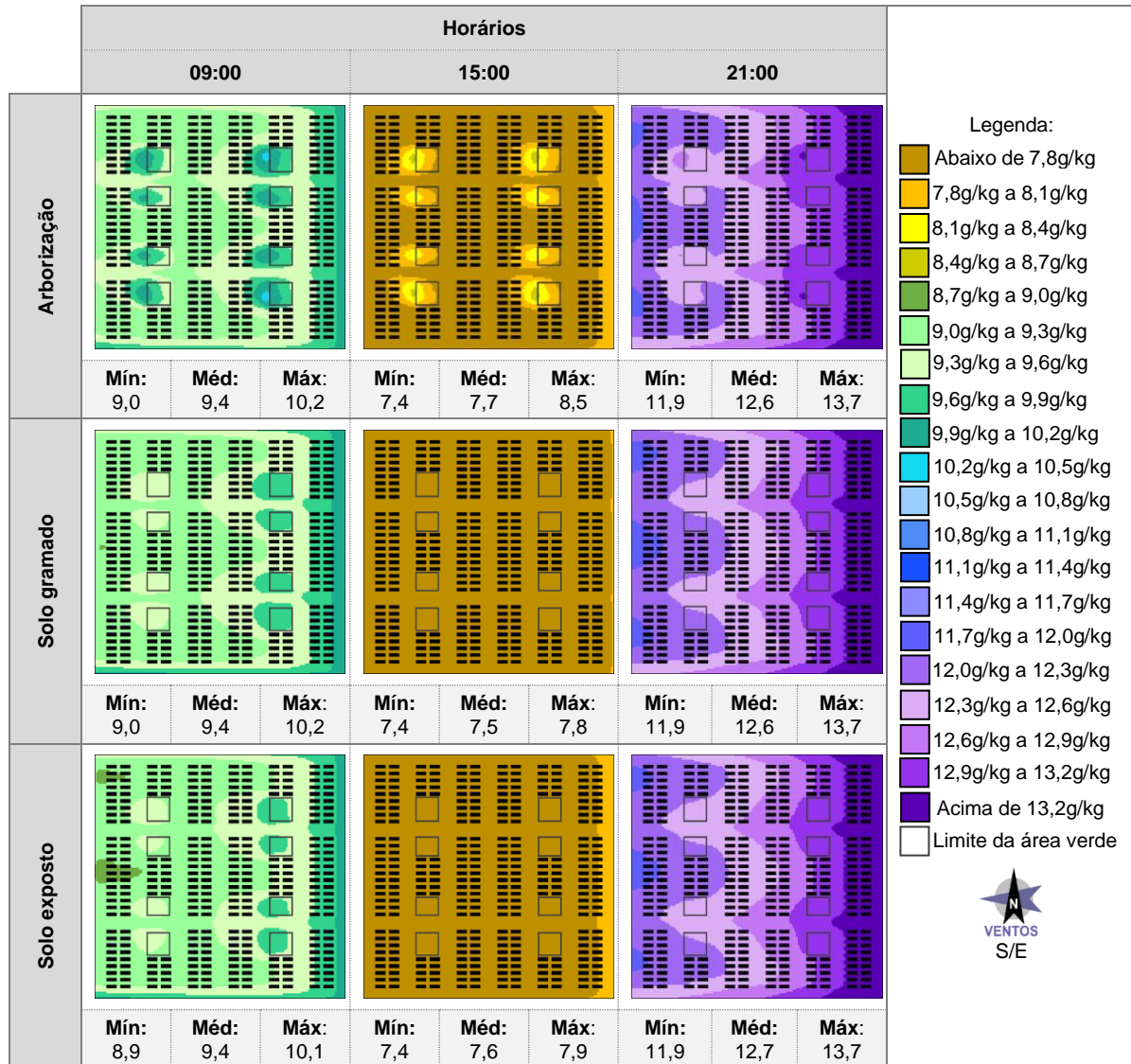
Quadro 28 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco)

Fonte: a autora.

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que o cenário Distribuído com arborização possui melhor desempenho térmico, apresentando menores valores temperatura do ar quando comparado ao cenário com solo gramado e solo exposto, principalmente no período diurno, devido ao sombreamento proporcionado pela existência de vegetação arbórea.

Já os cenários sob as condições de solo gramado e solo exposto, não apresentam diferenças significativas da temperatura do ar entre si, sendo mais elevada que os resultados obtidos pelo cenário com arborização, o que pode ser justificado pela ausência de sombreamento promovido pela vegetação de porte arbóreo.

O Quadro 29 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Distribuído no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados, onde não foram encontradas distinções relevantes, o que pode ser justificado pela temperatura do ar elevada (típica do período quente e seco) e o alto índice de impermeabilidade presente nos cenários.



**Quadro 29 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e seco)**  
 Fonte: a autora.

Na análise do período quente e úmido, o cenário Distribuído arborizado não apresentou diferenças expressivas na temperatura do ar máxima e média em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários referentes analisados. Em relação aos valores mínimos de temperatura do ar, o cenário arborizado registrou redução de até -0,9°C em relação com cenário com solo gramado às 09:00 horas e de até -1,0°C no comparativo com o cenário de solo exposto às 15:00 horas. Esse quadro pode ser justificado

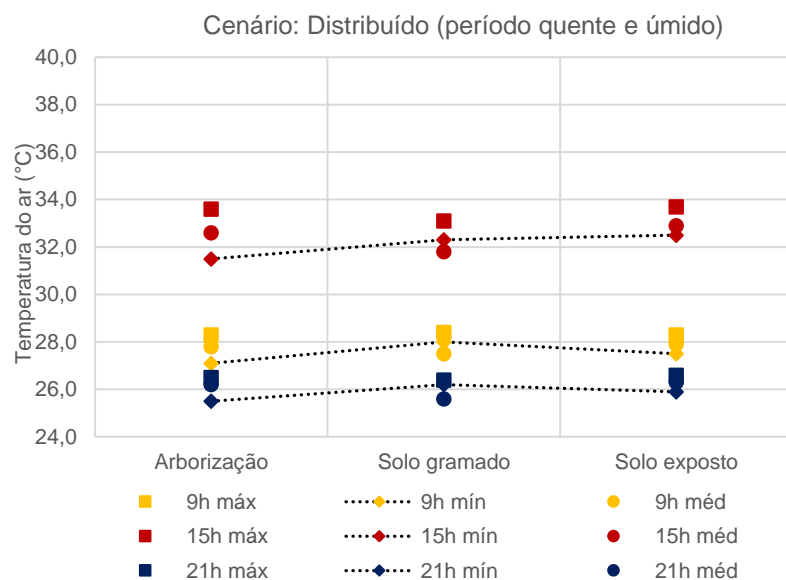
pela presença de vegetação de porte arbóreo, que promove sombreamento e mantém a temperatura do ar menor sob a copa das árvores (tabela 04).

**Tabela 04 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido)**

CENÁRIO DISTRIBUÍDO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	28,3	28,4	28,3
	Mín.	27,1	28,0	27,5
	Méd.	27,8	27,5	27,9
15:00 horas	Máx.	33,6	33,1	33,7
	Mín.	31,5	32,3	32,5
	Méd.	32,6	31,8	32,9
21:00 horas	Máx.	26,5	26,4	26,6
	Mín.	25,5	26,2	25,9
	Méd.	26,2	25,6	26,3

Fonte: a autora.

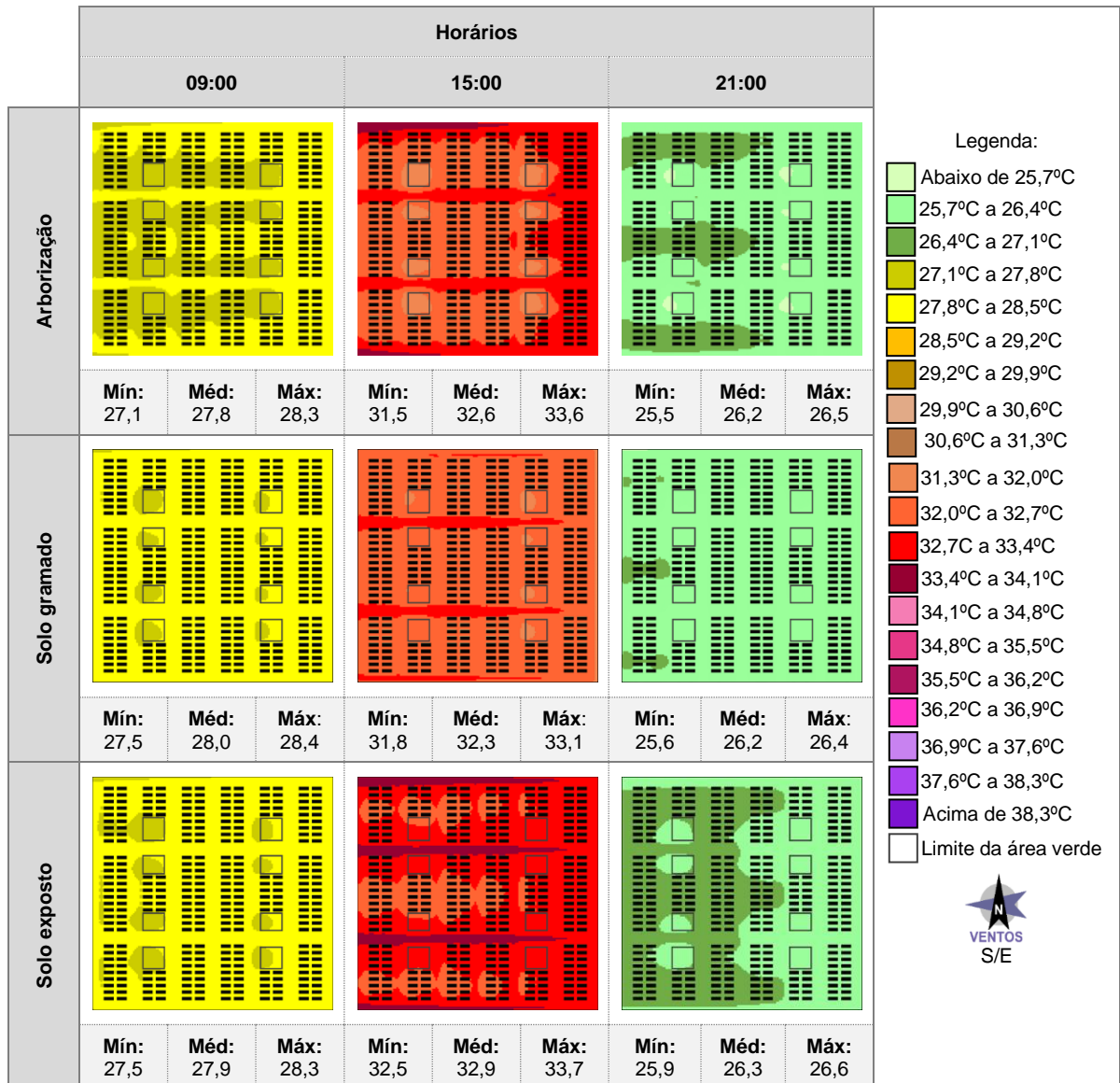
O Gráfico 08 ilustra, no período quente e úmido, as temperaturas do ar máximos, mínimos e médios horária no cenário Distribuído, onde as médias e máximas apresentam pequenas diferenças enquanto o cenário arborizado registra os menores valores no comparativo com os cenários de solo gramado e de solo exposto.



**Gráfico 08 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

O Quadro 30 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Distribuído no período quente e úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



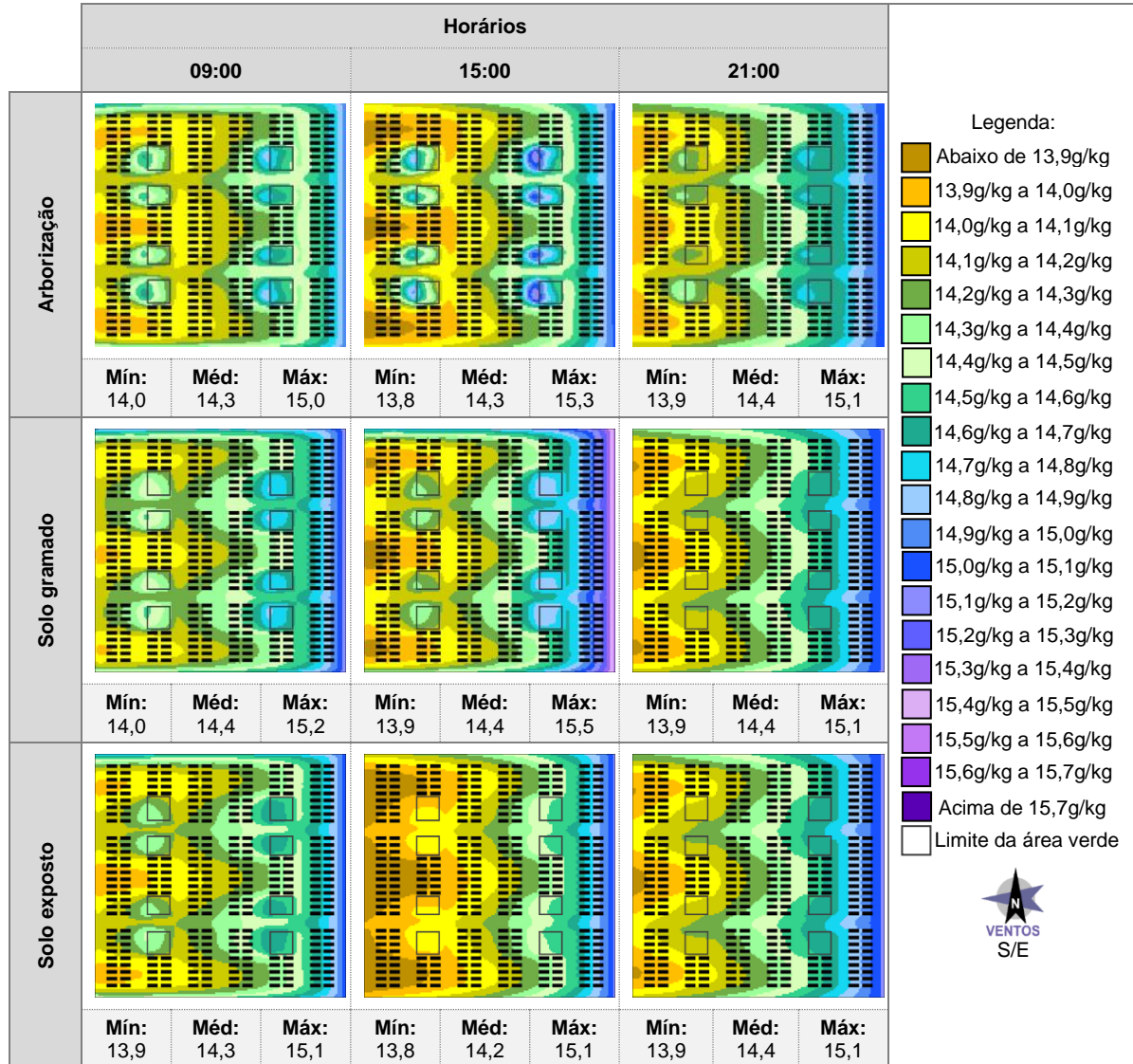
**Quadro 30 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

A partir dos resultados apresentados, nota-se que o cenário Distribuído com arborização registra temperatura do ar menor nos horários vespertino e noturno quando comparado ao cenário com solo exposto, enquanto o mesmo apresenta semelhanças com o cenário de solo gramado nos horários da manhã e tarde. Esse comportamento pode ser explicado pela presença da vegetação, que promove sombreamento no cenário arborizado e auxilia no processo de evapotranspiração no cenário com solo gramado.

No comparativo entre as tipologias de solo gramado e solo exposto, o cenário gramado apresenta menores temperaturas do ar às 15:00 horas, justificado pela presença da vegetação. Além disso, apresentam desempenhos semelhantes nos horários matutino e noturno, mostrando que o porte da vegetação rasteira, por si só, não é suficiente para reduzir a temperatura do ar significativamente durante os períodos com radiação solar direta.

O Quadro 31 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Distribuído no período quente úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



Quadro 31 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Distribuído (período quente e úmido)

Fonte: a autora.

Em relação a umidade específica do ar, não foram registradas diferenças significativas no período quente e úmido na comparação entre os cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto, o que pode ser justificado pela presença dispersa da massa vegetada presente no cenário, uma vez que a mesma encontra-se fracionada pela tipologia adotada, ou ainda pela elevada temperatura do ar.

### 5.2.3 Análise do cenário Linear

Quanto aos dados apresentados pelo cenário Linear no período quente e seco, às 09:00 horas, as máximas temperaturas do ar registraram diferença de -0,3°C no cenário

arborizado em relação ao cenário com solo gramado, porém apresentou igualdade entre a tipologia com arborização e com solo exposto. As temperaturas do ar médias também não apresentaram grandes diferenças no referido horário, marcando  $-0,5^{\circ}\text{C}$  no espaço com arborização em relação ao cenário com grama e  $-0,2^{\circ}\text{C}$  no cenário arborizado em comparação com a tipologia de solo exposto. Quanto aos valores mínimos de temperatura do ar registrados, a diferença é de até  $-0,6^{\circ}\text{C}$  no cenário arborizado em comparação com os outros, o que pode ser justificado pela presença da vegetação arbórea e o consequente sombreamento no cenário.

Já às 15:00 horas, as diferenças de temperatura do ar máximas e médias foram de até  $-0,2^{\circ}\text{C}$  no cenário com arborização quando comparado com os resultados apresentados pelos cenários com solo gramado e solo exposto, onde este registrou a temperatura do ar mais elevada, uma vez que não há presença de vegetação no cenário. No que se refere as mínimas temperaturas do ar, o cenário arborizado registou  $-0,3^{\circ}\text{C}$  em comparação com o cenário gramado e  $-0,4^{\circ}\text{C}$  em relação ao cenário com solo exposto, mostrando a influência da vegetação na redução da temperatura do ar.

No horário da noite, as diferenças na temperatura do ar foram nulas ou de até  $-0,2^{\circ}\text{C}$  no cenário arborizado em relação as tipologias com solo gramado e solo exposto, o que pode ser justificado pela ausência de radiação solar direta que diminui consideravelmente a temperatura do ar. Outra possível razão para a diferença de valores ser reduzida é a espacialização da área verde, que comporta as árvores de maneira sequenciada e diminui a densidade da massa vegetada no espaço (tabela 05).

**Tabela 05 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco)**

CENÁRIO LINEAR				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	30,6	30,9	30,6
	Mín.	29,2	29,8	29,5
	Méd.	29,9	30,4	30,1
15:00 horas	Máx.	38,5	38,4	38,6
	Mín.	36,9	37,2	37,3
	Méd.	37,6	37,7	37,8
21:00 horas	Máx.	27,8	27,9	28,0
	Mín.	26,6	26,6	26,6
	Méd.	27,3	27,5	27,5

Fonte: a autora.

O Gráfico 09 ilustra os valores máximos, mínimos e médios referentes a temperatura do ar no cenário Linear no período quente e seco com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários anteriormente citados.

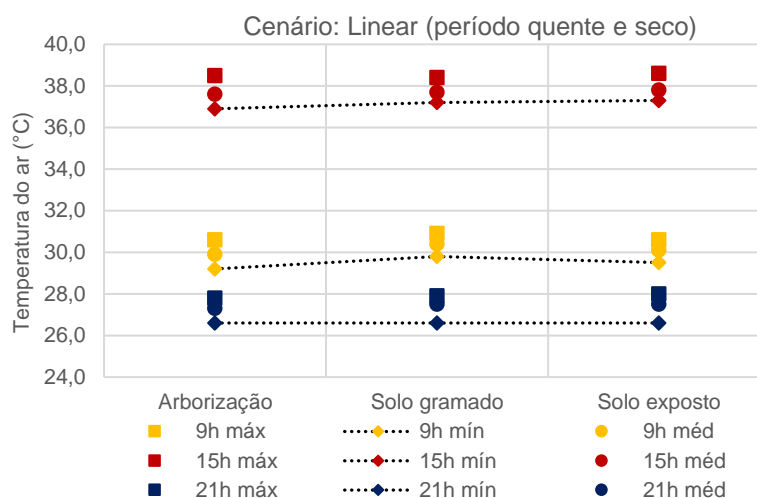
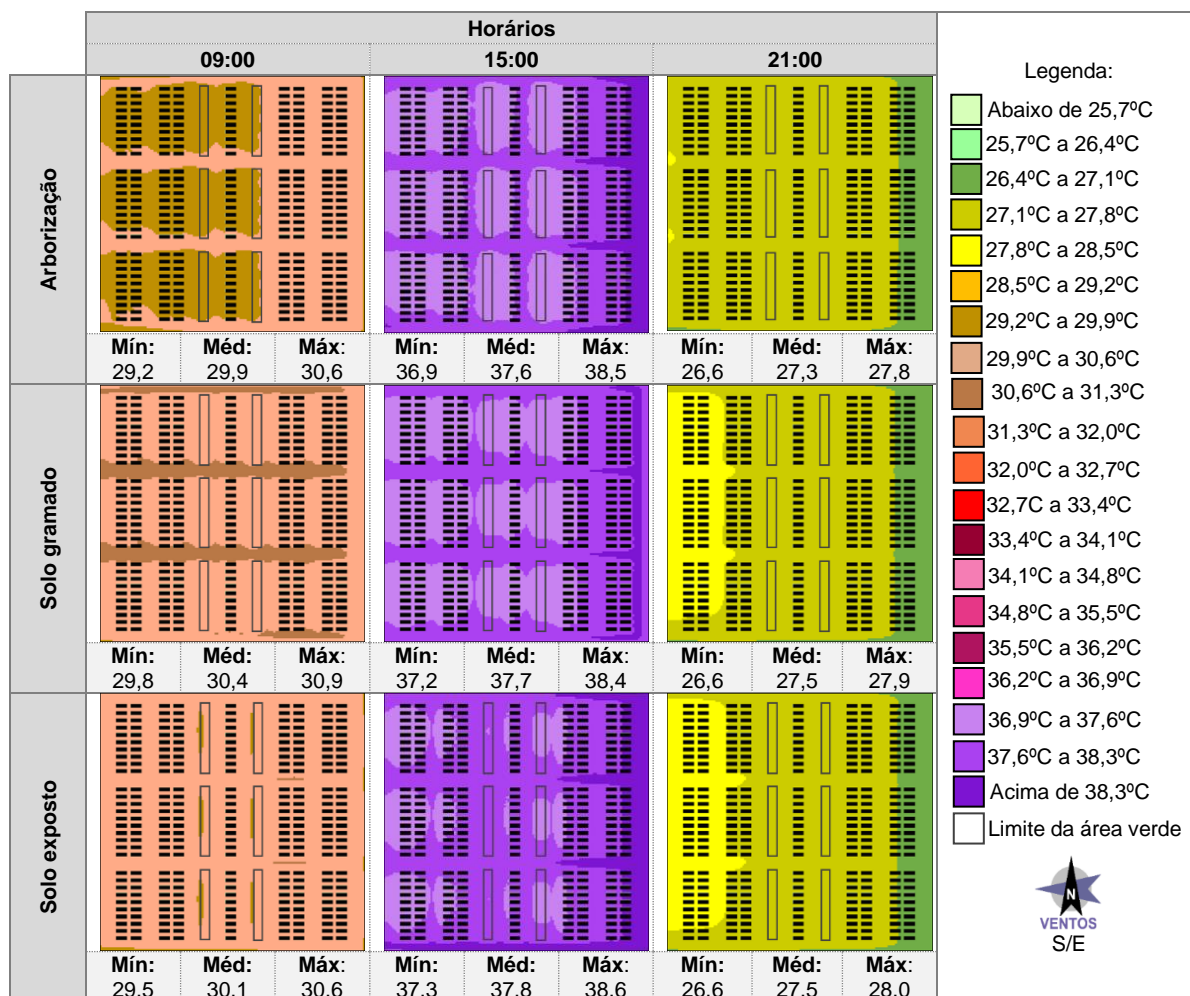


Gráfico 09 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco)

Fonte: a autora.

O Quadro 32 apresenta os dados e mapas de temperatura do ar no cenário Linear no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



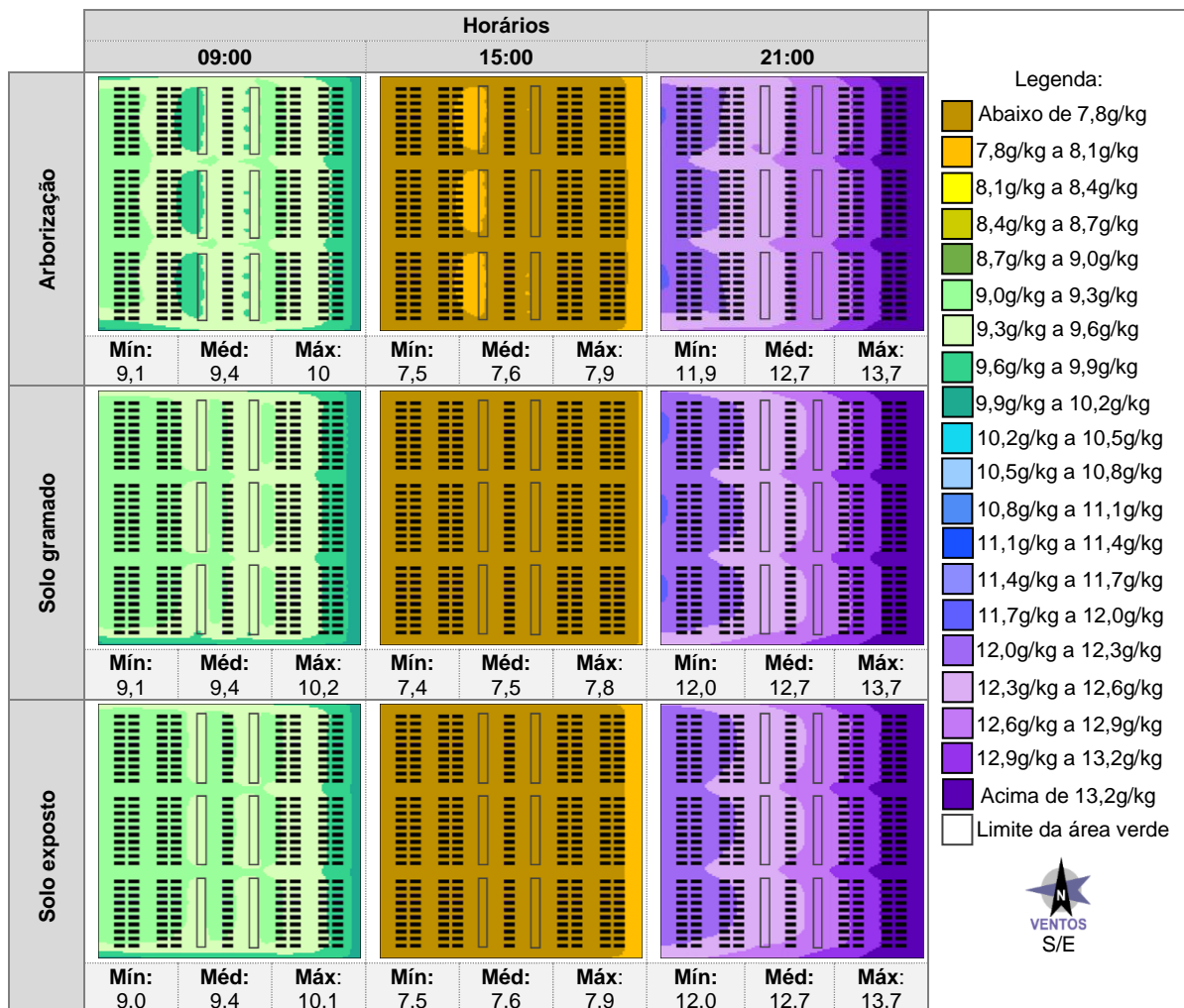
Quadro 32 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco)

Fonte: a autora.



A partir dos resultados apresentados, verifica-se que a tipologia Linear com arborização não apresenta grandes diferenças quanto a redução da temperatura do ar na comparação com o cenário com solo gramado e solo exposto, nos horários analisados. É importante ressaltar, porém, que o cenário com a presença de vegetação arbórea proporciona maior influência da temperatura do ar registrada nas áreas verdes arborizadas sobre as quadras edificadas do cenário às 09:00 horas. Dessa forma, mesmo o cenário Linear apresentando uma espacialização que promove o agrupamento arbóreo menos denso, a presença da arborização permitiu a redução da temperatura do ar, possivelmente através do sombreamento.

O Quadro 33 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Linear no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 33 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

Quanto à umidade específica do ar, foram verificadas diferenças inexpressivas nos cenários Linear arborizado, com solo gramado e solo exposto nos horários analisados, o que

pode ser explicado pelas altas temperaturas do ar registrados na estação seca e pelo alto índice de impermeabilidade presente nos cenários.

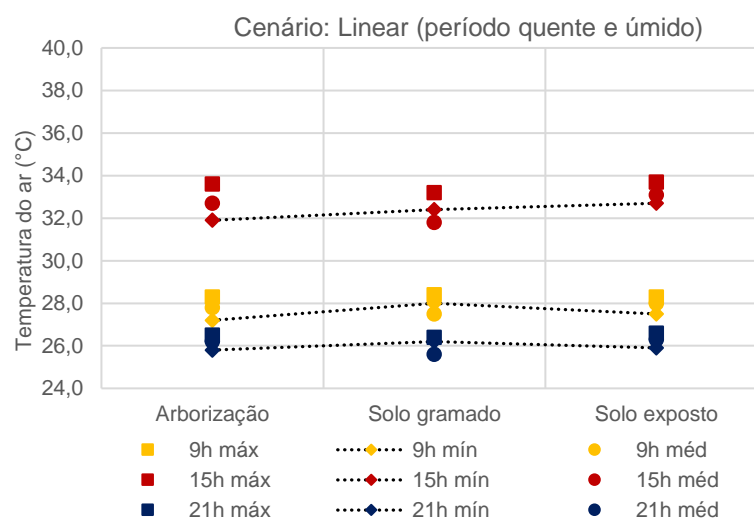
No cenário Linear, analisado no período quente e úmido, os cenários com arborização apresentaram diferenças pouco significativas na temperatura do ar máxima e média em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários analisados. Quanto a temperatura do ar mínima, o cenário arborizado apresentou diferenças, com redução de até -0,8°C em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, às 09:00 e 15:00 horas, respectivamente. O desempenho do cenário com arborização pode ser justificado pelo sombreamento, uma vez que os melhores resultados são apresentados nos horários referentes ao período diurno (tabela 06).

**Tabela 06 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido)**

CENÁRIO LINEAR				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	28,3	28,4	28,3
	Mín.	27,2	28,0	27,5
	Méd.	27,8	27,5	28,0
15:00 horas	Máx.	33,6	33,2	33,7
	Mín.	31,9	32,4	32,7
	Méd.	32,7	31,8	33,1
21:00 horas	Máx.	26,5	26,4	26,6
	Mín.	25,8	26,2	25,9
	Méd.	26,2	25,6	26,3

Fonte: a autora.

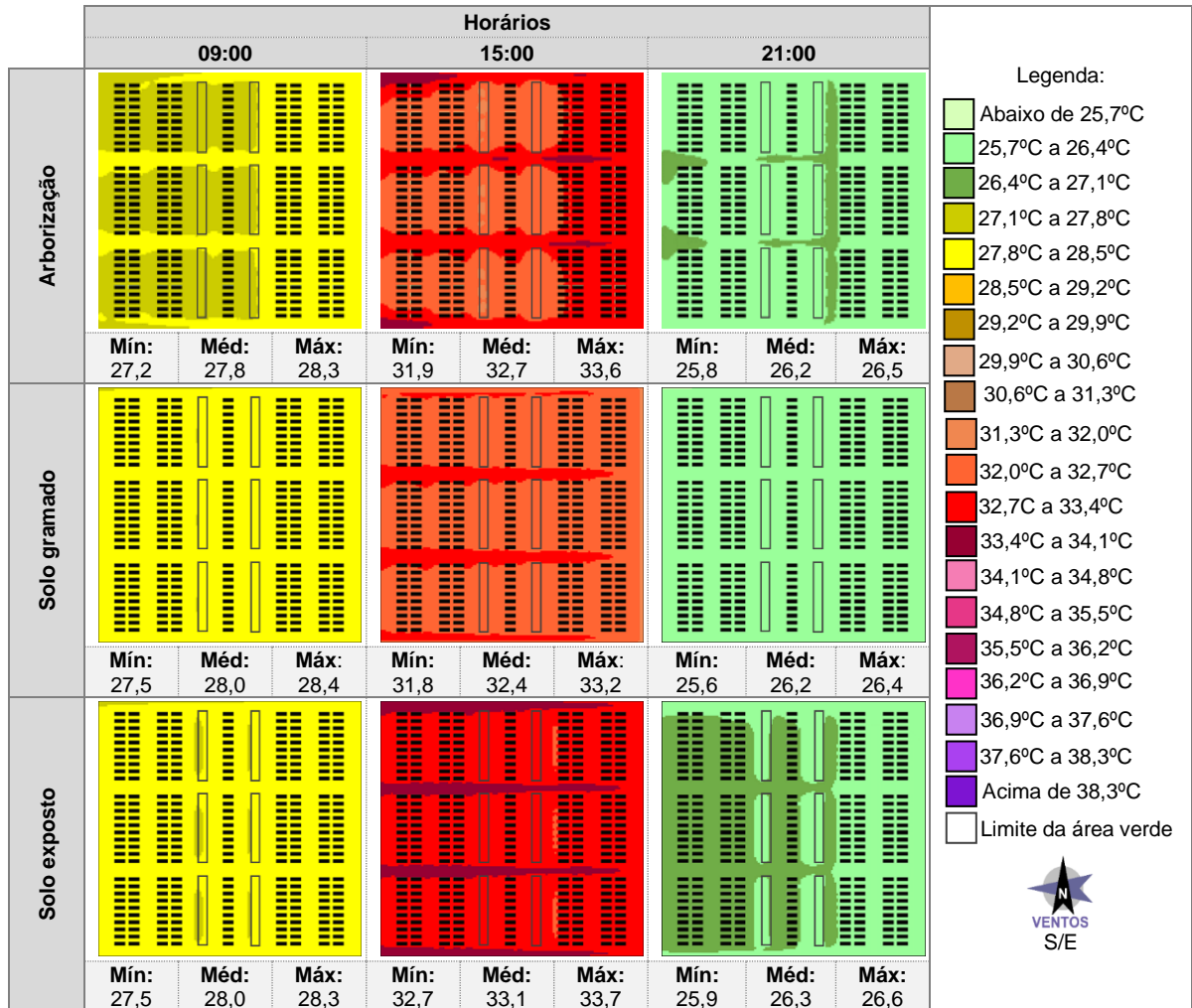
O Gráfico 10 mostra as temperaturas do ar máximas, mínimas e médias horária no período quente e úmido do cenário Linear, onde as médias e máximas não apresentam diferenças significativas e o cenário arborizado apresenta os menores valores na comparação com os cenários com solo gramado e solo exposto.



**Gráfico 10 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

O Quadro 34 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Linear no período quente e úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.

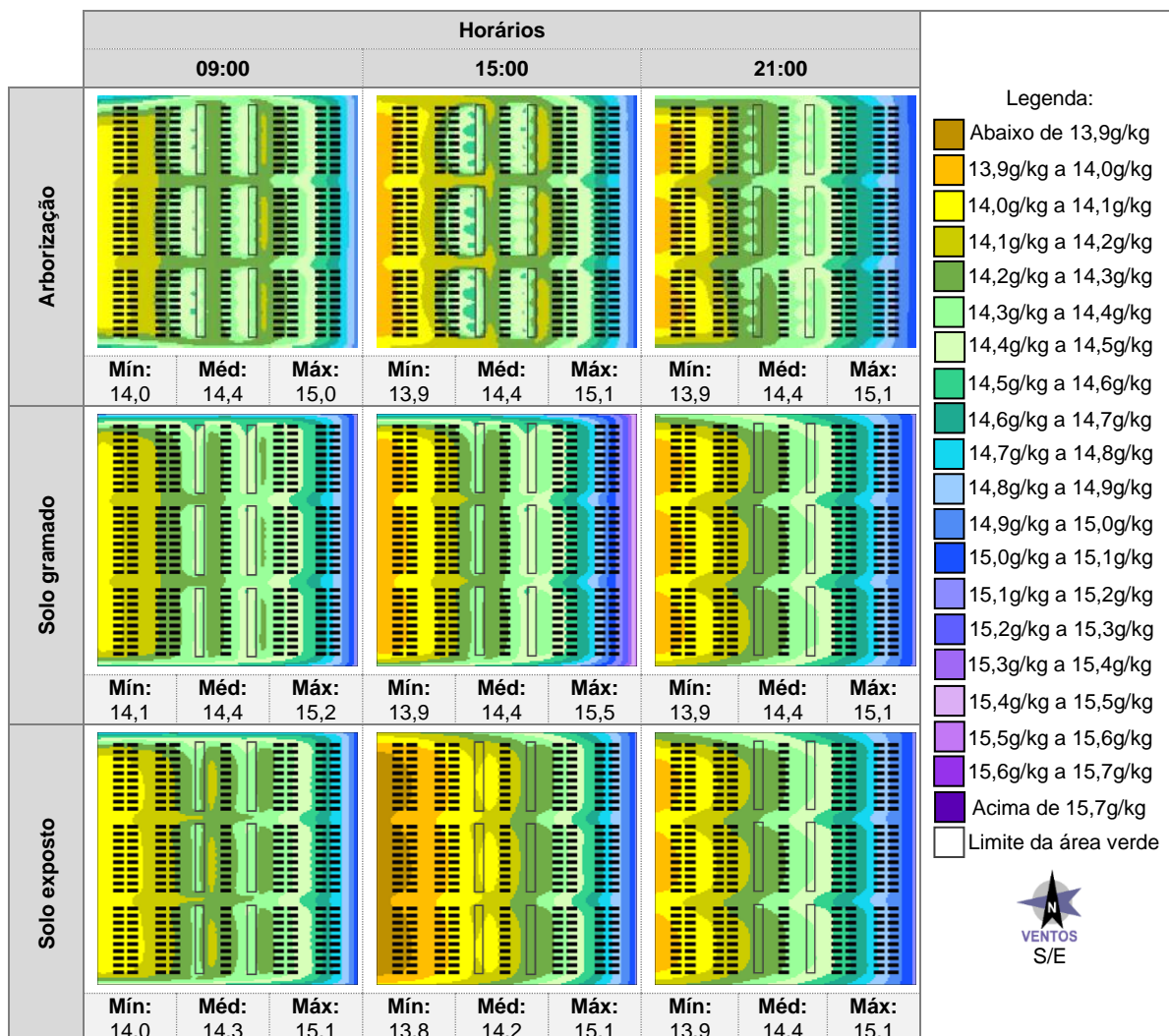


Quadro 34 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido)

Fonte: a autora.

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que o cenário Linear arborizado apresenta temperaturas do ar pouco menores, nos horários analisados, quando comparado ao cenário com solo exposto, sendo justificado pelo sombreamento promovido pela vegetação de porte arbóreo presente no mesmo. Na comparação entre os cenários com solo gramado e solo exposto, o primeiro apresenta temperatura do ar menor, com destaque para os valores registrados às 15:00 horas, onde o solo gramado apresentou redução de -0,9°C na temperatura do ar mínima, em relação ao cenário com solo exposto, o que pode ser explicado pela presença da vegetação rasteira.

O Quadro 35 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Linear no período quente úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



Quadro 35 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Linear (período quente e úmido)

Fonte: a autora.

Quanto a umidade específica do ar registrada no cenário Linear, simulada no período quente e úmido, foram encontradas diferenças inexpressivas no comparativo entre os cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto, o que pode ser explicado pela temperatura do ar máxima elevada ou pela quantidade de vegetação, possivelmente, insuficiente para manter a umidade específica do ar elevada.

#### 5.2.4 Análise do cenário Misto

Os resultados apresentados pelo cenário Misto, analisados no período quente e seco, mostram diferenças inexpressivas na temperatura do ar entre a tipologia com arborização e as tipologias com solo gramado e solo exposto, nos horários definidos dos turnos vespertino e noturno. Quanto as máximas temperaturas do ar, a diferença é inexistente ou apresenta -0,4°C no cenário com arborização em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, às 21:00 horas e às 09:00 horas, respectivamente. Quanto a temperatura do ar média, o cenário arborizado apresenta redução de até -0,6°C em relação as outras tipologias, em todos

os horários analisados, o que pode ser justificado pelo sombreamento promovido pela vegetação arbórea.

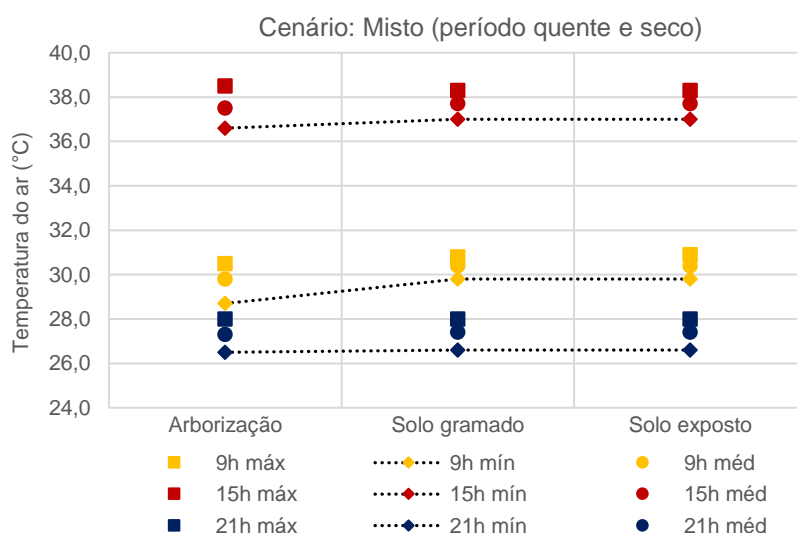
Quanto a temperatura do ar mínima, o cenário com arborização registrou uma diminuição de até -1,1°C em relação as tipologias com solo gramado e solo exposto, durante o horário da manhã. Esses resultados são justificados devido ao processo de sombreamento promovido pelo agrupamento de árvores presentes na espacialização definida para o cenário (tabela 07).

**Tabela 07 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco)**

CENÁRIO MISTO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	30,5	30,8	30,9
	Mín.	28,7	29,8	29,8
	Méd.	29,8	30,4	30,4
15:00 horas	Máx.	38,5	38,4	38,4
	Mín.	36,6	37,0	37,0
	Méd.	37,5	37,7	37,7
21:00 horas	Máx.	28,0	28,0	28,0
	Mín.	26,5	26,6	26,6
	Méd.	27,3	27,4	27,4

Fonte: a autora.

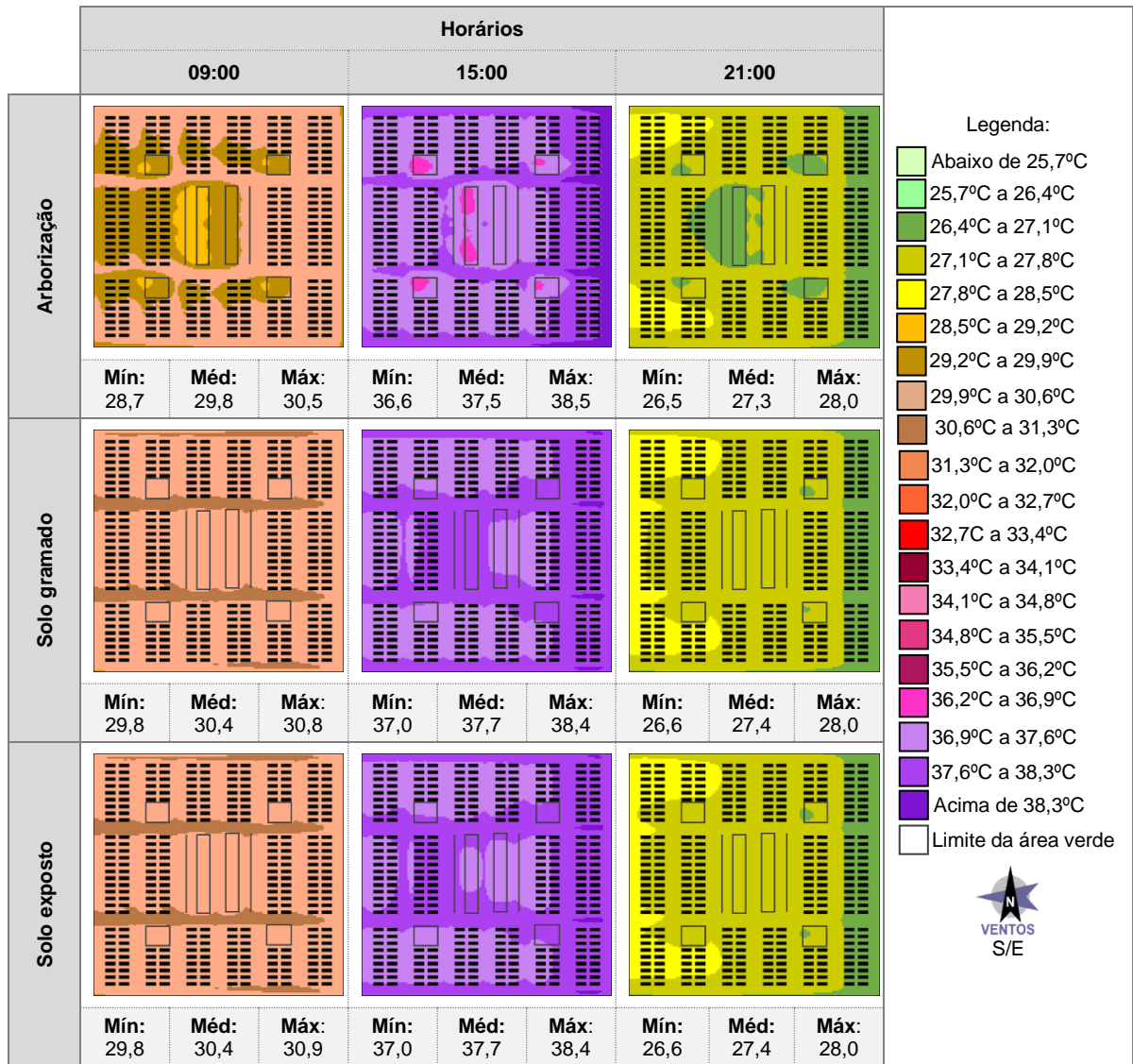
Os valores de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários registrados no período quente e seco no cenário Misto com arborização, solo gramado e solo exposto podem ser visualizados no Gráfico 11.



**Gráfico 11 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

O Quadro 36 apresenta os dados e mapas de temperatura do ar no cenário Misto no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.

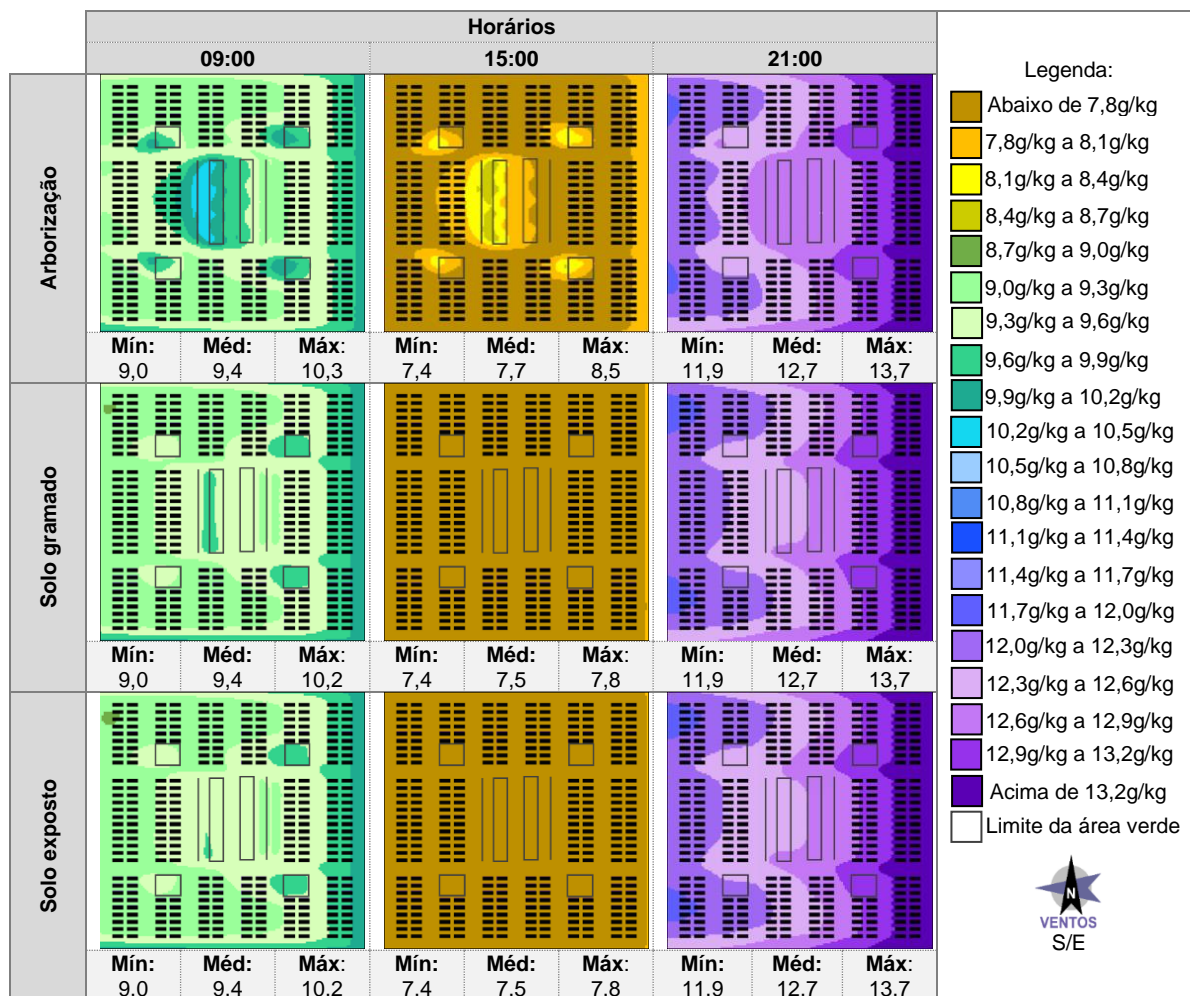


**Quadro 36 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

Com base nos resultados apresentados, nota-se que o cenário Misto arborizado possui os menores valores de temperatura do ar e, conseqüentemente, melhor desempenho térmico, em comparação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários observados. Analisando o comportamento térmico dos cenários com solo gramado e solo exposto entre si, foram constatadas diferenças insignificativas. Esses resultados mostram a influência exercida pela presença de vegetação arbórea nos cenários, no que concerne a diminuição da temperatura do ar, através do processo de sombreamento.

O Quadro 37 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Misto no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados, onde foram encontradas distinções pouco relevantes nos horários analisados, o que pode ser justificado pela temperatura do ar elevada do período analisado (quente e seco) e pelo alto índice de impermeabilidade presente nos cenários.



Quadro 37 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e seco)

Fonte: a autora.

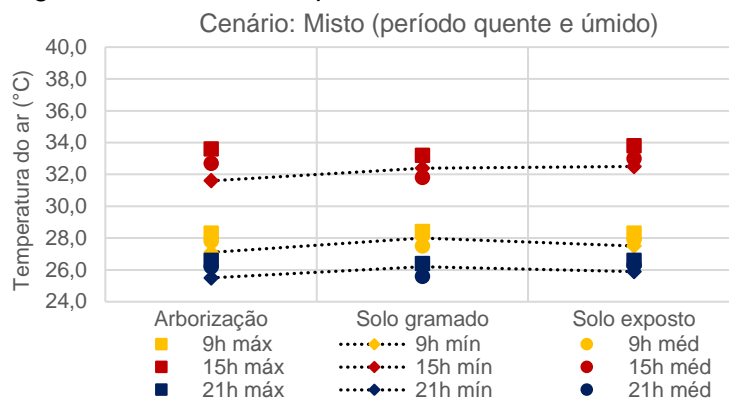
Na análise do período quente e úmido, o cenário Misto arborizado apresentou diferenças inexpressivas na temperatura do ar máxima e média em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários analisados. Em relação aos valores mínimos de temperatura do ar, o cenário arborizado registrou redução de até  $-0,9^{\circ}\text{C}$  em relação aos cenários com solo gramado e com solo exposto, às 09:00 e 15:00 horas, respectivamente. O desempenho do cenário com arborização pode ser justificado pela presença de vegetação de porte arbóreo, que promove sombreamento e mantém a temperatura do ar menor, principalmente sob a copa das árvores (tabela 08).

Tabela 08 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido)

CENÁRIO MISTO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	28,3	28,4	28,3
	Mín.	27,1	28,0	27,5
	Méd.	27,8	27,5	27,9
15:00 horas	Máx.	33,6	33,2	33,8
	Mín.	31,6	32,4	32,5
	Méd.	32,7	31,8	33,0
21:00 horas	Máx.	26,6	26,4	26,6
	Mín.	25,5	26,2	25,9
	Méd.	26,2	25,6	26,3

Fonte: a autora.

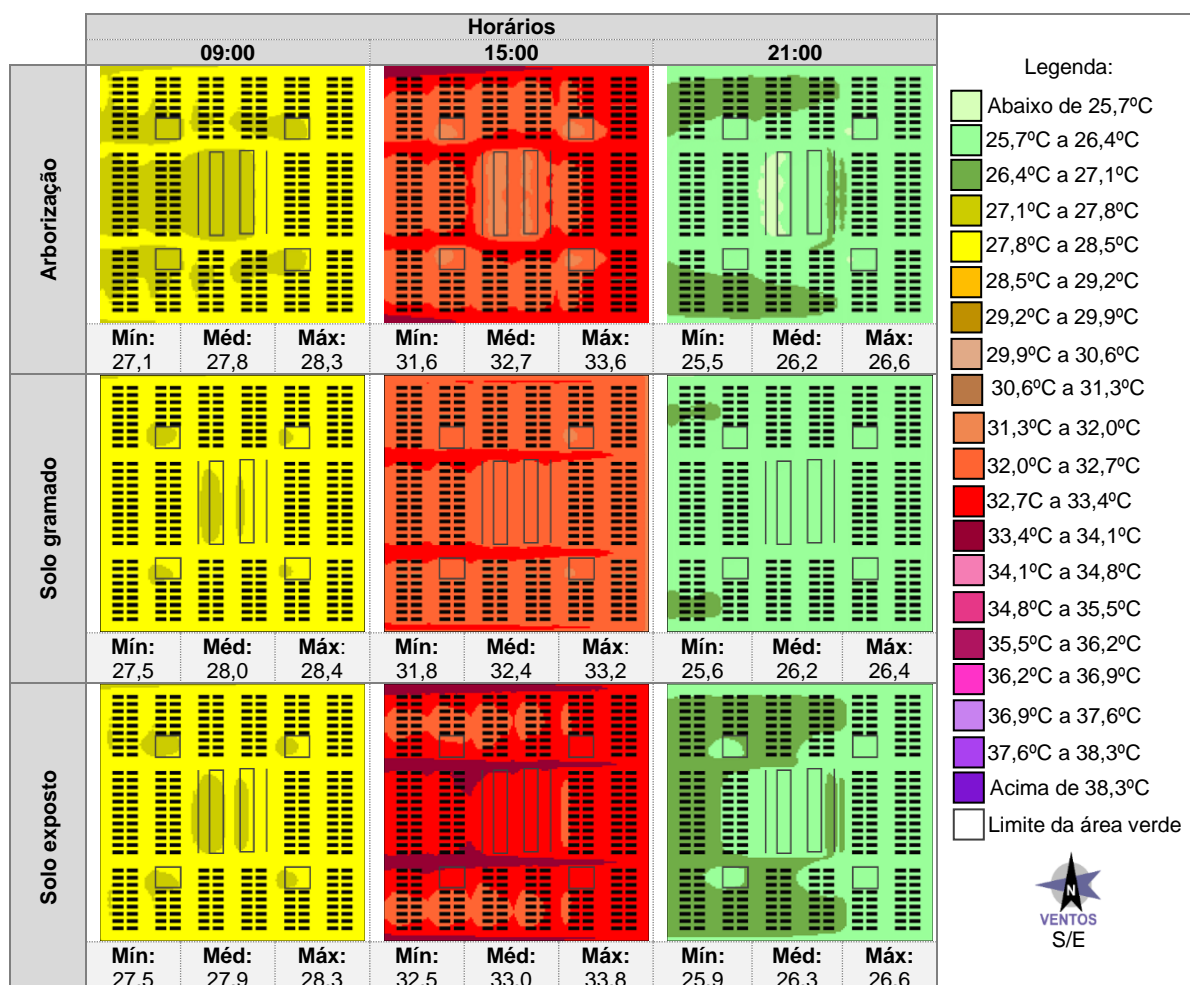
O Gráfico 12 ilustra, no período quente e úmido, as temperaturas do ar máximas, mínimas e médias horária no cenário Misto, onde as médias e máximas apresentam pequenas diferenças, enquanto o cenário arborizado registra os menores valores no comparativo com os cenários de solo gramado e de solo exposto.



**Gráfico 12 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

O Quadro 38 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Misto no período quente e úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



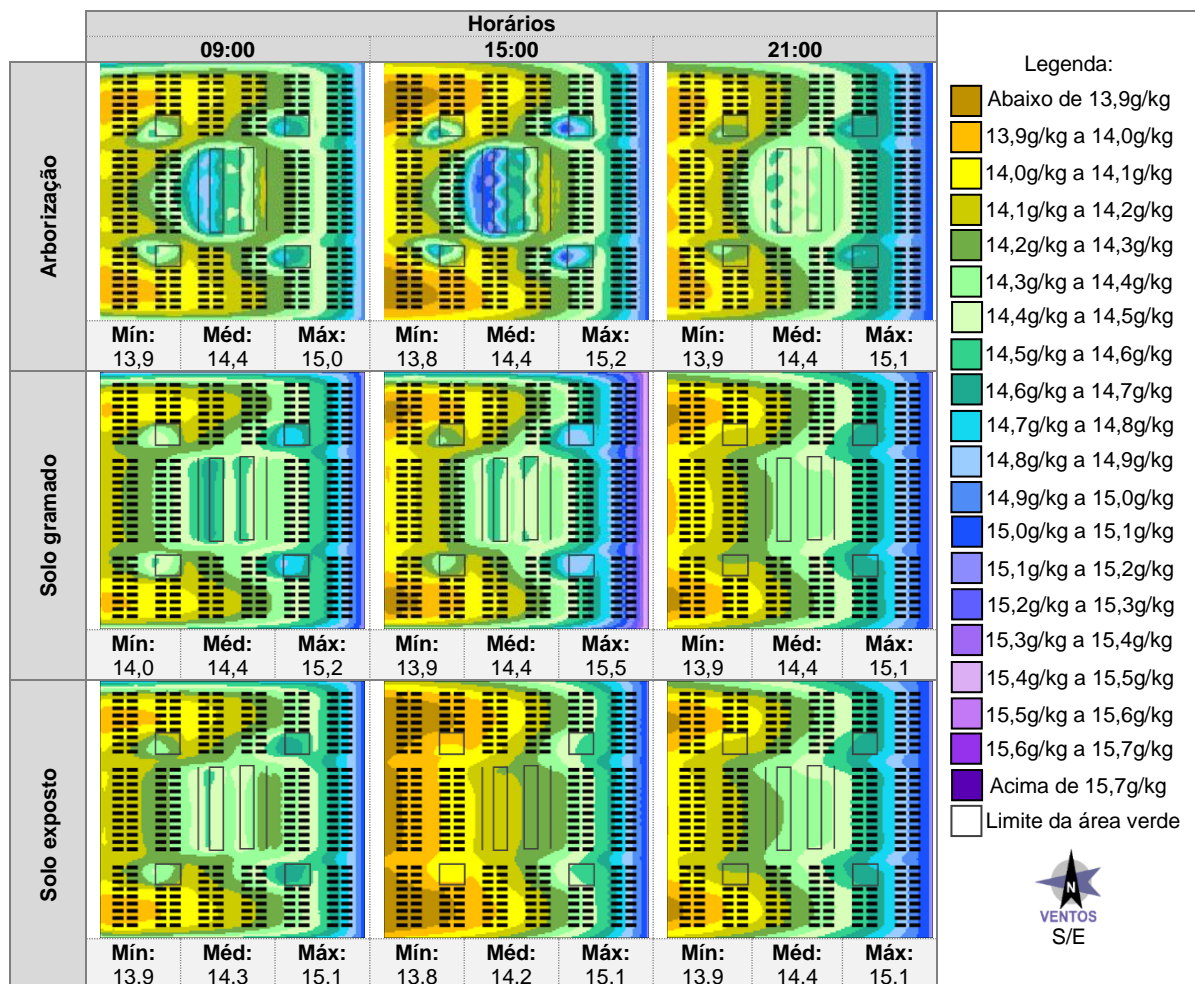
**Quadro 38 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.



A partir dos resultados apresentados, notou-se que o cenário Misto com arborização registra temperatura do ar menor às 15:00 e 21:00 horas, quando comparado ao cenário com solo exposto, enquanto o mesmo apresenta semelhanças com o cenário de solo gramado às 09:00 e 15:00 horas. A presença da vegetação arbórea pode explicar o desempenho no cenário arborizado, devido a presença do sombreamento. No comparativo entre as tipologias de solo gramado e solo exposto, o cenário gramado apresenta menores temperaturas do ar às 15:00 horas, justificado pela presença da vegetação mesmo que rasteira, enquanto registra desempenhos semelhantes nos horários matutino e noturno, no qual a vegetação não foi suficiente para reduzir a temperatura do ar.

O Quadro 39 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Misto no período quente úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 39 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Misto (período quente e úmido)**  
 Fonte: a autora.

Em relação a umidade específica do ar apresentada pelo cenário Misto, foram registradas diferenças irrelevantes no período quente e úmido na comparação entre os cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto, o que pode ser justificado pela elevada temperatura do ar ou ainda pela massa vegetada insuficiente para a manutenção da umidade específica do ar em maiores níveis.

### 5.2.5 Análise do cenário Periférico

Os resultados apresentados no cenário Periférico analisados no período quente e seco, no horário referente ao período matutino, mostram que a diferença de temperatura do ar máxima foi  $-0,3^{\circ}\text{C}$  no cenário com arborização, quando comparado aos cenários com solo gramado e solo exposto. Essa redução pode ser justificada pela presença de vegetação arbórea que promove sombreamento no cenário analisado. A diferença dos valores máximos de temperatura do ar registrados na tipologia com arborização foi inexpressiva em relação as tipologias com solo gramado e solo exposto nos horários analisados dos períodos vespertino e noturno.

Quanto as médias de temperatura do ar, a maior diferença entre os cenários é registrada às 09:00 horas, onde o cenário arborizado apresenta até  $-0,5^{\circ}\text{C}$  em comparação com as tipologias de solo gramado e solo exposto, registrando os mesmos valores no horário analisado do turno vespertino e com diferenças inexpressivas no horário do período noturno. Assim como ocorreu com as máximas temperaturas do ar, as médias registradas no cenário com arborização são menores em relação com as apresentadas nas outras tipologias, como uma possível consequência do efeito de sombreamento promovido pela vegetação arbórea utilizada no cenário.

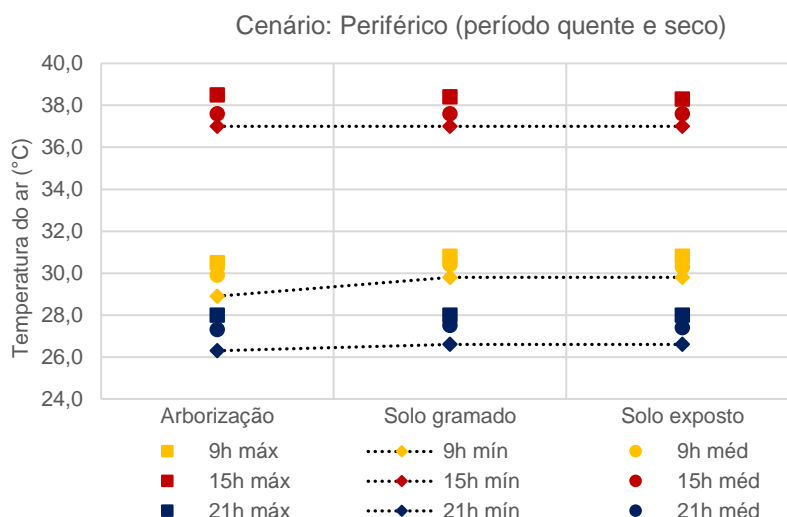
Em relação as temperaturas do ar mínimas, o cenário com arborização registrou  $-0,9^{\circ}\text{C}$  em comparação com os cenários com solo gramado e solo exposto, durante o horário matutino, podendo ser justificado pelo sombreamento no cenário. Não foram encontradas diferenças na temperatura do ar mínima às 15:00 horas, uma vez que os valores apresentados no horário são bastante elevados. Quanto ao horário analisado no turno da noite, o cenário arborizado apresentou  $-0,3^{\circ}\text{C}$  de temperatura do ar ao comparar com os valores registrados nos cenários com solo gramado e solo exposto (tabelas 09).

**Tabela 09 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco)**

CENÁRIO PERIFÉRICO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	30,5	30,8	30,8
	Mín.	28,9	29,8	29,8
	Méd.	29,9	30,4	30,3
15:00 horas	Máx.	38,5	38,4	38,4
	Mín.	37,0	37,0	37,0
	Méd.	37,6	37,6	37,6
21:00 horas	Máx.	28,0	28,0	28,0
	Mín.	26,3	26,6	26,6
	Méd.	27,3	27,5	27,4

Fonte: a autora.

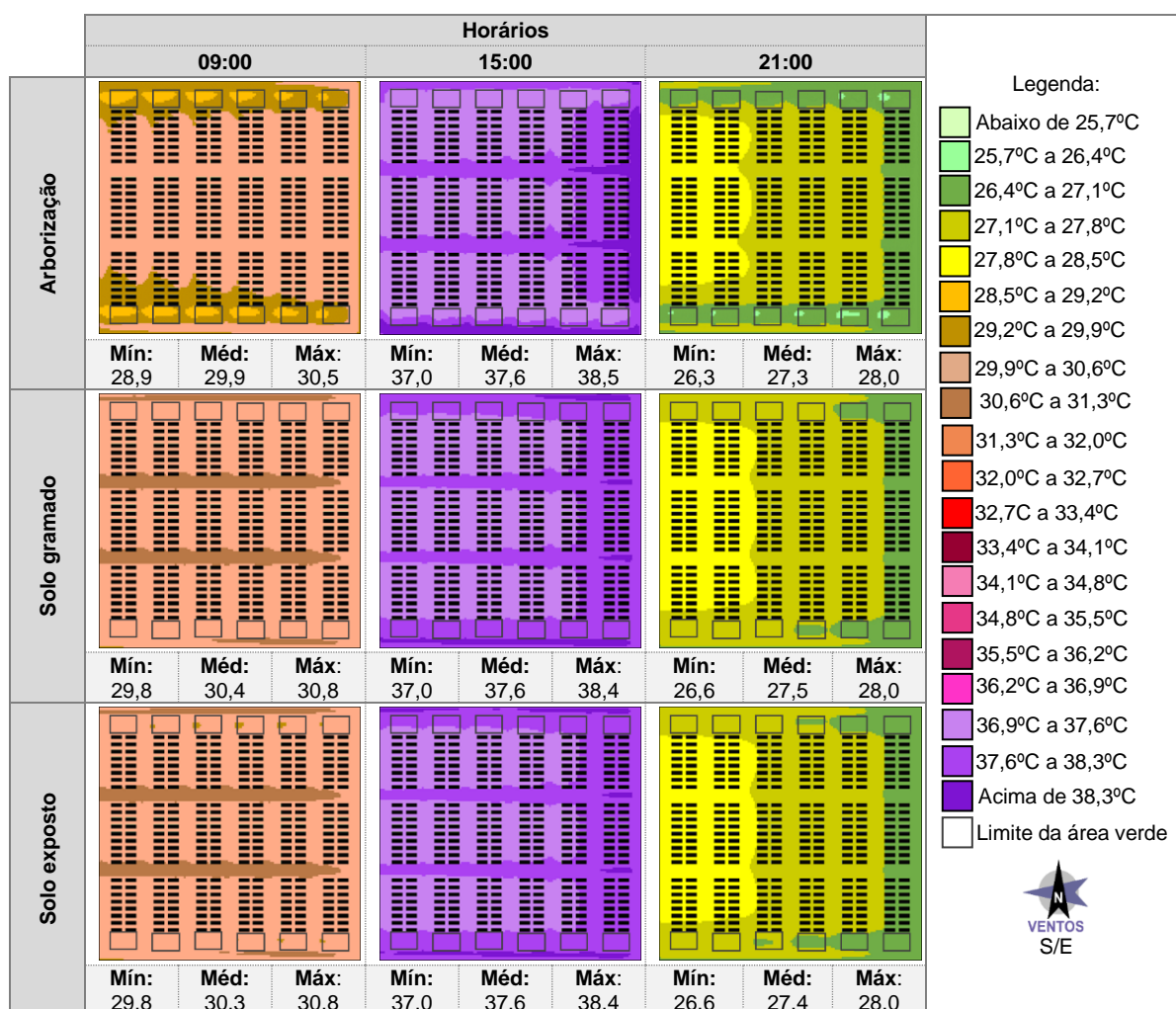
O Gráfico 13 mostra os valores máximos, mínimos e médios referentes a temperatura do ar, no período quente e seco, no cenário Periférico obtidos pela simulação, nas tipologias de arborização, solo gramado e solo exposto nos horários anteriormente citados.



**Gráfico 13 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

O Quadro 40 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar no cenário Periférico período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.

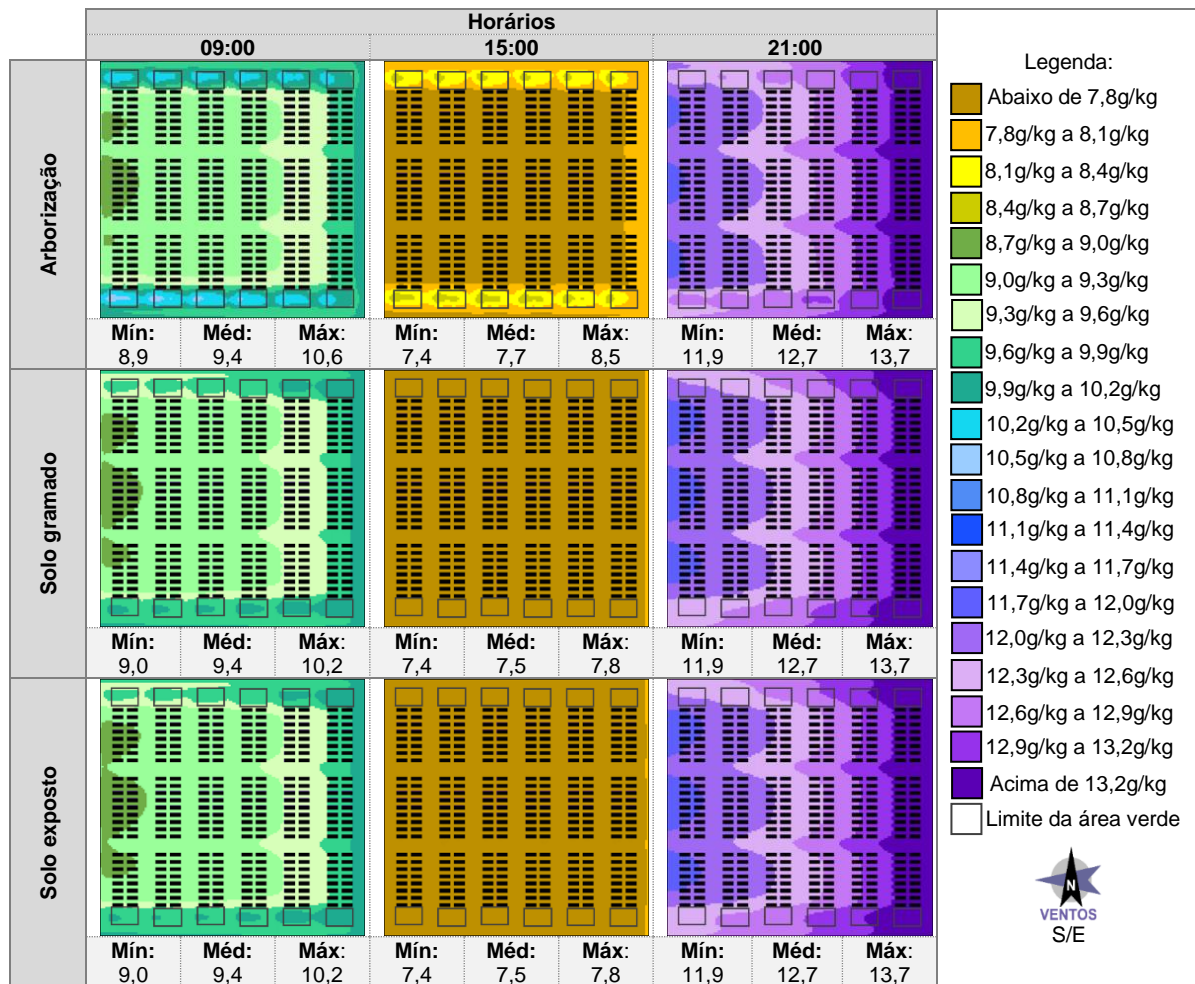


**Quadro 40 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco)**

Fonte: a autora.

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que a tipologia do cenário Periférico com arborização apresentou redução na temperatura do ar no horário da manhã, na comparação com os cenários com solo gramado e solo exposto, o que pode ser justificado pelo sombreamento promovido pela vegetação arbórea. Nos demais horários analisados, foram constatadas diferenças irrisórias nos valores de temperatura do ar, mesmo no cenário com arborização, porém nota-se que a influência da área verde com vegetação arbórea é maior no referido cenário quando comparado aos cenários com tipologia de solo gramado e solo exposto.

O Quadro 41 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Periférico no período quente e seco, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



Quadro 41 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e seco)

Fonte: a autora.

Quanto à umidade específica do ar, foram encontradas diferenças irrelevantes entre os cenários Periféricos arborizado, com solo gramado e solo exposto nos horários analisados, o que pode ser justificado tanto pelas altas temperaturas do ar registrados na estação seca, quanto pelo alto índice de impermeabilidade presente nos cenários.

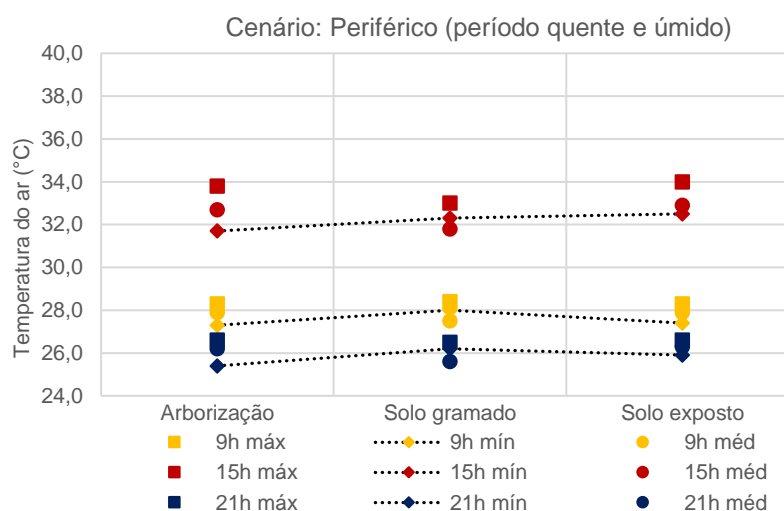
No cenário Periférico, analisado no período quente e úmido, os cenários com arborização apresentaram diferenças diminutas na temperatura do ar máxima e média em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, nos horários analisados. Quanto a temperatura do ar mínima, o cenário arborizado apresentou diferenças com redução de até  $-0,8^{\circ}\text{C}$  em relação aos cenários com solo gramado e solo exposto, às 21:00 e 15:00 horas, respectivamente. O desempenho do cenário arborizado pode ser explicado pelo sombreamento, uma vez que a maior parte dos melhores resultados são apresentados nos horários referentes ao período diurno (tabela 10).

**Tabela 10 – Dados de temperatura do ar máximos, mínimos e médios horários das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido)**

CENÁRIO PERIFÉRICO				
Horário	Valor	Arborização	Solo gramado	Solo exposto
09:00 horas	Máx.	28,3	28,4	28,3
	Mín.	27,3	28,0	27,4
	Méd.	27,9	27,5	27,9
15:00 horas	Máx.	33,8	33,0	34,0
	Mín.	31,7	32,3	32,5
	Méd.	32,7	31,8	32,9
21:00 horas	Máx.	26,6	26,5	26,6
	Mín.	25,4	26,2	25,9
	Méd.	26,2	25,6	26,3

Fonte: a autora.

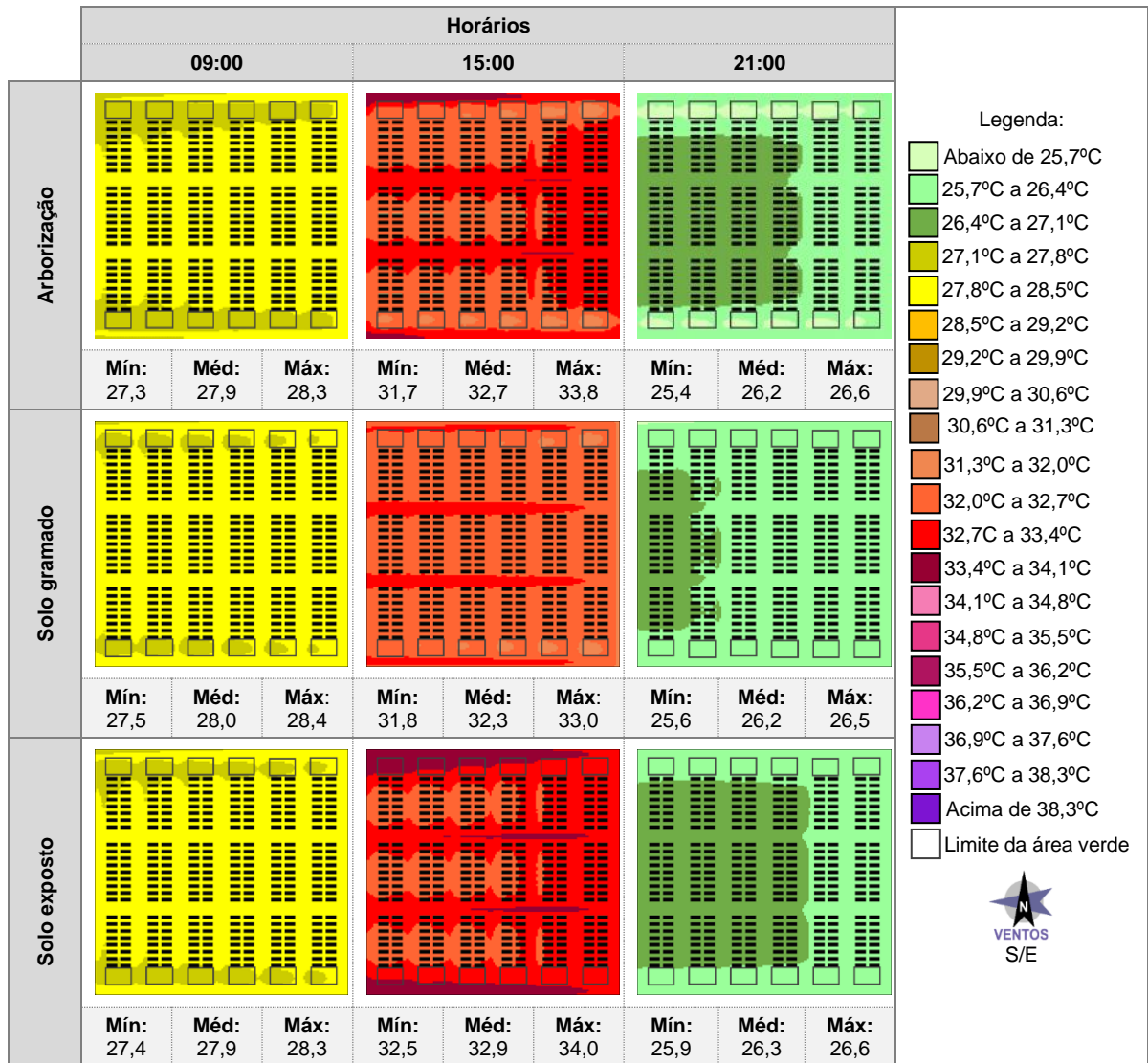
O Gráfico 14 apresenta as temperaturas do ar máximas, mínimas e médias horária no cenário Periférico, simulado no período quente e úmido, onde as médias e máximas não apresentam diferenças expressivas e o cenário arborizado apresenta os menores valores na comparação com os cenários com solo gramado e solo exposto.



**Gráfico 14 – Comparação de temperatura do ar máxima, mínima e média horária das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

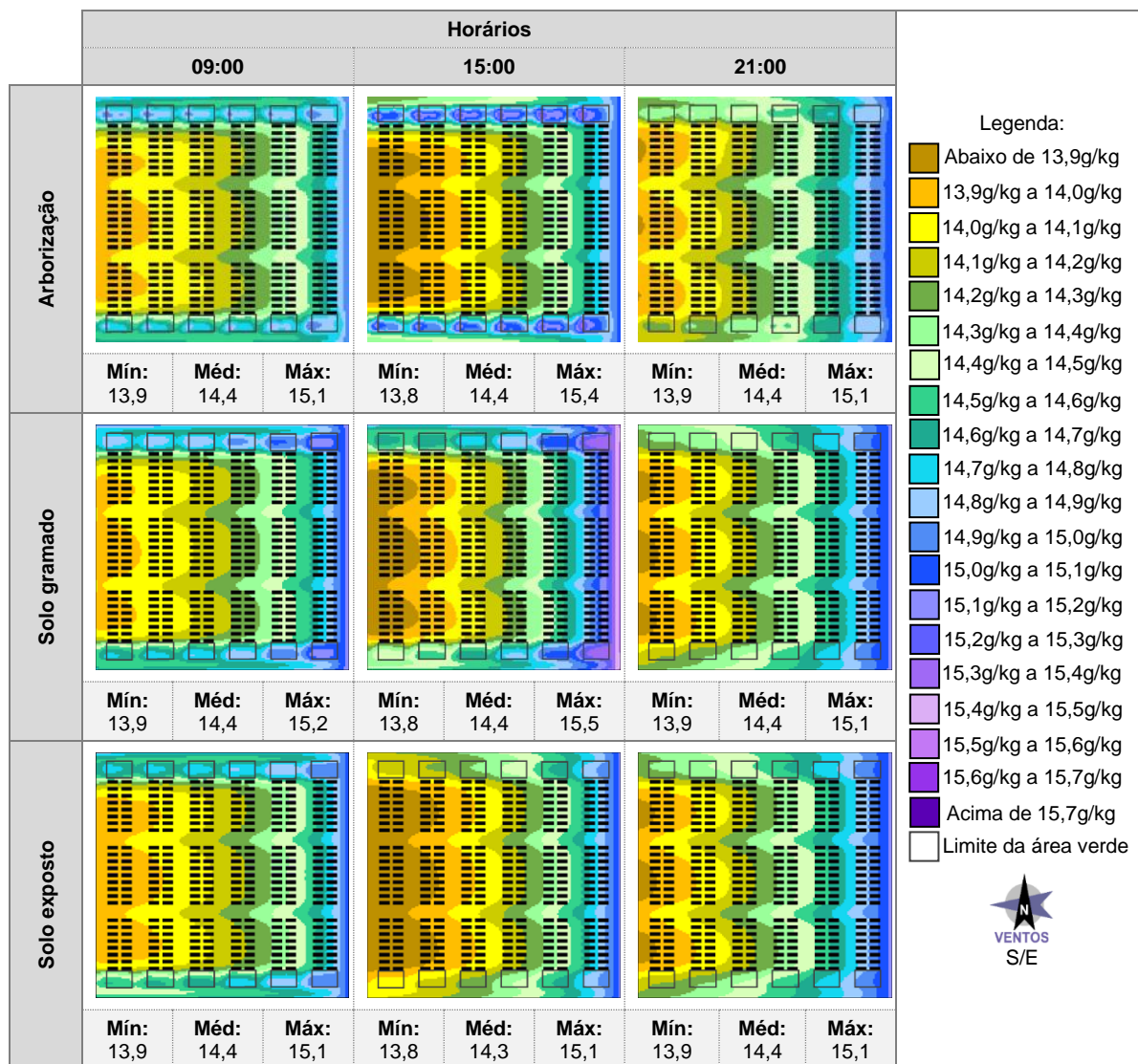
O Quadro 42 apresenta os mapas e dados de temperatura do ar do cenário Periférico no período quente e úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 42 – Mapas e dados de temperatura do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido)**  
Fonte: a autora.

Com base nos resultados apresentados, verificou-se que o cenário Periférico arborizado apresenta temperaturas do ar menores, nos horários analisados, quando comparado aos cenários com solo gramado e com solo exposto, sendo justificado pelo sombreamento promovido pela vegetação de porte arbóreo presente no mesmo. Na comparação entre os cenários com solo gramado e solo exposto, a tipologia gramada apresenta temperatura do ar menor, com destaque para os valores registrados às 15:00 horas, onde o solo gramado apresentou redução de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  na temperatura do ar mínima, em relação ao cenário com solo exposto, o que pode ser explicado pela presença da vegetação rasteira no mesmo.

O Quadro 43 apresenta os dados e mapas de umidade específica do ar do cenário Periférico no período quente úmido, nas tipologias com arborização, solo gramado e solo exposto nos horários determinados.



**Quadro 43 – Mapas e dados de umidade específica do ar das tipologias com arborização-solo gramado-solo exposto do cenário Periférico (período quente e úmido)**

Fonte: a autora.

Quanto a umidade específica do ar registrada no cenário Periférico, simulada no período quente e úmido, foram encontradas diferenças irrelevantes no comparativo entre os cenários com arborização, com solo gramado e com solo exposto, o que pode ser explicado pela temperatura do ar máxima elevada ou pela quantidade e localização das porções de vegetação, que possivelmente, foram insuficientes para manter a umidade específica do ar elevada.

### 5.2.6 Síntese comparativa do desempenho da vegetação nos cenários estudados

Diante dos resultados expostos dos períodos quente e seco e quente e úmido, constata-se que a presença da vegetação arbórea promove a redução da temperatura do ar através do processo de sombreamento (aliados as suas funções biológicas, como a evapotranspiração) em todos os cenários parametrizados analisados sob essa condição, ao se comparar com os cenários com solo gramado e solo exposto.

Contudo, é importante ressaltar que a espacialização da área verde nos cenários pode ter interferido no desempenho térmico apresentado nos mesmos uma vez que os cenários Central, Distribuído e Misto arborizados registraram redução da temperatura do ar nos três horários analisados quando comparados aos cenários sob ação do solo gramado e do solo exposto. Em contrapartida, os cenários Linear e Periférico arborizados apresentaram menores temperaturas do ar apenas no horário referente ao turno da manhã, na comparação com as tipologias de solo gramado e solo exposto.

Além disso, as diferenças entre a temperatura do ar mínima apresentada nos cenários Central, Distribuído e Misto arborizados em relação aos mesmos com solo gramado e solo exposto são maiores do que as diferenças dos cenários Linear e Periférico arborizados no comparativo com solo gramado e solo exposto. Como em todos os cenários arborizados os resultados podem ser reflexo direto do processo de sombreamento, suas diferenças de desempenho térmico podem ser justificadas também pelas distintas espacializações de área verde.

Esses resultados são apresentados tanto no período quente e seco quanto no quente e úmido, uma vez que mesmo com a presença de mais vapor d'água durante a estação chuvosa, a temperatura do ar ainda é elevada em ambos os dias representativos utilizados nas simulações, que refletiu também na inexistência ou insignificantes diferenças na umidade específica do ar na comparação entre todos os cenários.

Quanto ao comparativo entre os cenários com solo gramado e solo exposto, as diferenças observadas foram irrisórias nos horários analisados, o que pode ser explicado pela ausência do sombreamento, presente apenas nos cenários com arborização. A presença da vegetação gramínea promove um pequeno amortecimento na temperatura do ar em relação ao solo natural, contudo, sua presença por si só, não foi suficiente para reduzir, consideravelmente, a temperatura do ar e manter alto níveis de umidade específica do ar, com esse panorama sendo observado em ambos os períodos analisados: quente e seco e quente e úmido.

Em relação a umidade específica do ar, foram constatadas a inexistência e/ou inexpressiva diferença nos horários analisados, tanto no período quente e seco quanto no quente e úmido, o que pode ser justificado pelas altas temperaturas do ar registrados nos períodos. Outro fator importante a considerar é o fato de o percentual de cobertura vegetal inserido nos cenários arborizados ser elevado e ainda assim insuficiente em proporcionar maiores valores de umidade específica.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados no primeiro grupo de análise, a influência da área verde arborizada na temperatura do ar e na umidade específica está diretamente ligada as espacializações desses espaços na malha urbana. Além disso, verifica-se que tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido, as maiores diferenças dos percentuais de área de influência da temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\text{mínC}}$ ) e de umidade relativa máxima comum ( $UE_{\text{máxC}}$ ) apresentados pelos cenários, são registradas nos turnos matutino e noturno. Esse panorama pode ser explicado pelo processo de desempenho térmico diferenciado no padrão de aquecimento e resfriamento dos ambientes urbanos, que ocorrem durante os períodos da manhã e da noite.

O cenário Central apresentou as menores temperaturas do ar e maiores valores de umidade específica, registrando bom desempenho em ambos os períodos analisados (quente/seco e quente/úmido), possivelmente justificado pela sua aglomeração da massa vegetal e, juntamente com a ação do vento, esses registros estão localizados na região a sota-vento da mesma, com pouca dispersão da influência em outras partes do cenário no período diurno, uma vez que o vento segue no sentido Leste-Oeste nos cenários. Dessa forma, simulações em outras orientações em função do vento podem ser refeitas com o intuito de testar a ampliação da influência da área verde do cenário Central.

Um dos cenários em evidência na análise foi o Distribuído, cuja área verde é espalhada pelo espaço proposto, formando agrupamentos arbóreos nas quadras loteadas, o que garantiu a influência da diminuição da temperatura do ar e maiores valores de umidade específica nas adjacências dos espaços arborizados, de maneira igualmente difundida nos horários matutino e vespertino, tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido. Dessa forma, dentre os cenários simulados, obteve bom desempenho no comparativo aos demais, sendo um modelo pré-indicado para implantação em situações reais. Todavia propõe-se outras simulações e análises complementares, como mudança de orientação e outras formas de espacialização subdividida, que possam corroborar a eficiência do modelo.

Outro cenário em destaque na análise foi o Misto, cuja espacialização sendo uma mescla entre os cenários Central e Distribuído, obteve resultados com semelhanças à ambos, apresentando temperatura do ar menor e maior umidade específica na concentração arbórea da região central do espaço proposto, além de variáveis com considerável influência nas adjacências de todas as porções de área verde existentes no modelo. Esses resultados foram observados nos dois períodos analisados (quente/seco e quente/úmido) e, assim como o

cenário Distribuído, a tipologia Mista tem potencial para locação efetiva, porém também se sugere estudos adicionais que levem em consideração, por exemplo, a direção dos ventos e outros desenhos espaciais, de maneira a ser capaz de legitimar a aplicabilidade da tipologia.

Quanto aos cenários Linear e Periférico, verificou-se que suas áreas de influência da temperatura do ar mínima comum ( $TA_{\min C}$ ) e as áreas de influência da umidade específica máxima comum ( $UE_{\max C}$ ) foram as menores no período vespertino, horário com os valores máximos da temperatura do ar, resultado apresentado tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido. Recomenda-se aprimorar a análise desses cenários, alterando o posicionamento das áreas verdes na malha proposta, bem como sua orientação, de maneira a entender outros comportamentos possíveis para essas tipologias.

Quanto aos resultados apresentados no segundo grupo de análise, é notável que, tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido, os cenários arborizados tiveram melhor desempenho térmico quanto à ação de diminuir a temperatura do ar nos espaços simulados, com destaque para os cenários Central, Distribuído e Misto arborizados, que mostraram as maiores diferenças entre as simulações com grama e solo exposto. O fato de as diferenças mais significativas serem apresentadas nos valores mínimos, e esses valores serem registrados nos cenários com agrupamentos arbóreos maiores, justifica a proposição que espaços mais densamente arborizados tendem a diminuir a temperatura do ar em seu entorno através, principalmente, do sombreamento.

Com relação aos resultados apresentados sobre os cenários gramados no período quente e seco e quente e úmido, verificou-se que os mesmos proporcionam temperaturas do ar um pouco maiores em relação aos espaços arborizados, uma vez que a espécie vegetal rasteira não promove sombreamento de maior escala, porém também é um mecanismo responsável pelo processo de evapotranspiração, mesmo com menor impacto, devido ao porte rasteiro da mesma. Como se trata de um espaço permeável, acredita-se que áreas verdes gramadas podem compor a malha urbana de maneira combinada aos espaços arborizados, o que potencializa os efeitos amortecedores da temperatura do ar no ambiente urbano, funciona como área de drenagem de água pluviais e garante recintos de recreação, esporte e lazer à população.

A temperatura do ar diurna nos cenários com solo exposto, analisada tanto no período quente e seco quanto no período quente e úmido, apresentou valores mais elevados em relação as outras duas tipologias, na maior parte dos horários analisados, principalmente por duas razões: a primeira, é a ausência de vegetação arbórea e a conseqüente falta de sombreamento; e a segunda, é o reduzido volume de água no solo exposto, uma vez que o dia simulado possui características comuns do período quente e seco. Dessa forma, é a

tipologia menos recomendada para ambientes urbanos que buscam desenvolver ações de melhorias para a qualidade de vida cidadina, visto que a mesma é menos eficiente no processo de arrefecimento da temperatura do ar elevada em localidades de clima quente, como o exemplo simulado.

Com relação a umidade específica, não foram observadas diferenças significativas em quaisquer das tipologias e horários analisados, dentro dos cenários simulados no período quente e seco e no período quente e úmido, o que pode ser justificado pela temperatura do ar elevada (típica de ambos os períodos analisados) e pelo percentual de cobertura vegetal, que mesmo elevado, não foi o suficiente para promover maiores valores de umidade específica.

É importante ressaltar que, mesmo o efeito de sombreamento sendo conseguido por outros meios, como a verticalização da malha urbana, a presença de espaços arborizados nas cidades promove outros benefícios como áreas de drenagem de águas pluviais, amortecimento do rigor térmico, amplia o processo de evapotranspiração (que absorve calor e libera vapor d'água para a atmosfera), etc. Como o processo de crescimento das cidades é quase ininterrupto, principalmente por meio de condomínios e loteamentos habitacionais, projetar espaços urbanos coerentes com a realidade local é de suma importância quando se busca maior salubridade urbana.

#### *Limitações da pesquisa*

No que se refere as limitações encontradas durante a pesquisa, notou-se aspectos relacionados ao software de ENVI-met 4.0. Como por exemplo, o catálogo de vegetação presente no software que é diversificado, porém não contempla espécies idênticas as encontradas na flora local do objeto de estudo. No entanto, pela descrição do porte da vegetação (relativo à altura) e tamanho da copa, foi possível utilizar espécies semelhantes com base nessas características.

Outra limitação está relacionada ao tamanho da área do modelo, que restringiu as dimensões da gleba parametrizada a ser modelada e simulada. Ainda assim, com os tamanhos de quadra, ruas e lotes adotados, foi possível simular cenários com semelhanças projetuais aos encontrados nos loteamentos presentes na cidade de Arapiraca-AL. Além disso, as dimensões gerais do cenário e o número de elementos inseridos no modelo a ser simulado, estão diretamente ligados ao tempo necessário para gerar as simulações, uma vez que, a depender do número de simulações propostas e o desempenho do computador utilizado, só é possível gerar uma quantidade específica de simulações por vez.

### *Desdobramentos para pesquisas futuras*

Diante do que foi analisado, percebe-se que o percentual de cobertura vegetal utilizado nas simulações, se ampliado, pode propor outros efeitos de redução da temperatura do ar, o que abre caminhos para investigações futuras que possam orientar o percentual mais indicado para condições climáticas semelhantes. Outra abordagem está na orientação espacial da área investigada em relação aos ventos, uma vez que esse fator é grande influenciador em propagar a temperatura do ar mais baixa presente nas áreas verdes, quando comparado ao seu entorno.

Além disso, é possível utilizar os dados de entrada de outros dias de referência nas simulações, uma vez que a dinâmica de valores de temperatura do ar e umidade específica, bem como outros dados de entrada utilizados na simulação, podem apresentar resultados complementares importantes, de forma a contribuir com o presente estudo.

À vista disso, a pesquisa salienta a importância de compreender as implicações do que se planeja para o ambiente citadino, de forma a minimizar incompatibilidades dos projetos urbanísticos com a malha existente. Além disso, cabe ressaltar que os resultados aqui apresentados representam o início da investigação utilizando cenários parametrizados baseados em legislações atualmente em vigor do Município de Arapiraca-AL e que as análises complementares podem trazer ratificações e/ou outras maneiras de auxiliar o processo de planejamento do município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA. Agenda 2030. Brasil, c2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/sobre/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

ALAGOAS. **Constituição do Estado de Alagoas, 1989**: promulgada em 5 de outubro de 1989: atualizada até a emenda nº 38/2010 / Coordenação de Maria de Fátima Medeiros Tavares. - 3. ed. rev., e ampl. Maceió: Governo do Estado de Alagoas, 2013. 322 p. ISBN: 978-85-66349-00-9. Disponível em: <<http://www.procuradoria.al.gov.br/legislacao/constituicao-do-estado-de-alagoas/Livro%20da%20Constituicao%20do%20Estado%20de%20Alagoas%20sem%20Capa.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

ALVAREZ, Ivan André. **Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de índice de avaliação**. Dissertação (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2004.

AMATO-LOURENÇO, Luís Fernando; MOREIRA, Tiana Carla Lopes; ARANTES, Bruna Lara de; SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; MAUAD, Thais. Metrôpoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo. v.30, n.88 p. 113-130, 2016. ISSN 1806-9592. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v30n86/0103-4014-ea-30-86-00113.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

ANDRADE, Débora Pires Xavier de. **Sistemas de áreas verdes e percepção da qualidade de vida na cidade de Souza – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5575/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

ARAPIRACA. Lei nº 2.220/2001, de 31 de dezembro de 2001. Institui o Código de Obras e Edificações no Município de Arapiraca e dá outras providências. **Departamento Administrativo da Secretaria Municipal de Administração e Recursos Humanos**, Arapiraca, AL, 31 dez. 2001. Disponível em: <<http://web.arapiraca.al.gov.br/arquivos/lei-no-2-2202001-institui-codigo-de-obras-e-edificacoes-no-municipio-de-arapiraca-e-da-outras-providencias/>> Acesso em: 18 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 2.221/2001, de 31 de dezembro de 2001. Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais e ordenação do uso do solo do território do município de Arapiraca. **Departamento de Serviços Gerais da Secretaria de Administração do Município de Arapiraca**, Arapiraca, AL, 31 dez. 2001. Disponível em: <<http://web.arapiraca.al.gov.br/leis/codigo-municipal-de-meio-ambiente-e-alteracoes/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 2.424/2006, de 23 de janeiro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Arapiraca, estabelece as diretrizes gerais da política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. **Departamento Administrativo da Secretaria Municipal de Administração e Recursos Humanos**, Arapiraca, AL, 23 jan. 2006. Disponível em:

<<http://web.arapiraca.al.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/2424.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 2.770/2011, de 19 de outubro de 2011. Dispõe sobre parcelamento de solo urbano no Município de Arapiraca, amplia o perímetro urbano e dá outras providências. **Departamento Administrativo da Secretaria Municipal de Administração e Recursos Humanos**, Arapiraca, AL, 19 out. 2011. Disponível em: <<http://web.arapiraca.al.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/LEI27702011PARCELAMENTODESOLOURBANONOMUNICIPIODEARAPICAAMPLIAOPERIMETROURBANO.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

ÁVILA, Rafael Doñate. MALHEIROS, Tadeu Fabrício. O Sistema Municipal de Meio Ambiente no Brasil: avanços e desafios. **Revista Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.21, supl.3, p.33-47, 2012. ISSN 1984-0470. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v21s3/04.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.

ARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues Barbosa. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas em Maceió (AL)**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03062006-142516/pt-br.php>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

BARGOS, Danúbia Caporusso. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade Ambiental Urbana: estudo de caso de Paulínia-SP**. 2010.151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286912>> Acesso em: 31 maio 2019.

BARGOS, Danúbia Caporusso. MATIAS, Lindon Fonseca. **Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba-SP, v.6, n.3, p.172-188, set. 2011.

BARROS, Alexandre Patrício Silva; AZEVEDO, Aline Cristina Jacob de; DIAS, Emily Regina Siqueira; OLIVEIRA, Helbert Michel Pampolha de. Planejamento urbano, áreas verdes e qualidade de vida: uma análise comparativa entre os Bairros Terra Firme e Cidade Velha – Belém/PA. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. v.7, n.2, p. 68 – 85, 2017. ISSN 2236-9716. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/6971/4574>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BENFATTI, Denio M.; QUEIROGA, Eugenio F.; SILVA, Jonathas M. P. **Transformações da metrópole contemporânea: novas dinâmicas espaciais, esfera da vida pública e sistema de espaços livres**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, V.12, N.1 / Maio 2010.

BORJA, Jordi. **Espaço público, condição da cidade democrática: a criação de um lugar de intercâmbio**. Revista Vitruvius – Arquitectos 072.03 - ano 06, maio, 2006.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nºs 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nºs 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto

Legislativo nº 186/2008. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016, 496 p. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Estatuto da Cidade**. – 3. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf?sequence=6>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)>. Acesso em: 9 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jan. 2015. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Ato2015-2018/2015/Lei/L13089.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2015-2018/2015/Lei/L13089.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 dez. 1979. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6766-19-dezembro-1979-366130-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 09 de jul. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jan. 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9785.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9785.htm)>. Acesso em: 9 jul. 2019.

BRAZ, Adalto Moreira; KUNKEL, Arne Christian; BONI, Paola Vicentini; BRAZ, Amanda Moreira; MARTINS, Alécio Perini. Áreas verdes e temperatura da superfície na cidade de Três Lagoas/MS. **Revista Formação**. v. 25, n. 45, p. 93-122, 2018. ISSN 1517-543X. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5333/4512>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

CARBONE, Amanda Silveira. COUTINHO, Sonia Maria Viggiani; TOMERIUS, Stephan; PHILIPPI JUNIOR, Arlindo. Gestão de áreas verdes no município de São Paulo: ganhos e limites. **Revista Ambiente & Sociedade**. Vol.18, n.4 (2015), p.201-220. ISSN 1809-4422. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2015000400012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2015000400012&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 18 ago. 2018.

CAVALHEIRO, Felisberto; DEL PICCHIA, Paulo Celso Dornelles. **Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento**. In: Anais do 1º Congresso Brasileiro sobre

Arborização Urbana e 4º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Vitória – ES, p.29-38. 1992. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/19500059-Areas-verdes-conceitos-objetivos-e-diretrizes-para-o-planejamento.html>> Acesso em: 18 ago. 2018.

CAVALHEIRO, F. et al. Proposição de Terminologia para o Verde Urbano. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de arborização urbana. SBAU: Ano VII, Rio de Janeiro, n.3, jul./ago./set., 1999. Disponível em: <<https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/cavalheiro-et-al-1999.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

DUMKE, Eliane Müller Seraphim; MENDONÇA, Francisco de Assis. Distribuição intra-urbana da temperatura do ar/conforto térmico e condições de vida no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC), Brasil. **Revista Investigaciones Geográficas**, Facultad de Arquitectura Y Urbanismo – Universidad de Chile. v.53, p.51-76, 2017. ISSN 0719-5370. Disponível em: <<https://revistas.uchile.cl/index.php/IG/article/view/46222/48948>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

GUEDES, Zezito. **Arapiraca através do tempo**. Arapiraca: [s.n.], 1999. n.p.

GUZZO, Perci; CARNEIRO, Regina Maria Alves; OLIVEIRA JÚNIOR, Hamilton. Cadastro Municipal de Espaços Livres Urbanos de Ribeirão Preto (SP): Acesso Público, Índices e Base para Novos Instrumentos e Mecanismos de Gestão. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU**, v.1, n.1, 2006. ISSN 1980-7694. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66437>>. Acesso em: 31 maio 2019.

HANNES, Evy. **Espaços abertos e espaços livres: um estudo de tipologias**. Paisagem e Ambiente: Ensaios - N. 37 - São Paulo - P. 121 - 144 – 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/100413>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

HARDER, Isabel Cristina Fialho Harder; RIBEIRO, Roberval de Cássia Salvador; TAVARES, Armando Reis. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do Município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.277-282, 2006. ISSN 1806-9088. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a15v30n2.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do Município de Arapiraca, 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/panorama>>. Acesso em: 29 de ago. 2019.

INHAPI. Lei nº 75/2017, de 21 de setembro de 2017. Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras e da ordenação do uso do solo do território do Município de Inhapi - AL, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável e dá outras providências. **Prefeitura de Inhapi**, Inhapi, AL, 21 set. 2017. Disponível em: <[http://netuse.inf.br/inhapi\\_jportaltransparencia/anexos/leis/Lei%20n%C2%BA%2075%20-%202017%20-%20C%C3%B3digo%20de%20Meio%20Ambiente%20de%20Inhapi.pdf](http://netuse.inf.br/inhapi_jportaltransparencia/anexos/leis/Lei%20n%C2%BA%2075%20-%202017%20-%20C%C3%B3digo%20de%20Meio%20Ambiente%20de%20Inhapi.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2019.

JUSTI, Ana Clara Alves. NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque. SANTOS, Flávia Maria de Moura. MUSIS, Carlos Ralph de Musis. NOGUEIRA, José de Souza. Impacto da morfologia de parque urbano no microclima e no conforto térmico de Cuiabá – Brasil. **Revista**



**Brasileira de Climatologia**. Ano 15 – Vol. 24 – JAN/JUN 2019. ISSN: 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58644/37753>>. Acesso em: 23 out. 2019.

LIMA, Lincon de Carvalho. **Conforto térmico em espaços abertos**: Estudo de caso em um Parque Urbano na cidade de João Pessoa-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. (2016). Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9131>>. Acesso em: 31 maio 2019.

LUCON, Thiago Nogueira; PRADO FILHO, José Francisco do; SOBREIRA, Frederico Garcia. Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto – MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.8, n.3, p63-78, 2013. ISSN 1980-7694. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66430>> Acesso em: 31 maio 2019.

MAAS, Jolanda; VERHEIJ, Robert A.; GROENEWEGEN, Peter P.; VRIES, Sjerp de; SPREEUWENBERG, Peter. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? **Journal of Epidemiology and Community Health**. 2006; v.60, n.7, p587–592. DOI: 10.1136/jech.2005.043125. ISSN: 1470-2738. Disponível em: <<https://jech.bmj.com/content/60/7/587>> Acesso em: 15 jan. 2020.

MACEIÓ. Lei nº 4.548, de 21 de novembro de 1996. Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras da ordenação do uso do solo do território do município de Maceió, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável. **Diário Oficial do Município de Maceió**, Maceió, AL, 21 nov. 1996. Disponível em: <[http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/52\\_ext\\_arquivo.pdf](http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/52_ext_arquivo.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MARAGOGI. Lei nº 629/2017, de 20 de dezembro de 2017. Reestrutura o Código Ambiental do Município de Maragogi, Estado de Alagoas, o fundo municipal de preservação do meio ambiente (FMPMA), o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (COMDEMA) e institui o Sistema Municipal do Meio Ambiente de Maragogi (SISMMAM), a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA), e dá outras providências. **Prefeitura Municipal de Maragogi**, Maragogi, AL, 20 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.maragogi.al.leg.br/leis/legislacao-municipal/leis-2017/lei-629-2017-reestrutura-o-codigo-ambiental.pdf/view>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MARRA, Natália Carolina Sousa Nascentes. **Avaliação do conforto térmico em conjunto habitacional de interesse social-Simulação computacional com o programa Solene Microclima**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/MMDM-AYFNWC>> Acesso em: 15 fev. 2019.

MARTINS, Tathiane Agra de Lemos. BITTENCOURT, Leonardo Salazar. KRAUSE, Cláudia Mariz de Lyra Barroso. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. **Revista Ambiente Construído**. ISSN 1678-8621, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 59-75, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n2/05.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

MARTINS, Rodrigo Lemes. VIEIRA, Thiago Wentzel de Melo. BECKER, Beatriz Rohden. Políticas públicas municipais e a questão ambiental: uma análise dos mecanismos legais de proteção ambiental em Macaé. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**. ISSN: 01034138, n. 50 | jan./jun. p. 211-232, 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/832/467>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MAZZEI, Kátia. COLESANTI, Marlene T. Muno. SANTOS, Douglas Gomes dos. **Áreas verdes urbanas, espaços livres para o lazer**. Artigo recebido pela Sociedade & Natureza, Uberlândia, 19 (1): 33-43, jun. 2007.

MINELLA, Flavia Cristina Osaku; KRÜGER, Eduardo Leite. Proposição do índice “fração vegetada” e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre-RS, v. 17, n. 1, p. 353-371, jan./mar. 2017. ISSN 1678-8621. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v17n1/1678-8621-ac-17-01-0353.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

MORERO, Andrea Maria. SANTOS, Rozely Ferreira dos; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Planejamento Ambiental de Áreas Verdes: estudo de caso em Campinas – SP. **Revista Instituto Florestal**, v.19, n 1. São Paulo, 2007, p. 20. ISSN 2178-5031. Disponível em <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012069432>>. Acesso em: 31 maio 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. Brasil, c2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Nova Agenda Urbana**. c2016. Disponível em: <<http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**. ISSN 1982-0496. Faculdades Integradas do Brasil. Curso de Mestrado em Direito da UniBrasil. – v.6, n.6 (jul./dez. 2009) – Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/18-19-1-pb.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.

PENEDO. Lei nº 1.582/2016, de 30 de dezembro de 2016. Fica criado o Novo Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, no controle das fontes poluidoras e ordenação do uso do solo do território do Município de Penedo, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável. **Prefeitura Municipal de Penedo**, Penedo, AL, 30 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.penedo.al.io.org.br/contasPublicas/download/981553/11064/2017/1/publicacoes/B8A39376-B392-038D-38957A22212259E0.PDF>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

PERES, Ângela R. A. BREY, Gabriella M. W. MAGALHÃES, Natália A. DURANTE, Luciane C. NOGUEIRA, Marta C. J. A. **A influência da vegetação e diferentes tipos de revestimentos do solo sob a ótica das condições ambientais e dos microclimas em praças na cidade de Cuiabá-MT**. In: Anais do XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2013 e VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído – ELACAC 2013. Brasília-DF, p.517-526, set. 2013.

QUEIROGA, Eugênio Fernandes. **Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras**. Revista Resgate: Artigos & Ensaio - vol. XIX, Nº 21 - jan./jun. p. 25-35, 2011.

QUERINO, J. K. A. S. **Caracterização termo higrométrica e de conforto térmico em Porto Velho no período de transição seco-chuvoso**. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017. Disponível em: <<http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/teses/372-juliane-kayse-albuquerque-da-silva-querino/file>> Acesso em: 25 maio 2019.

RIO LARGO. Lei nº 1.424/2006, de 19 de abril de 2006. Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras e da ordenação do uso do solo do território do Município de Rio Largo, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável. **Prefeitura Municipal de Rio Largo**, Rio Largo, AL, 19 abr. 2006. Disponível em: <<http://www.riolargo.al.gov.br/uploads/attachment/path/62/3e48b8af-2217-4bb4-9dec-4f2f63fefa92.pdf>> Acesso em: 15 fev. 2019.

ROSSI, Francine Aidie. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/311>> Acesso em: 31 maio 2019.

SALES, A. CANDIAN, M. **Árvores urbanas: técnica não-destrutiva para o manejo e planejamento**. In: Anais do 5º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS 2012. Art. 206. 11 p. Brasília-DF, 2012.

SANTOS, Rossana Alcântara. **Cobertura vegetal e a temperatura de superfície no meio intraurbano: um estudo em Salvador**. 2018. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: <[https://www.repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/28672/1/CobVEGxTST\\_SSA\\_2016\\_Dissertacao\\_180514\\_publicado.pdf](https://www.repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/28672/1/CobVEGxTST_SSA_2016_Dissertacao_180514_publicado.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2019.

SEDUMA. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Prefeitura Municipal de Arapiraca. 2012.

SEMARH-AL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Estado de Alagoas, c2019. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/aceso-a-informacao/lista-de-pastas/institucional/legislacao>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

SILVA, Carlos Henrique Rubens Tomé. **Estocolmo'72, Rio de Janeiro'92 e Joanesburgo'02: as três grandes conferências ambientais internacionais**. Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado. Boletim do Legislativo nº 6, 2011. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242512/Boletim2011.6.pdf?sequence=1>> Acesso em: 01 fev. 2019.

SILVA, Kelly. **A distribuição dos espaços públicos em Belo Horizonte: uma análise sob a ótica do direito à cidade e do planejamento urbano**. Revista de Direito da Cidade - vol. 09, nº 4. ISSN 2317-7721, pp. 1586-1605, 2017.

SILVA, Laira Cristina da. **O mapeamento das áreas verdes urbanas de Uberlândia (MG):** análise da concentração de investimentos públicos. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia e Ordenamento do Território) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8336/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Laira%20Cristina%20da%20Silva%20-%202018.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

SILVA, Mônica Ferreira da. **Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas:** contribuições para a adequação da arquitetura ao clima local. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

SODOUDI, Sahar; HUIWEN, Zhang; XIAOLI, Chi; FELIX, Müller; HUIDONG, Li. The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. **Urban Forestry and Urban Greening**, v.34, p.85-96 (2018). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.002>> Acesso em: 15 jan. 2020.

SOUZA, Cleandho Marcos de. LEITE, Laís Padilha. PERINI, Priscilla. KARMIERCZAK, Laíssa. A vegetação urbana a serviço do conforto térmico: uma proposta para um bairro metropolitano de São Paulo, Brasil. **Revista Labor & Engenho**. Universidade Estadual de Campinas – SP. v.13, 1-11, e019014, 2019. ISSN 2176-8846. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8654619/21586>>. Acesso em: 23 out. 2019.

TOLEDO, F. S.; SANTOS, D. G. **Espaços livres de construção**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba-SP, v.3, n.1, p.73-91, mar. 2008.

TORRES, Simone Carnaúba. **Forma e conforto:** estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/22459>>. Acesso em: 31 maio 2019.

VEIGA, Artur José Pires; MATTA, Jana Maruska Buuda da; VEIGA, Daniela Andrade Monteiro. Tipologia e usos das áreas verdes em Vitória da Conquista – Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. v.7, n.2, p. 17–31, 2017. ISSN 2236-9716. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/6972/4575>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

### APÊNDICE A: Dados gerais dos loteamentos no município de Arapiraca-AL (de 1962 a 2018)

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m²)	Área total loteada (m²)	Nº de lotes	Passeio e vias (m²)	Área institucional (m²)	Área verde (m²)	Percentual de área verde (%)
4 Irmãos	Baixa Grande	2005	Luciano Barbosa	10079,64	6926,66	35	2977,83	0	0	0
Acadêmico	Massaranduba	2015	Celia Rocha	64513,69	37358,22	182	19051,88	2605,46	5500,38	8,53
Adalberto Rocha I	Verdes Campos	2010	Luciano Barbosa	28891,08	19453,67	99	7060,40	0	2595,9	8,23
Adalberto Rocha II	Verdes Campos	2010	Luciano Barbosa	49292,14	36307,99	218	9765,71	3653,75	0	0
Adalberto Rocha III	Verdes Campos	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Agostinho	Manuel Teles	1981	João Nascimento Silva	30844,44	19062,39	109	8826,85	1014,8	0	0
Alegria	Santa Esmeralda	1995	Severino Leão Barbosa	84404,43	58991,99	198	22181,56	0	3230,64	3,83
Alphavilly	Canafístula	1995	Severino Leão Barbosa	52913,35	41767,41	205	10289,79	0	831,24	1,57
Altaville Residence	Canafístula	2008	Luciano Barbosa	113829,01	67413,97	170	28791,66	8993,94	8634,41	7,59
Alto Jardim	Senador Arnon de Melo	2012	Luciano Barbosa	143220,5	77824	529	36383,95	9773,65	19225,2	13,42
Alvorada	Massaranduba	N/I	N/I	46294,74	32789,01	148	8091,78	2901,58	2592,32	5,60
Alvorada II	Santa Esmeralda e Alto do Cruzeiro	1978	João Nascimento Silva	41168,59	31240,81	75	9200,45	0	727,33	1,77
Alvorecer	Senador Arnon de Melo	1998	Celia Rocha	28865,77	21507,07	72	5016,64	835,04	1506,65	5,22
Amazonas	Jardim Esperança	1978	João Nascimento Silva	12132,12	10464,19	28	1667,93	0	0	0
Ana Carolina	Brasília	1979	João Nascimento Silva	30487,1	24961,71	75	4540,14	0	1020,41	3,35
Angico's	Planalto	2007	Luciano Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Antônio Romualdo Neto	São Luiz II e João Paulo II	2004	Celia Rocha	47623,55	28188,38	148	9868,87	5005,47	384,61	0,81
Apolo	Nova Esperança	1978	João Nascimento Silva	17798,04	16738,56	40	1044,08	0	0	0
Arapiraca	Planalto	2005	Luciano Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Luar de Arapiraca	Santa Esmeralda	2012	Luciano Barbosa	31403,01	24547,66	66	6075,3	0	0	0
Araville Alfa	Canafístula	2012	Luciano Barbosa	144974,99	90451,11	179	35720,17	4126,74	14676,97	10,12
Ares Da Serra	Senador Arnon de Melo	2005	Luciano Barbosa	260001,45	173456,04	760	53258,16	24726,99	8560,26	3,29
Aroeiras	Massaranduba	2011	Luciano Barbosa	144173,91	80894,51	630	38394,30	18109,06	5855,38	4,06
Arthur Breno	Senador Nilo Coelho	2014	Celia Rocha	5317,82	3821,13	22	1498,47	0	0	0
Bandeirante	Canafístula	2009	Luciano Barbosa	19394,92	13902,39	75	4197,67	1246,2	0	0

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

FOLHA 01/10

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Bandeirante II	Canafístula	2009	Luciano Barbosa	9793,4	6459,24	34	2309,84	1382,41	0	0
Barros & Lessa	Canafístula	2011	Luciano Barbosa	11885,25	7958,9	43	2846,67	1063,6	0	0
Bela Morada	Canafístula	2009	Luciano Barbosa	92582,71	62083,23	411	19803,65	10695,84	0	0
Belo Jardim	Cavaco	2007	Luciano Barbosa	54859,52	36893,71	91	14993,13	2979,85	103,74	0,19
Belo Jardim	Nova Esperança	2007	Luciano Barbosa	67062,03	34448,62	265	20326,86	0	11154	16,63
Belo Jardim 2	Senador Nilo Coelho	2014	Celia Rocha	20475,55	16084,35	84	4390,78	0	0	0
Bem Viver	Boa Vista	2010	Luciano Barbosa	154738,28	85904,94	626	43430,12	0	0	0
Boa Vista	Nova Esperança	N/I	N/I	55741,25	32420,81	252	16464,36	2946,62	4009,46	7,19
Boa Vista II	Boa Vista	2007	Luciano Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Bom Pastor	Boa Vista	2015	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Bom Sucesso	Bom Sucesso	1996	Severino Leão Barbosa	95699,82	67389,06	258	22391,38	4620,02	1429,25	1,49
Bosque das Árvores	São Luiz	2003	Celia Rocha	62179,04	46211,92	143	12423,52	3541,3	3541,3	5,70
Bosque das Nascentes	Boa Vista	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Bosque das Palmeiras	Planalto	1999	Celia Rocha	71305,94	58477,89	250	12907,81	0	0	0
Brasília	Brasília	1978	João Nascimento Silva	20540,54	17340,1	48	2400,64	0	801,38	3,90
Brilho do Ouro	Bom Sucesso	2010	Luciano Barbosa	16525,6	11253,12	54	4696,22	636,78	0	0
Brisa do Lago	Olho D'Água dos Cazuzinhas	2009	Luciano Barbosa	691751,81	258084,15	1935	164785,2	22949,48	25098,9	3,63
Camila Carina	Jardim Tropical	1979	João Nascimento Silva	42818,5	32821,2	96	7580,02	2418,79	0	0
Campo Belo	Boa Vista	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Canafístula	Canafístula	2014	Celia Rocha	146096,09	82738,76	603	37350,96	26000,38	0	0
Capelinha	Zélia Barbosa Rocha	1984	Severino Leão Barbosa	26408,84	13917,2	69	5500,17	6947,22	0	0
Caracol	Santa Esmeralda (e Novo Horizonte)	1980	João Nascimento Silva	83117,75	60704,4	235	18229,04	0	3637,14	4,38
Carlos Antônio	Primavera	N/I		19453,58	17525,06	65	1926,47	0	0	0
Casa Bella	Boa Vista	2009	Luciano Barbosa	37717,5	26881,65	137	7693,19	3124,53	0	0
Casa Forte	Massaranduba	2010	Luciano Barbosa	81042,02	51196,69	333	23646,87	6177,77	0	0
Casa Forte II	Massaranduba	2014	Celia Rocha	34411,71	24634,66	165	9776,72	0	0	0
Casa Forte III	Olho D'Água dos Cazuzinhas	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Cavaco	Cavaco	1996	Severino Leão Barbosa	14210,36	11251,89	54	2951,16	0	0	0

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

FOLHA 02/10

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Cavalcante Tavares	Novo Horizonte	1992	Severino Leão Barbosa	30470,16	23329,43	74	5637,1	1647,91	0	0
Ceci Cunha II	Baixa Grande	1999	Celia Rocha	19909,34	14479,56	72	2839,23	0	2592,39	13,02
Center Park	Canafístula	2013	Celia Rocha	36713,5	24225,15	74	9015,86	0	3472,47	9,46
Central	Cacimbas	2001	Celia Rocha	20624,32	13398,63	53	5579	1567,82	0	0
Cerejeira	Massaranduba	2011	Luciano Barbosa	109431,42	64643,85	491	34524,53	0	0	0
Chácara das Palmeiras	Verdes Campos	2006	Luciano Barbosa	68308,89	36498,47	400	19952,32		3697,21	0,77
Cidade De Deus	-	1988	Severino Leão Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Cidade Jardim	Guaribas	2018	Rogério Auto Teófilo	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Cidade Nova I	Senador Arnon de Melo	2006	Luciano Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Cidade Nova II	Senador Arnon de Melo	2006	Luciano Barbosa	56860,94	38173,95	195	12406,2	0	6281,87	11,05
Cidade Sorriso	Canafístula	2010	Luciano Barbosa	46128,95	27483,49	182	16711,71	1928,89	0	0
Clemontanea	Primavera	1981	João Nascimento Silva	98846,14	68874,6	345	26505,68	3461,36	0	0
Cohab-AI	Jardim Esperança	N/I	N/I	64223,54	37564,12	237	15360,7	5315,16	5920,27	9,22
Colibri	Massaranduba	2009	Luciano Barbosa	57815,74	38555,56	232	17090,39	1370,47	799,32	1,38
Colinas do Park	Boa Vista	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Cruzeiro do Sul	Itapoã	1982	João Nascimento Silva	23719,78	17055,39	87	6112,95	551,48	0	0
Deus é Amor	Bom Sucesso	2009	Luciano Barbosa	3139,37	2218,44	13	655,67	0	265,25	8,45
Divaci	Cacimbas	1982	José Barbosa de Oliveira	14094,9	11620,82	80	2469,38	0	0	0
Dom Constantino	Brasília	1999	Celia Rocha	37959,85	23693,03	136	6746,24	1097,04	6423,54	16,92
Domingos Honório	Cavaco	2002	Celia Rocha	34696,55	24531,38	102	5512,3	4586,9	0	0
Dona Carmélia	Boa Vista	2011	Luciano Barbosa	20578,38	11724,58	73	4880,01	1126,11	2753,42	13,38
Dona Minervina	Baixa Grande	1991	José A. dos Santos	43284	33238,00	114	10046	0	0	0
Dona Neuza	Massaranduba	2013	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Doralice Fernandes	Planalto	1982	José Barbosa de Oliveira	77424,8	57142,89	381	20283,93	0	0	0
Dos Anjos	Massaranduba	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Eldorado	Baixa Grande	2010	Luciano Barbosa	51159,43	33041,35	101	9066,57	N/I	N/I	0
Eldorado	Eldorado	2010	Luciano Barbosa	27562,94	22149,15	73	4377,35	0	1049,99	3,81
Eliane	Eldorado	1982	João Nascimento Silva	28822,12	20878,53	72	5882,55	1024,8	1037,16	3,60

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Elisio Nunes	São Luiz	2010	Luciano Barbosa	11620,56	7552,46	43	3621,96	0	481,39	4,14
Eloisio Lopes	Boa Vista	2011	Luciano Barbosa	19190,92	12975,38	82	3902,17	1880,04	291,33	1,52
Emanuely	Senador Nilo Coelho	2013	Celia Rocha	29547,25	21839,84	118	7707,4	0	0	0
Erisvânia	Centro	1987	Severino Leão Barbosa	7454,31	6459,47	20	998,85	0	0	0
Espaço Verde	Novo Horizonte	1985	Severino Leão Barbosa	9881,53	7340,19	28	2541,33	0	0	0
Esplendor	Caititus	2004	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Flor do Agreste	São Luiz	N/I	N/I	23855,88	19908,23	48	3589,88	360,23	0	0
Floriano Gomes da Silva	Canafístula	2014	Celia Rocha	47316,11	31430,62	97	9891,05	4245,28	698,94	1,48
Francisca de P. Magalhães	Primavera e João Paulo II	2000	Celia Rocha	101862,51	56149,55	276	33084,6	N/I	N/I	0
Gama Lima	Boa Vista	2011	Luciano Barbosa	27667,07	17712,15	88	7247,71	1390,65	1421,02	5,14
Irmãos Costa	Primavera	1984	Severino Leão Barbosa	17023,42	12729,53	54	4294,44	0	0	0
Itapoã	Itapoã	1983	Severino Leão Barbosa	61448,68	32736,13	98	12960,19	15299,68	450,34	0,73
Jacarandá	Guaribas e Verdes Campos	2009	Luciano Barbosa	182105,07	110179,18	461	63455,86	2181,52	6288,49	3,45
Janaína	Manuel Teles	1980	João Nascimento Silva	28548,55	17565,47	64	4941,93	0	6041,14	21,16
Jardim Alto	Senador Arnon de Melo	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Jardim Boa Vista	Canafístula	1996	Severino Leão Barbosa	20474,01	16078,04	96	3131,86	1264,1	0	0
Jardim das Bromélias	Bom Sucesso	2016	Celia Rocha	27101,01	13974,79	103	6110,66	4918,76	2097,45	7,74
Jardim das Oliveiras	Canafístula	2010	Luciano Barbosa	56557,6	26181,45	119	15092,54	1085,21	0	0
Jardim das Paineiras	Senador Nilo Coelho	2002	Celia Rocha	210052,13	72295,13	582	116819,37	11186,39	4483,09	2,13
Jardim de Maria	Santa Esmeralda	2005	Luciano Barbosa	8839,54	7996,72	25	842,82	0	0	0
Jardim Planalto	Massaranduba	2012	Luciano Barbosa	15213,26	8658,14	60	4520,47	681,57	1363,77	8,96
Jardim Primavera	Primavera	1980	João Nascimento Silva	16059,82	9952,15	36	3995,45	0	2010,47	12,52
Jardim São Paulo	São Luiz	1981	João Nascimento Silva	227189,06	181556,19	142	45632,53	0	0	0
Jardim Tropical	Jardim Tropical	1977	João Nascimento Silva	54412,17	43020,58	88	10177,16	0	1207,63	2,22
Jardim Tropical II	Jardim Tropical	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Jardins Perucaba	Zélia Barbosa Rocha	2014	Celia Rocha	262333	146472,55	447	85192,42	10429,39	20238,64	7,71

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

FOLHA 04/10



Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Jatobá	Massaranduba	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Jequitibá	Massaranduba	2010	Luciano Barbosa	116366,68	66037,06	470	43527,47	6802,05	0	0
João Lopes	João Paulo II	2014	Celia Rocha	159592,25	76985,33	493	48140,38	16987,62	17476,48	10,95
João Paulino Barbosa	Canafístula	2016-2017	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
José Acássio	Canafístula	2014	Celia Rocha	9186,62	5786,21	40	2072,12	428,54	899,74	9,79
José Augusto Pereira	Primavera	1984	Severino Leão Barbosa	18862,8	14398,62	76	3198,04	0	1273,43	6,75
José Ernesto	Bom Sucesso	2015	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Lagos do Sul	Olho D'Água dos Cazuzinhas	2011	Luciano Barbosa	120853,59	69026,1	486	29975,98	7214,21	13664,28	11,31
Letícia Josefa Pereira	Cavaco	2008	Luciano Barbosa	12046,01	7068,35	49	2889,35	842,72	928,73	7,71
Lírio do Vale	Canafístula	N/I	N/I	65800,45	44191,71	293	15972,57	421,71	3855,8	5,86
Locatelli	Senador Nilo Coelho	2010	Luciano Barbosa	57414,51	37952,09	214	13626,73	6820,14	0	0
Luar de Arapiraca	Senador Nilo Coelho	2012	Celia Rocha	424345,05	222782,16	956	108433,79	33528,87	59600,23	14,05
Luar de Arapiraca II	Senador Nilo Coelho	2015	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Luar do Cavaco	Senador Nilo Coelho	2014	Celia Rocha	46513,91	35580,63	238	11014,22	0	0	0
Maçaranduba	Massaranduba	2009	Luciano Barbosa	116487,13	73121,56	517	34050,69	9363,74	0	0
Mandacará	Bom Sucesso e Planalto	2007	Luciano Barbosa	111063,03	57973,96	500	29555,27	7503,59	12105,79	10,90
Mangabeira	Senador Arnon de Melo	2004	Celia Rocha	65548,83	43730,89	275	15859,18	1049,36	4899,05	7,47
Mangabeira 2	Senador Arnon de Melo	2013	Celia Rocha	21393,6	13185,3	94	5037,77	0	3169,27	14,81
Manoel Athanagildo Ferreira	Santa Esmeralda	1997	Celia Rocha	39219,54	28616,4	102	8343,27	0	2259,86	5,76
Manoel Messias dos Santos	Cavaco	2004	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Margarida Lóz	Baixa Grande	1991	José A. dos Santos	13029	8518,89	39	3864,19	520,08	136,33	1,05
Maria de Lourdes C. da Silva	Cavaco	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Maria de Lourdes	Guaribas	2014	Celia Rocha	69429,06	43400,29	309	16985,66	2031,54	7011,48	10,10
Maria de Lourdes Ventura	Zélia Barbosa Rocha	2006	Luciano Barbosa	51181,05	33625,38	112	12359,39	0	5185,98	10,13
Maria José de Oliveira	Padre Antônio Lima Neto	1982	José Barbosa de Oliveira	70775,7	51611,43	264	18432,51	0	2984,06	4,22
Maria José Gama	Cavaco	2004	Celia Rocha	15584,65	10782,93	34	2972,83	490,17	1063,76	6,83
Maryanne	Itapoã	1998	Celia Rocha	101227,33	70127,47	189	20607,53	4815,64	5104,26	5,04
Menino Jesus	São Luiz	N/I		23674,88	19096,38	72	3991,18			0
Mestre Nelson Rosa	Senador Nilo Coelho	2013	Celia Rocha	66388,97	43041,49	204	17950,85	2858,32	2537,9	3,82

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Monte Sinai	Canafístula	2011	Luciano Barbosa	72802,59	41299,17	220	19601,77	3230,56	8601,97	11,82
Morada da Lua	Baixão	1977	João Nascimento Silva	6707,23	5957,38	13	0	0	0	0
Morada do Planalto	Planalto e Massaranduba	2008	Luciano Barbosa	31959,4	14441,09	99	11260,96	1850,72	3496,39	10,94
Morada do Sol	Boa Vista	2010	Luciano Barbosa	21604,53	12627,01	62	5929,97	3047,55	0	0
Morada Nova	Boa Vista	2007	Luciano Barbosa	12005,72	10665,37	51	587,12	0	753,22	6,27
Morumbi	Brasileira	2010	Luciano Barbosa	10341,82	6755,56	17	2212,36	1373,93	0	0
Nossa Senhora Aparecida	Massaranduba	2012	Luciano Barbosa	269612,43	130500,47	1099	65767,27	25767,75	47576,94	17,65
Nossa Senhora das Graças	Boa Vista	2014	Celia Rocha	51532,98	32740,97	202	16304,03	2487,07	0	0
Nossa Senhora do Socorro	Boa Vista	2014	Celia Rocha	10416,92	7824,64	50	2592,69	0	0	0
Novo Dia	Canafístula	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Novo Horizonte	Novo Horizonte	1987	Severino Leão Barbosa	55420,77	42457,48	103	14441,53	0	0	0
Novo Jardim	Jardim Esperança	2011	Luciano Barbosa	27016,68	17924,51	102	6953,91	2131,77	0	0
Novo Nordeste II	São Luiz (obs.: alvará Nova Esperança)	2007	Luciano Barbosa	32658,65	23652,16	73	5984,5	0	3047,67	9,33
Novo Planalto	Planalto	2009	Luciano Barbosa	8401,34	5799,38	36	1571,24	0	1026,91	12,22
Ômega	Primavera	1980	João Nascimento Silva	12621,13	10847,76	40	1784,75	0	0	0
Ouro Branco	Santa Esmeralda	1995	Severino Leão Barbosa	31402,91	23207,41	108	7629,39	0	0	0
Ouro Preto	Ouro Preto	1975	Agripino A. dos Santos	63788,97	54314,34	118	8077,41	0	0	0
Ouro Verde	Senador Arnon de Melo	2007	Luciano Barbosa	361179,11	233176,75	463	75664,35	0	49646,61	13,75
Padre Antônio Lima	Manuel Teles	1981	João Nascimento Silva	14081,23	9623,57	52	2747,96	0	0	0
Padre Cícero	Itapoã	2002	Celia Rocha	25257,45	16329,39	53	4543,52	801,86	3580,64	14,18
Padre Cícero	São Luiz	2003	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Padre Cícero 05	Bom Sucesso (obs.: alvará Planalto)	2006	Luciano Barbosa	12858,99	9567,82	41	2927,32	0	329,99	2,57
Paraíso	São Luiz (obs.: alvará Santa Edwiges)	2006	Luciano Barbosa	48570,17	38178,55	148	10364,02	0	0	0
Paraíso do Cavaco	Cavaco	2008	Luciano Barbosa	18203,99	14717,24	75	2637,06	849,69	0	0
Paraíso Tropical	Jardim Tropical	2004	Celia Rocha	14377,91	10110,36	40	3679,93	0	567,21	3,95
Parc Ville	São Luiz	2010	Luciano Barbosa	29575,05	18054,1	74	7729,84	1399,51	2612,89	8,83

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Parque dos Pássaros	Guaribas e Verdes Campos	2009	Luciano Barbosa	40243,8	29464,03	91	6430,45	2602,07	2163,39	5,38
Parque Marques Freire	Novo Horizonte	1996	Severino Leão Barbosa	109196,75	84056,53	213	13450,64	0	11180,61	10,24
Parque Paraíso	São Luiz	N/I	N/I	33355,2	24456,9	92	8963,17	0	0	0
Patrícia	Brasília	N/I	N/I	18218,98	15216,8	54	2634,69	613,37	0	0
Pedra Azul	Guaribas	2014	Celia Rocha	63681,34	37177,35	241	16273,05	8611,97	1605,3	2,52
Pedro Ribeiro da Silva	Cavaco	1996	Severino Leão Barbosa	30657,21	22058,05	112	6715,69	0	2086,75	6,81
Pedro Tertuliano	Massaranduba	2015	Celia Rocha	87295,59	48877,19	246	22846,36	13084,22	1107,44	1,27
Pedro Tertuliano II	Massaranduba	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Planaltina	Planalto e Massaranduba	1996	Severino Leão Barbosa	153015,45	102483,98	554	39229,73	0	11295,98	7,38
Planalto	Planalto	1983	José Barbosa de Oliveira	42689,39	31395,75	255	10824,67	2820,01	0	0
Poço Frio	Zélia Barbosa Rocha	1983	José Barbosa de Oliveira	20201,83	16075,55	94	4143,57	0	0	0
Ponta Verde	Senador Nilo Coelho	2009	Luciano Barbosa	79663,95	50665,97	265	24105,10	4889,48	4889,48	6,14
Pôr do Sol	Senador Nilo Coelho	1996	Severino Leão Barbosa	90497,25	63586,62	361	21723,63	2861,00	2326,12	2,57
Portal das Mangabeiras	Bom Sucesso	2002-2005	Celia Rocha - Luciano Barbosa	34051,12	25129,36	143	5790,46	1547,68	1581,79	4,65
Portal do Agreste	Santa Esmeralda	2007	Luciano Barbosa	86397,33	57615,09	191	18428,23	3362,04	7238,67	8,38
Portal do Sol	Senador Arnon de Melo	2009	Luciano Barbosa	12536,99	9539,82	36	2880,51	0	0	0
Portal do Sol	Verdes Campos	2000	Celia Rocha	24444,80	19268,45	57	5175,99	0	0	0
Porto Belo	Nova Esperança	2010	Luciano Barbosa	43132,17	27896,64	156	12678,18	0	2508,49	3,89
Porto Ricco	Nova Esperança	2003	Luciano Barbosa	54221,28	37073,07	127	14624,76	1052,33	1471,12	2,71
Porto Seguro	Zélia Barbosa Rocha	1999	Celia Rocha	270843,84	172969,10	578	65240,76	2873,65	17712,13	6,54
Porto Vitória	Senador Nilo Coelho	2015	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Primavera Imóveis II	Padre Antônio Lima Neto	N/I	N/I	5095	4236,75	35	859,19	0	0	0
Progresso	Padre Antônio Lima Neto	1976	Agripino A. dos Santos	25026,33	19039,57	112	5815,03	0	133,4	0,53
Rafaela Carla	Baixa Grande	1984	Severino Leão Barbosa	45571,24	31528,95	75	9274,31	1599,66	3166,99	6,95
Recanto da Boa Vista	Boa Vista	2010	Luciano Barbosa	36114,81	21346,9	126	6720,06	1419,16	6655,96	18,43
Recanto da Boa Vista II	Boa Vista	2011	Luciano Barbosa	61320,21	29204,76	177	13611,07	2545,74	15805,28	25,77

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Recanto do Alto	Alto do Cruzeiro	1978	João Nascimento Silva	13321,98	10545,91	54	2854,17	0	0	0
Recanto do Sol	Brasília	N/I	N/I	6015,02	5379,42	30	661,62	0	0	0
Recanto Primavera II	São Luiz	1982	José Barbosa de Oliveira	13140,68	11997,59	49	1146,94	0	0	0
Recanto Real	Senador Nilo Coelho	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Redenção	Senador Arnon de Melo	2000	Celia Rocha	66661	51546,21	243	14631,33	0	468,45	0,70
Renascer	Senador Nilo Coelho	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Reserva da Perucaba	Zélia Barbosa Rocha	2013	Celia Rocha	211896,29	132961,36	207	57632,73	11497,00	9694,14	4,57
Reserva do Lago	Senador Arnon de Melo	2012	Celia Rocha	202062,37	102877,18	639	44480,1	28405,56	26371,41	13,05
Residencial do Agreste	Bom Sucesso	2012	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Riviera do Lago	Zélia Barbosa Rocha	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Rogéria	Baixa Grande	2005	Luciano Barbosa	77433,12	56815,77	137	15429,56	5201,55	0	0
Rosa Amélia I	Verdes Campos (obs.: alvará Guaribas)	2010	Luciano Barbosa	93511,84	59086,11	236	25597,67	4970,3	3797,27	4,06
Rosa Amélia II	Verdes Campos (obs.: alvará Guaribas)	2013	Celia Rocha	82003,97	43658,19	188	29843,1	1325,92	7171,95	8,75
San Lorenzo	Canafístula	2015	Celia Rocha	159353,35	103971,16	299	42103,66	13278,53	0	0
Sandro	Santa Edwiges e Capiatã	1982	José Barbosa de Oliveira	54068,46	38218,03	211	12895,95	2965,11	0	0
Santa Cecília	Caititus e Senador Teotônio Vilela	1962	Francisco Pereira Lima	31208,94	23229,98	137	7984,32	0	0	0
Santa Clara	Baixa Grande	2001	Celia Rocha	28000,21	19443,37	80	5968,37	1247,01	1217,94	4,35
Santa Cruz	Jardim de Maria	1983	José Barbosa de Oliveira	38115,06	31099,4	130	7012,77	0	0	0
Santa Edwiges	Santa Edwiges	2006	Luciano Barbosa	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Santa Elisa	Baixa Grande	1999	Celia Rocha	131170,92	85618,61	226	28614	8505,44	9196,11	7,01
Santa Esmeralda	Santa Esmeralda	1982	José Barbosa de Oliveira	65250	48280,22	151	15849,19	0	1118,85	1,71
Santa Isabel	Boa Vista	1996	Severino Leão Barbosa	14189,55	13141,47	52	1055,52	0	0	0
Santa Isabel	Brasília	2004	Celia Rocha	22738,43	14419,46	45	2922,04	3683,85	1506,17	6,62
Santa Isabel	Jardim Tropical	N/I	N/I	32356,06	23818,27	116	8540,22	0	0	0
Santa Lúcia	Planalto	2012	Luciano Barbosa	54975,28	32530,22	226	13901,83	2741,39	5608,32	10,20
Santa Margarida	Primavera	1977	João Nascimento Silva	31784,28	26205,69	83	5371,41	0	209,6	0,66

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

FOLHA 08/10

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
Santa Mônica	Centro	1983	Severino Leão Barbosa	17982,17	14208,32	44	3768,15	0	0	0
Santa Mônica	Massaranduba	2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Santa Rosa	Senador Arnon de Melo	1995	Severino Leão Barbosa	26546,25	19664,12	95	5713,21	1186,67	0	0
Santa Rosa II	Massaranduba	2014	Celia Rocha	13080,15	10164,43	60	2735,43	180,28	0	0
Santa Sophia	Canafístula	2011	Luciano Barbosa	28607,75	17003,32	97	7628,18	1300	2977,58	10,41
Santo André	Jardim Tropical	1977	João Nascimento Silva	18520,54	18413,43	22	0	0	0	0
Santo Antonio	Novo Horizonte	1989	José A. dos Santos	22652,64	18450,58	51	4202,05	0	0	0
São Cristóvão	Cavaco	1976	Agripino A. dos Santos	16194,57	13909,98	35	2330,77	0	0	0
São Francisco	Caititus	1982	José Barbosa de Oliveira	26105,66	20054,76	78	4491,83	0	1582,21	6,06
São Francisco	Jardim Esperança	1983	José Barbosa de Oliveira	223096,98	166792,28	499	50038,65	0	6617,81	2,97
São Gabriel	Caititus	1972	João Batista P. da Silva	26274,42	21646,59	59	3353,74	0	1311,81	4,99
São João	Zélia Barbosa Rocha	1981	João Nascimento Silva	12093,81	10101,29	52	1963,42	0	0	0
São João II	Cavaco	1982	João Nascimento Silva	29897,17	23662,94	67	6302,71	0	0	0
São Jorge	Ouro Preto	1977	João Nascimento Silva	32701,27	26440,23	99	4929,03	0	1332,01	4,07
São Jorge II	Planalto	2008	Luciano Barbosa	8950,8	5539,05	27	2065,12	0	1400,02	15,64
São José	Eldorado	1985	Severino Leão Barbosa	28484,56	18577,4	63	6672,97	2814,00	0	0
São Judas Tadeu	Baixa Grande	1982	João Nascimento Silva	26681,47	17411,63	102	7931,94	866,66	703,65	2,64
São Judas Tadeu	Santa Esmeralda	1976	Agripino A. dos Santos	48226,01	37274,43	124	10951,15	0	0	0
São Luiz	Baixão	1978	João Nascimento Silva	14536,67	13085,17	36	1460,4	0	0	0
São Luiz	São Luiz e Ouro Preto	2009	Luciano Barbosa	399247,42	300149,56	990	93156,73	7886,12	0	0
São Luiz III	Boa Vista	2010	Luciano Barbosa	21453,63	14583,32	78	3860,99	0	2527,29	11,78
São Manoel	Santa Esmeralda	1996	Severino Leão Barbosa	30984,29	22265,48	94	6627,6	0	2097,58	6,77
São Pedro	Cavaco	1982	João Nascimento Silva	26050,02	20483,92	46	5582,48	0	0	0

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

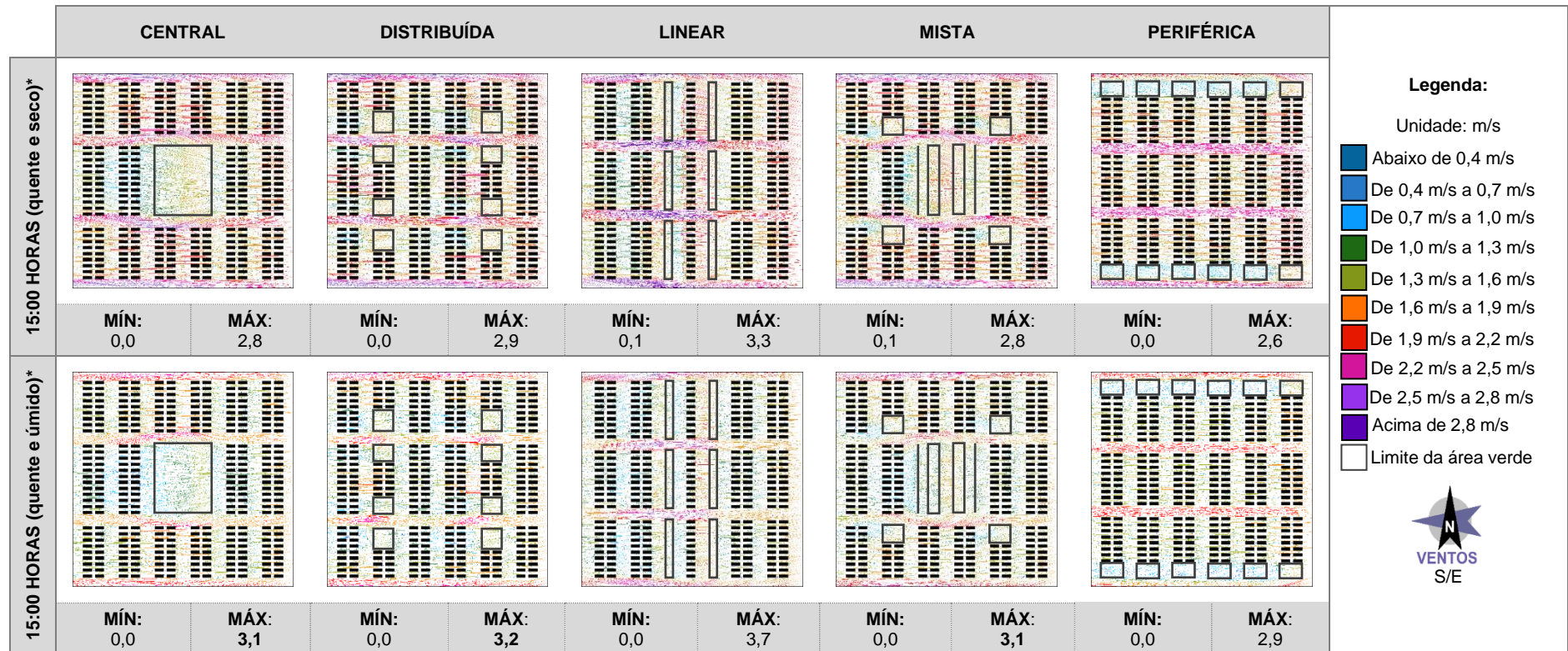
FOLHA 09/10

Loteamento	Bairro	Alvará	Gestão	Áreas das plantas						
				Área gleba (m <sup>2</sup> )	Área total loteada (m <sup>2</sup> )	Nº de lotes	Passeio e vias (m <sup>2</sup> )	Área institucional (m <sup>2</sup> )	Área verde (m <sup>2</sup> )	Percentual de área verde (%)
São Rafael	Brasília	1996	Severino Leão Barbosa	22936,13	16741,55	85	4018,45	2166,81	0	0
São Sebastião	Boa Vista e Verdes Campos	1984	Severino Leão Barbosa	22899,75	18038,94	73	4851,6	0	0	0
São Severino	Baixa Grande	1993	Severino Leão Barbosa	37699,79	26955,36	113	8292,75	2467,19	0	0
Sen. João Lúcio da Silva	Manuel Teles	N/I	N/I	18295,83	12131,78	101	2881,17	3256,09*	3256,09	17,80
Senhor do Bonfim	Manuel Teles	1980	João Nascimento Silva	30064,32	20316,36	119	8189,35	1492,35	0	0
Sol Nascente	Cavaco	1996	Severino Leão Barbosa	18849,32	15084,99	58	3763,72	0	0	0
Sol Nascente	Zélia Barbosa Rocha	2013	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Sonho Verde	Senador Nilo Coelho	2014	Celia Rocha	26100,26	14984,53	97	7980,63	1008,65	1843,17	7,06
Sonho Verde II	Senador Nilo Coelho	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Sierra	Senador Arnon de Melo	2012	Luciano Barbosa	346838,5	190275,17	400	74740,42	27608,7	54214,21	15,63
Talismã II	Caititus	1981	João Nascimento Silva	6140,36	5771,94	46	365,89	0	0	0
Taquari	Planalto	2016	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Teófilo Pereira	São Luiz II	1987	Severino Leão Barbosa	11673,16	9603,48	51	2038,57	0	0	0
Thiara	Planalto	N/I	N/I	24629,09	18928,65	116	5330,11	0	0	0
Tirol	Brasília	1982	José Barbosa de Oliveira	15293,7	11814,68	83	3478,74	0	0	0
Trindade	Verdes Campos	2014	Celia Rocha	36112,02	23871,62	139	9327,12	3692,15	0	0
Tropical	Jardim Tropical	2003	Celia Rocha	17675,51	14023,43	63	3653,41	0	0	0
Val Paraíso	Bom Sucesso	2013-2014	Celia Rocha	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Vale das Águas	Zélia Barbosa Rocha	1997	Celia Rocha	320426,74	173833,83	748	63674	18823,27	28077,87	8,76
Vale do Perucaba	Olho D'Água dos Cazuzinhas	2012	Luciano Barbosa	278195,29	133065,33	1018	78632,17	33312,36	26924,79	9,68
Vale do Sol I	Senador Nilo Coelho	2012	Luciano Barbosa	33673,22	20309,98	142	7865,87	5356,48	0	0
Vale Dourado	Boa Vista	2008	Luciano Barbosa	37437,16	23673,6	105	11645,65	2117,52*	2117,52	5,66
Vânia Pereira	Bom Sucesso	2007	Luciano Barbosa	30793,8	21160,86	119	7787,43	0	1786,54	5,80
Verdes Campos	Verdes Campos	1982	José Barbosa de Oliveira	42703,82	33864,98	95	7689,7	0	1167,31	2,73
Villa De La Roche	Canafístula	2013	Celia Rocha	38857,41	23748,27	59	8319,08	3348,37	442,72	1,14
Zona Sul	Zélia Barbosa Rocha	2013	Celia Rocha	71864,14	36572,21	89	28745,17	4147,75	2818,65	3,92

N/I: Não identificado devido à falta de acesso as plantas.

FOLHA 10/10

### APÊNDICE B: Mapas de velocidade dos ventos (cenários com arborização)



\* Os mapas gerados das 15:00 horas representam o padrão de comportamento dos ventos nos demais horários, uma vez que a velocidade de entrada do mesmo é definida no início da simulação, sendo igual em todos os cenários. Dessa forma, sua presença e comportamento nos cenários alteram-se pela influência dos objetos presentes no modelo proposto.