REFLEXÃO SOBRE O ADENSAMENTO CONSTRUTIVO E QUALIDADE AMBIENTAL URBANA: UM ESTUDO BASEADO NA ANÁLISE DE DESEMPENHO CLIMÁTICO E ACÚSTICO DE TECIDOS URBANOS

Maria Vitória da Silva Costa (1a); Juliana Carla do nascimento (1b); Juliana Maria Ferreira Pereira (1c); Guilherme Alves Amorim (1d); Ruan Victor Amaral Oliveira (2); Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti Duarte Gonçalves (3), Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica (4) Simone Carnaúba Torres (5)

(1) Graduando(a)- Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas –*Campus* Arapiraca. E-mail (1a): mariavitoriaah@gmail.com; E-mail (1b): carlajuliana153@gmail.com; E-mail (1c): juliana.pereira@arapiraca.ufal.br; E-mail (1d): guilherme.amorim@arapiraca.ufal.br;
(2) Arquiteto e Urbanista, E-mail: ruanvictoramaral@hotmail.com;
(3) Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca. Doutora em Engenharia Civil, E-mail: elisabeth.goncalves@arapiraca.ufal.br
(4) Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas — Campus A.C. Simões. Doutora em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. E-mail: mloiticica@hotmail.com, Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970, (82) 99982-3775
(5) Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca. Doutora em Desenvolvimento Urbano, E-mail: simone.torres@arapiraca.ufal.br. UFAL – Campus Arapiraca: Av. Manoel Severino Barbosa, Bom Sucesso. CEP: 57309-005. Arapiraca – AL. Tel. (82) 3482 1844

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos do adensamento construtivo e da morfologia urbana na qualidade ambiental de espaços urbanos, com enfoque nos aspectos relacionados ao desempenho climático e acústico, a partir das demandas de isolamento e integração social, no contexto da cidade Arapiraca-AL. Foi realizado o monitoramento de ruído urbano e levantamento de dados microclimáticos em oito tecidos urbanos caracterizados por diferentes padrões de densidade construtiva e morfologia urbana em dezembro/2020 e janeiro/2021. Além disso, foram aplicados questionários para consulta aos moradores locais quanto à percepção do comportamento climático e acústico de espaços residenciais. Foram registradas diferenciações térmicas acima de 3°C, em horários de maior intensidade de radiação solar, entre o tecido urbano de padrão morfológico *horizontal denso geminado* e o tecido de padrão *vertical alto disperso*, que, também, apresentou menores níveis de ruído urbano. Constatou-se a importância de incorporação de espaços livres arborizados no desenho urbano como estratégia para otimização de desempenho climático e acústico.

Palavras-chave: morfologia urbana. desempenho climático. ruído urbano. adensamento construtivo

ABSTRACT

The main scope of this research was to evaluate the impacts of built density and urban morphology on the environmental quality of urban spaces, analyzing the aspects of climatic and acoustic performance, in the city of Arapiraca-AL, considering demands for isolation and social integration. The methodological procedures included the monitoring of urban noise and microclimate data in eight urban areas characterized by different patterns of built density and urban morphology in December/2020 and January/2021. Questionnaires were applied to local residents to assess the perception of climatic and acoustic behavior in residential spaces. Thermal differentiations above 3 °C (in the hours of greatest intensity of solar radiation) were identified between the *urban space characterized by the dense horizontal morphological pattern* and *the dispersed high vertical pattern*, which also presented lower levels of urban noise. The importance of incorporating green open spaces in urban design was verified as a strategy for optimizing climatic and acoustic performance.

Keywords:urban morphology. urban climate perfomace. urban noise. urban built density

1. INTRODUÇÃO

A densidade construtiva e populacional, juntamente com outros determinantes da forma urbana, molda fortemente as condições ambientais locais, como a qualidade do ar, a capacidade de locomoção e acesso a espaços verdes, influenciando, portanto, no bem-estar dos residentes urbanos. Várias abordagens teóricas sobre sustentabilidade urbana têm apontado para necessidade de uma maior densidade construtiva nas aglomerações urbanas, pois, assim, é possível favorecer a minimização do consumo de energia para o transporte e o uso de recursos não renováveis, influenciando nas estratégias de mobilidade, além de proporcionar benefícios sociais como a vitalidade urbana, o convívio e integração social (GÜNERALP et al., 2017).

Porém, uma forma urbana mais compacta pode restringir a troca de ar no nível do pedestre e a mistura de ar acima do nível das coberturas, levando à redução do acesso ao ar fresco, à concentração de poluentes e de acumulação de calor entre os edifícios (YUAN, C.; NG., 2012). Enquanto um sistema de malha urbana compatível com o fluxo de ar decorrente da incidência de ventos predominantes locais pode favorecer a dissipação de calor nas cidades, um conjunto edificado de alta compactação pode impedir a distribuição deste fluxo de ar. O nível de ruído automotivo entra como um dos indicadores ambientais relevantes ao considerar o bem-estar das pessoas em ambientes urbanos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que o ruído nas cidades só é superado pela poluição do ar entre os fatores ambientais que promovem e facilitam o maior número de doenças. O ruído de tráfego de automóveis está relacionado a problemas de irritação e distúrbios no sono e equivale a um terço dos custos de acidentes automotivos na União Europeia (NILSSON, 2013). Diante da presente crise causada pela pandemia do vírus Covid-19, para barrar a transmissão do vírus, tem sido recomendado um conjunto abrangente de medidas, sendo a principal delas, a prática de distanciamento social, especialmente evitando locais fechados ou mal ventilados. É preciso destacar que para o distanciamento social, é imprescindível a permanência prolongada em locais salubres, bem arejados e ventilados, com boa renovação do ar e que evitem a recirculação do ar num mesmo ambiente (OPAS, 2020; MINISTÉRIO DA SAÚDE; 2020; MORAWSKA, L.; MILTON, 2020).

Fazendo uma relação entre as orientações para a mitigação da transmissão do Covid-19 e o desenho da cidade, verifica-se a importância de se adotar a estratégia de aproveitamento da ventilação natural no desenho urbano e de estratégias bioclimáticas que auxiliem o processo de adequação de conjuntos edificados quanto ao alcance das condições de conforto ambiental, tanto no nível externo quanto nos ambientes internos construídos. Neste sentido, é preciso reforçar o papel da bioclimatologia no planejamento do meio urbano, difundindo o conceito de urbanismo bioclimático (HIGUERAS, 2006).

A cidade de Arapiraca-AL, no nordeste brasileiro, constitui um importante exemplo de cidade de médio porte determinada pela concentração de problemas relacionados ao seu processo de ocupação territorial, marcado pela intensa proliferação de assentamentos urbanos caracterizados pela alta taxa de ocupação dos lotes. Seu sítio urbano vem sendo caracterizado por expressivas transformações na sua dinâmica de ocupação, incluindo o recente processo de verticalização. Devido à ausência dos parâmetros urbanísticos na legislação local, a morfologia urbana tem sido influenciada fortemente pelos interesses do mercado imobiliário. Esta pesquisa, portanto, buscou destacar a importância da aplicação dos princípios do urbanismo bioclimático no processo de planejamento urbano e contribuir para sistematização de informações que possam subsidiar o processo de revisão da legislação urbanística de Arapiraca-AL, com enfoque nas estratégias voltadas para o alcance da qualidade ambiental urbana.

2. OBJETIVO

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar os impactos do adensamento construtivo e da morfologia urbana na qualidade ambiental de espaços urbanos, com enfoque nos aspectos relacionados ao desempenho climático e acústico, a partir das demandas de isolamento e integração social, no contexto da cidade Arapiraca-AL.

3. MÉTODO

Para a execução da pesquisa fundamentada no objetivo apresentado, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

3.1 Seleção de tecidos urbanos morfologicamente diferenciados quanto aos padrões de ocupação de solo urbano e realização de monitoramento microclimático e dos níveis de ruído urbano.

Foram selecionados oito tecidos urbanos[1] de morfologia frequentemente presente no sítio urbano de Arapiraca-AL, descritos no quadro 1. Arapiraca é considerada a segunda mais importante cidade do estado de Alagoas, Brasil devido a sua localização central, na mesorregião do agreste alagoano. Pertencente à região de transição entre a costa úmida e o semiárido nordestino (Figura 1A, 1B), situa-se na latitude 9°46'6'' Sul e longitude 36°39'37'' Oeste, a 132 km de distância da capital Maceió. A cidade possui grande importância no polo comercial e de serviços de todo o estado, atendendo à população local e de municípios circunvizinhos. De acordo o Ministério da Integração Nacional (2005), a cidade possui clima tropical quente subúmido seco.

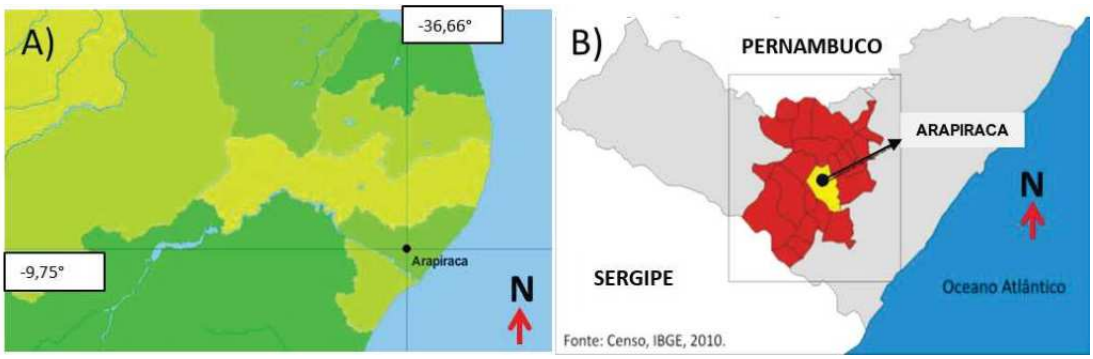


Fig. 1: Localização do município de Arapiraca no nordeste brasileiro (A), situação geográfica no Estado de Alagoas - região Agreste (B). Fonte: adaptado IBGE (2010).

Os tecidos selecionados para o monitoramento microclimático apresentam altitudes aproximadas. A densidade construtiva calculada para caracterização de cada tecido (quadro 1) corresponde à soma das áreas úteis construídas dividida pela área total do tecido analisado, considerando os dados do cadastro multifinalitário e mapa georreferenciado fornecido pela prefeitura do município. O monitoramento foi baseado na coleta de dados horários da temperatura e umidade relativa do ar através de *data-loggers* da ONSET do tipo HOBO Pro v2 (referência U23-001)[2] que é um coletor de dados para ambientes externos à prova d'água (Figura 02A,02B, 02C). Este monitoramento ocorreu no período *quente e seco*, característico dos meses dezembro a janeiro (2020-2021), na cidade de Arapiraca. Os *data-loggers* foram instalados em postes de iluminação presentes nos tecidos selecionados, em espaços livres públicos, como praças e ruas, em período correspondente a 34 dias, entre 10/12/2020 até 14/01/2021.

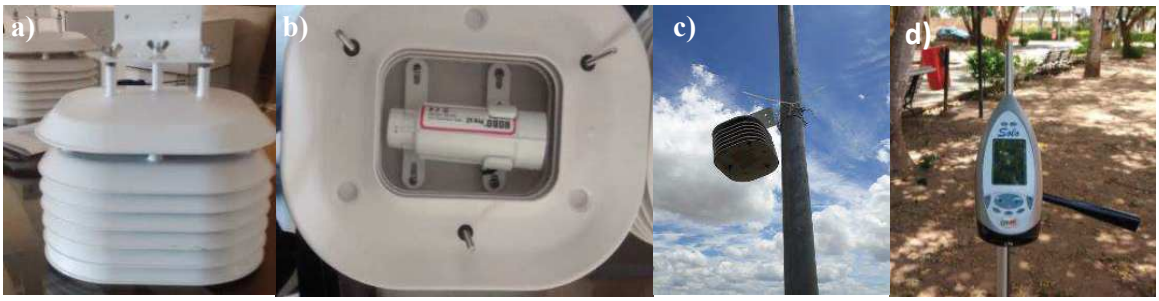
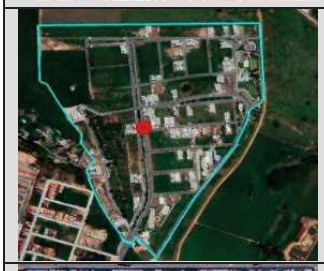


Figura 02 - A) Equipamento de proteção do HOBO Pro v2 *data-logger (*U23-001); B) HOBO posicionado no dispositivo de proteção, C) equipamento instalado no poste, D) Sonômetro Solo 01 dB. Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

[1] Um tecido urbano é configurado pelo sistema viário, pelo padrão do parcelamento do solo, pela aglomeração e pelo isolamento das edificações, implantação das construções, pelos espaços livres e entorno (Moudon, 1997).

[2] Os instrumentos foram calibrados uma semana antes do início do monitoramento microclimático. Os sensores apresentam faixa de operação correspondente a -40ºC a 70º C para registro de temperatura do ar, e de 0 a 100% para registro de umidade relativa do ar, com precisão correspondente a ± 0,21ºC (a partir de 0ºC a 50ºC) e, para umidade relativa do ar, ± 2,5% (a partir de 10% a 90% (típica)). Foram instalados a uma altura de 2,30m do chão.

Quadro 1: Descrição dos tecidos urbanos selecionados (os pontos vermelhos em cada recorte, indicam os locais referentes ao posicionamento do instrumento de medição microclimática).

VISTA ÁREA	PADRÃO MORFOLÓGICO/ OBSERVAÇÕES	Fotos do Monitoramento
	**1- HORIZONTAL DENSO GEMINADO. Bairro Brasília** Quadras de um bairro residencial, possuindo padrão de ocupação alta dos lotes, com casas geminadas ou com recuos mínimos. Ausência de arborização urbana. Solo natural inexistente e vias com pavimentação poliédrica. A estratificação das edificações apresenta variação de edificações térreas e de até 2 pavimentos. **Entorno:** caracterizado por tecidos de mesmo padrão morfológico (horizontal denso geminado). **Dens. Constr.**: 0,769	
	**2-: VERTICAL ALTO DISPERSO. Residencial Espace** Conjunto residencial vertical fechado, apresentando atualmente quatro torres de 16 pavimentos, porém, o projeto contempla um total de 6 torres, estando duas em processo de construção. Apresenta taxa média de solo natural, área gramada e arborização e área com piscina. No perímetro da quadra o solo é asfaltado para estacionamento. **Entorno:** Caracterizado por tecidos do padrão morfológico horizontal denso geminado. **Dens. Const.**: 0,963	
	**3- ESPAÇO LIVRE PÚBLICO COM ARBORIZAÇÃO DISPERSA. Bosque das Arapiracas** Espaço livre público que contempla massa de vegetação dispersa, solo natural e pavimentação no perímetro, jardinagem, academias de ginástica ao ar livre, ciclovias e pistas para caminhadas. **Entorno:** apresenta entorno caraterizado pela existência de edifícios de uso misto, e tecidos do padrão horizontal denso geminado, determinados pela alta ocupação dos lotes e ausência de vegetação.	
	**4- HORIZONTAL DISPERSO – OCUPAÇÃO NÃO CONSOLIDADA: Residencial Horizontal Fechado Sierra:** Residencial horizontal fechado. Apresenta casas de até 2 pavimentos, porém a ocupação do tecido ainda não está consolidada e apresenta vários lotes ainda não ocupados. Possui arborização e alta taxa de solo natural com grama. Possui baixa taxa de ocupação solo. **Entorno**: presença de áreas descampadas, com baixa rugosidade e alta porosidade, permitindo a livre passagem dos ventos predominantes até o tecido. **Dens. Const.**: 0,095.	
	**5- ESPAÇO LIVRE PÚBLICO ARBORIZADO. Área verde bairro Alto do Cruzeiro** Espaço livre público (praça) caracterizada pela presença significativa de arborização e sombreamento, solo natural. A pavimentação é composta por piso intertravado. **Entorno:** é caracterizado pela presença de tecidos de padrão horizontal disperso. Está situado próximo à Av. Ceci Cunha, principal avenida da cidade (tecido 7 selecionado). **Dens. Const.**: 0,197.	
	**6- HORIZONTAL DENSO GEMINADO: Mercado Público:** Espaço público para comércio feirante no centro da cidade. Tem entorno adensado, com edifícios de uso misto. Pavimentação poliédrica e asfáltica, com pouca vegetação. Solo natural inexistente. **Entorno:** é caracterizado pela presença de tecidos de padrão horizontal denso geminado. **Dens. Constr.**: 0,769	
	**7- ESPAÇO LIVRE PÚBLICO: AVENIDA ARBORIZADA** **Av. Ceci Cunha:** Principal via de acesso do bairro ao centro e à AL 115. Via larga (mão dupla) com pavimentação asfáltica e canteiro central com árvores. No entorno imediato, tem uso de residências, comércios e serviços. **Entorno:** é caracterizado pela presença de tecidos de padrão horizontal disperso e, também, horizontal denso geminado. **Dens. Const.**: 0,197.	
	**8- HORIZONTAL DISPERSO. OCUPAÇÃO CONSOLIDADA Residencial Horizontal Fechado Ouro Verde** Residencial horizontal fechado, caracterizado pela taxa de ocupação de solo média, presença de solo natural, gramado e arborização e solo asfaltado nas vias. Apresenta ocupação já consolidada e, portanto, é mínima a presença de lotes desocupados. Entorno: padrão horizontal disperso e vazios urbanos. **Densidade Construtiva:** 0,39	

A coleta de dados dos níveis de ruído foi realizada no dia 14 de dezembro de 2020, uma segunda-feira, dia da semana em que as feiras da cidade de Arapiraca costumam funcionar. Foi utilizado o aparelho sonômetro Solo 01 dB (Figura 02D) que constitui um equipamento medidor de nível de pressão sonora tipo 2, com faixa de medição de 30dB a 130dB, previamente testado e calibrado. Este equipamento pertence ao GEAS - Grupo Pesquisa do Ambiente Sonoro, da UFAL, que está em parceria no desenvolvimento desta pesquisa. Devido à presença de apenas um aparelho sonômetro, não foi possível a medição simultânea em todos os tecidos estudados. Os procedimentos de medição foram fundamentados pelas recomendações da ABNT NBR 10151/2019.

3.2 Aplicação de questionários aos residentes de Arapiraca para avaliação da percepção do grau de satisfação quanto às condições de conforto térmico e acústico.

Foi disponibilizado aos residentes da cidade de Arapiraca-AL um questionário para consulta online e anônima a partir do Google Formulários®. Apesar das limitações decorrentes da falta de controle quanto ao horário e das condições ambientais do momento de registro das respostas pelos participantes, esta coleta objetivou apenas apontar tendências sobre a influência da morfologia do conjunto edificado urbano na percepção das condições de conforto térmico e acústico. Foram utilizadas questões para identificação da tipologia arquitetônica (casa, edifício), sobre a caracterização desta tipologia (geminada, com recuos nos lotes, números de aberturas nos ambientes existentes), sobre a percepção da ventilação natural nos ambientes internos, como também, questões para identificação dos aspectos ligados ao conforto (térmico e acústico) que incomodam os usuários no período de isolamento social. O questionário foi disponibilizado no período de monitoramento microclimático nos tecidos selecionados e a coleta das respostas ocorreu até 30 de março de 2021. A pesquisa foi registrada no Comitê de Ética (CAAE: 31180720.3.0000.5013). Os resultados desta consulta aos moradores foram analisados de forma comparativa e correlata à avaliação de desempenho climático e desempenho acústico dos tecidos urbanos. No arquivo gerado pelo Google Formulários foi possível identificar a hora do registro das respostas

4. RESULTADOS

4.1 Resultado do Monitoramento Microclimático

O monitoramento microclimático contemplou o registro de dados horários de temperatura e umidade relativa do ar durante 34 dias, onde foram selecionados 6 dias representativos[3] para avaliação quanto ao padrão de aquecimento e amenização climática dos tecidos analisados. Os resultados correspondentes ao comportamento da temperatura do ar (Figura 3) revelam que o tecido que registrou os valores mais elevados de temperatura durante todos os dias monitorados, possui uma configuração morfológica *horizontal densa geminada* (Tecido 1), e não contempla nenhuma estratégia bioclimática passível de aproveitamento de acordo com o clima de Arapiraca[4]. O Tecido 1 tem um padrão de taxa de ocupação do solo elevada, próxima de 90%, alta taxa de solo impermeável, ausência de vegetação e arborização, além disso, a configuração de edificações geminadas pode desfavorecer o aproveitamento dos ventos predominantes entre as edificações no nível externo e comprometer o aproveitamento nos espaços internos edificados. Já o segundo tecido que apresentou temperatura elevada, foi o Tecido 6 (também *horizontal denso geminado)* caracterizado pelo uso voltado para comércio e feira, situado em bairro central da cidade e que recebe um fluxo intenso de pessoas. Este possui uma ocupação de solo similar ao tecido 1 e entorno caracterizado pelo mesmo padrão morfológico que, consequentemente, pode dificultar o aproveitamento da ventilação natural no nível microclimático.

Os tecidos que apresentaram capacidade de amenização climática, foram: Tecido 4, Tecido 5 e Tecido 2. O Tecido 4 constitui um residencial horizontal fechado cuja ocupação ainda não foi consolidada, possui entorno descampado e favorável ao recebimento dos ventos predominantes locais provenientes da direção leste e sudeste, apresentando, portanto, alta porosidade da malha urbana. Este residencial é caracterizado pela existência de massas arbóreas e alta taxa de solo natural e seu padrão morfológico *horizontal disperso* favorece a aplicação de estratégias como o resfriamento evaporativo na escala microclimática, importante para adequação ambiental local, principalmente, no período analisado que corresponde a uma estação quente

[3] O dia representativo, é aquele que possui um padrão uniforme de aquecimento observando os dados de temperatura do ar e radiação, com ausência de pluviosidade e nebulosidade. Os dias que possuem picos de temperatura também foram considerados por representarem as situações mais adversas de acordo com o período/ estação analisado.

[4] Segundo Torres (2017) as principais estratégias bioclimáticas para Arapiraca são: ventilação natural, resfriamento evaporativo e sombreamento.

e seca. O Tecido 2, *vertical alto disperso*, possui sombreamento entre as torres e arborização no interior da quadra, taxa de solo natural média (40%) e, apesar de ter um entorno adensado horizontalmente, apresenta potencial de aproveitamento dos ventos devido à implantação dispersa das torres. O Tecido 5, que corresponde ao espaço livre público arborizado, pode ser apontado como uma alternativa favorável às condições climáticas locais além de fomentar a apropriação do espaço verde para convivência social e atividades de lazer. Este espaço público está situado linearmente entre quadras de uso residencial que possuem um padrão de ocupação média dos lotes (entre 50% e 60%). O sombreamento e a presença da vegetação neste recinto contribuem para redução da temperatura do ar, quando comparados os valores identificados nos tecidos 1 e 6, como também, com os tecidos 3 e 8 que serão comentados a seguir. Desta forma, destaca-se a necessidade de presença de vegetação para aplicação da estratégia bioclimática *sombreamento* e *resfriamento evaporativo* que contribui para o aumento da umidade relativa do ar no nível microclimático e, consequente, para a redução da temperatura do ar.

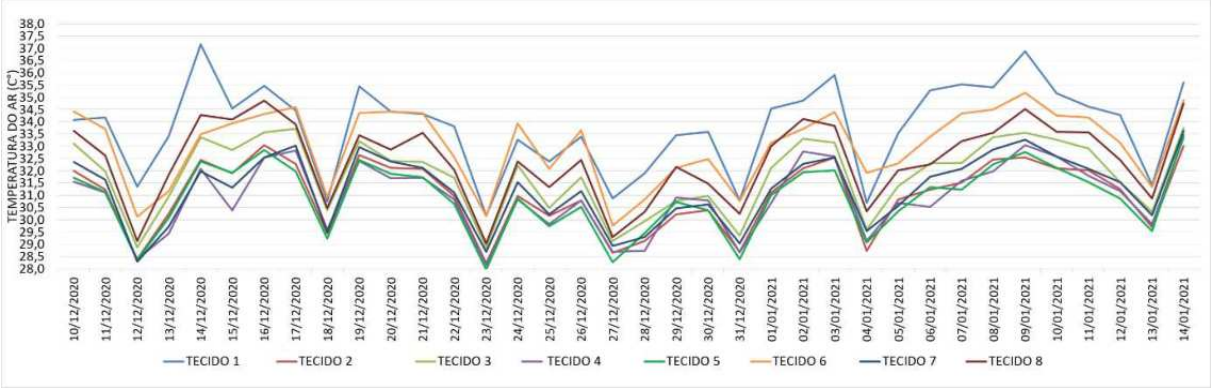


Figura 3: Gráfico referente ao comportamento da temperatura máxima do ar (°C) registrada nos dias do monitoramento microclimático.

O Tecido 7, que constitui uma avenida importante da cidade (próximo à área verde), também, apresentou comportamento higrotérmico com potencial de amenização climática. Apesar de se tratar de uma via onde existe a alta taxa de solo impermeável pela pavimentação asfáltica, os dados registrados referentes à temperatura do ar são inferiores aos registrados no tecido 1 e 6, possivelmente, devido à presença de um canteiro de árvores responsáveis pelo sombreamento e redução da incidência da radiação solar nas superfícies impermeabilizadas, evitando assim, o acúmulo de energia térmica no recinto. Foram detectadas diferenças acima 3,5°C entre esse tecido 7 e o tecido 1- *horizontal denso geminado*, nos horários de maior intensidade da radiação solar (12h às 15h). O Tecido 3 - Bosque das Arapiracas, *espaço aberto público com arborização dispersa*, apesar de ter significativa presença de vegetação, possui um entorno de padrão morfológico *horizontal denso geminado*. Os resultados registrados da temperatura do ar neste recinto demonstram comportamento intermediário em relação aos demais tecidos analisados[5]. O tecido 8, *horizontal disperso* (ocupação consolidada de um residencial horizontal fechado), apesar de ter espaçamento entre as construções, solo natural, presença de vegetação e uma taxa de ocupação média, aparece como o terceiro tecido com temperaturas superiores aos demais.

Na figura 4, é possível verificar as diferenciações térmicas entre os recintos avaliados a partir do dia representativo, 14/01/2021. Ao observar o horário de maior intensidade de radiação solar direta (entre 15h e 16h), no Tecido 1 foi registrado o valor de temperatura do ar equivalente a 35,6 °C (às 16h) e o Tecido 2 (padrão morfológico *vertical alto disperso*), no mesmo horário, apresentou temperatura de 33°C, correspondendo a uma diferença de -2,6°C. Este resultado demonstra a capacidade do Tecido 2 de amenização térmica mesmo apresentando uma densidade construtiva significativamente superior a do tecido 1, devido ao sombreamento proporcionado pelo conjunto edificado, à presença de arborização, à baixa taxa de ocupação do solo e alta porosidade malha - parâmetros importantes para o favorecimento da inserção dos ventos predominantes locais.

Quanto ao desempenho climático no período noturno onde os efeitos térmicos relacionados ao acúmulo de calor decorrente do adensamento construtivo urbano podem ser evidenciados, as diferenciações térmicas existentes entre os padrões morfológicos estudados apresentaram-se de maneira uniforme, ou seja, não foi constata inversão de desempenho nos horários referentes à ausência de radiação solar. Neste sentido,

[5] O ponto de coleta de dados neste recinto, devido às questões de segurança do equipamento (hobo) foi posicionado próximo à via de acesso que apresenta entorno determinado por altas taxas de impermeabilização do solo

os tecidos determinados pelo aquecimento no período diurno, como o tecido 1(bairro Brasília) e tecido 6 (mercado público), ambos com padrão *horizontal denso geminado*, mantiveram temperaturas mais elevadas, também, no período noturno (Figura 4). Porém, os valores de diferenciação térmica foram inferiores em relação aos tecidos menos aquecidos no período diurno, como o tecido 4 (residencial Sierra, *horizontal disperso – não consolidado*). As diferenciações térmicas no período noturno entre estes tecidos alcançaram valores de até 1,5º C. Em relação ao tecido 2, de padrão morfológico *vertical alto disperso* determinado pelo maior valor de densidade construtiva, a diferenciação térmica em relação ao tecido de menor temperatura no período noturno (tecido 4) foi de apenas 0,5ºC. Estes resultados demostram o desempenho favorável do padrão morfológico *vertical alto disperso* considerando tanto às condições diurnas como noturnas.

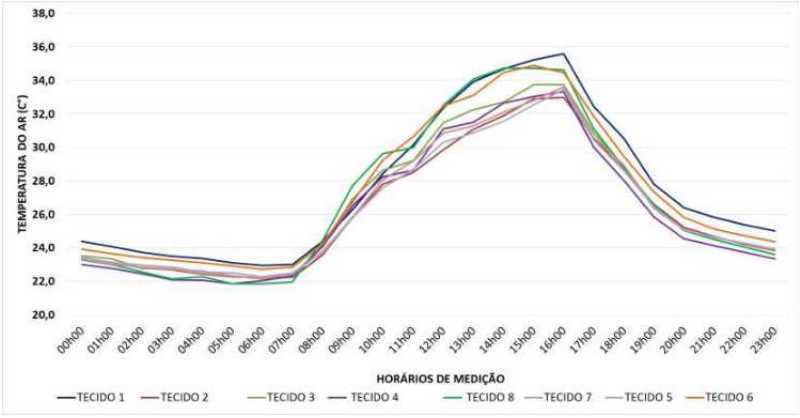


Figura 4: Comportamento da temperatura do ar (°C) a partir de dados registrados no dia representativo 14/01/2021.

Na tabela 1, o tecido 1 (*horizontal denso geminado*) foi adotado como referência para análise das diferenciações quanto aos valores máximos de temperatura do ar registrados nos tecidos investigados considerando os dias representativos selecionados (estes valores corresponderam ao horário de 15h e, apenas no dia 14/01/2021 correspondeu às 16h). Foi possível verificar que o Tecido 2, *vertical alto disperso* apresentou diferenciações térmicas de -2,1 °C até -4,3°C e o Tecido 4, *horizontal disperso*, valores de -2,3°C até -3,8°C. Portanto, mesmo sendo tecidos horizontais (tecido 1 e tecido 4), pode-se compreender que as características do Tecido 4, são favoráveis para o desempenho climático devido à aplicação das estratégias bioclimáticas *ventilação natural e resfriamento evaporativo,* cujo tecido 2, também, contempla em relação aos aspectos de implantação do conjunto edificado.

Quanto aos espaços livres públicos investigados como os Tecidos 5 (Área verde) e Tecido 7 (Avenida), os dados comprovam a importância da presença de sombreamento e vegetação, pois as diferenciações térmicas em relação ao tecido 1, alcançaram valores de até -4,1°C (em relação ao tecido 5) e de -3,7°C (em relação ao tecido 7). Já os Tecido 6 (Mercado), com padrão, também, *horizontal denso geminado* apresentou baixa capacidade de amenização térmica com comportamento microclimático similar ao registrado no tecido 1.

Tabela 1: Valores de diferenciação térmica, identificados a partir da temperatura do ar máxima (ºC) entre o Tecido 1 e os demais tecidos investigados, registrados nos dias representativos do monitoramento microclimático.

TECIDO 1 temp.max.	DATA/ DIA REPRESENTATIVO	TECIDO 2	TECIDO 3	TECIDO 4	TECIDO 5	TECIDO 6	TECIDO 7	TECIDO 8
34,1	10/12/2020	-2,1	-1,0	-2,5	-2,4	0,3	-1,7	-0,5
34,2	11/12/2020	-2,9	-2,2	-3,1	-3,0	-0,5	-2,5	-1,6
35,4	19/12/2020	-2,8	-2,2	-3,0	-3,0	-1,1	-2,5	-2,0
35,4	08/01/2021	-2,9	-2,0	-3,4	-3,1	-0,9	-2,5	-1,9
36,9	09/01/2021	-4,3	-3,3	-3,8	-4,1	-1,7	-3,6	-2,4
35,6	14/01/2021	-2,6	-1,9	-2,3	-2,1	-0,7	-2,0	-0,9

Este diagnóstico realizado com base nos parâmetros de ocupação de solo urbano e no comportamento das variáveis climáticas (temperatura do ar e umidade relativa do ar), efetivado durante o período quente e seco (dezembro/2020 e janeiro/2021), foi fundamental para compreender como o período em questão, pode interferir fortemente nas condições de conforto térmico na cidade de Arapiraca. Neste período, os dias são extremamente quentes (temperatura do ar em valores absolutos acima de 35°C) com

baixa umidade relativa (abaixo de 50%), amplitude alta (acima de 10°C e baixa pluviosidade) (TORRES, 2017).

O tecido 6 (espaço livre público-Mercado) e Tecido 1 (horizontal denso geminado) no horário de maior intensidade de radiação solar (15h), apresentaram umidade relativa do ar, com valores de 37,8% e 38,6%, respectivamente. Já os tecidos determinados pelo registro dos maiores valores de umidade relativa do ar, são os Tecidos 5, 7 e 2, (*espaço público arborizado*, *Avenida Arborizada*, e o *padrão vertical alto e disperso*, respectivamente). A pesquisa expõe a necessidade de utilização de estratégias para neutralizar as condições adversas do clima local a partir da adequação dos tecidos urbanos. Como exemplo, pode-se citar o uso de massas vegetais, ou fontes d'água que contribuem para o aumento da umidade relativa do ar, gerando resfriamento evaporativo e reduzindo a temperatura do ar no nível microclimático. Essas estratégias, em conjunto com o adequado padrão de morfologia e ocupação urbana, podem contribuir significativamente para o aproveitamento dos ventos predominantes (direção leste e sudeste), favorecendo, assim, o conforto térmico no ambiente urbano.

4.2 Resultado do monitoramento das condições de ruído nos tecidos urbanos selecionados

As medições das condições de ruído urbano foram realizadas no dia 14 de dezembro de 2020 e ocorreram durante 5 minutos em cada tecido selecionado. O dia de monitoramento correspondeu a um dia ensolarado e com pouco vento de forma a não interferir nos dados aferidos. O equipamento foi posicionado afastado de qualquer obstáculo e em direção às vias de tráfego, onde, também, foi feita a observação do fluxo de veículos, realizando a contagem de carros durante 10 minutos de análise. Outros aspectos que podem ser relevantes no estudo foram observados, como o horário da coleta de dados e o tipo de pavimentação. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 2, que contempla o dado do L_{Aeq}, que corresponde ao nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, e o valor padrão exigido pela norma brasileira NBR 10151/2019, para cada tecido urbano avaliado.

Tabela 2 – Resultado do monitoramento das condições de ruído nos tecidos urbanos selecionados

TECIDO	Horário	Tipo de Pavimento	Contagem de Carros (10min)	L_{Aeq}	NBR 10151	Atende?
1-Horizontal denso geminado.	11h50	Paralelepípedo	11 motos 4 carros 1 pesado	63dB	55dB	Não
2-Vertical alto disperso.	11h10	Intertravado	Sem Carros	52.3dB	50dB	Não
3- Espaço livre público com arborização dispersa.	12h12	Asfalto	20 motos 20 médios 1 pesado	66.2dB	60dB	Não
4- Horizontal disperso não consolidada	10h10	Asfalto	1 pesado 1 médio	59dB	50dB	Não
5- Espaço livre público arborizado.	11h27	Misto –Placa de Concreto / Intertravado	Sem Carros	49.9dB	55dB	Sim
6- Horizontal denso geminado; mercado público.	12h35	Asfalto	Sem Carros	64.9dB	60dB	Não
7- Espaço livre público: avenida arborizada	11h0	Asfalto	32 médios 32 motos 2 pesados	70.1dB	65dB	Não
8- Horizontal disperso. Ocupação consolidada	10h30	Paralelepípedo	1 médio	63.8dB	50dB	Não

Observando os resultados obtidos, é possível perceber que apenas um dos tecidos urbanos escolhidos, o tecido 5 *(espaço livre público arborizado)* obteve o valor de 49.9dB, atendendo aos valores exigidos pela norma NBR 10151/2019. Essa malha se localiza junto a Av. Ceci Cunha (tecido 7), onde foi obtido o valor mais alto no monitoramento, de 70.1dB. Esse resultado pode ser explicado pela configuração do desenho urbano da região, que é cercado por ruas sem saída, que limitam o fluxo de carros e edificações residenciais em diferentes gabaritos, além da presença de uma massa de vegetação, que segundo Nilsson (2013), pode contribuir na construção de uma paisagem sonora urbana mais saudável.

Ambientes onde eram esperadas paisagens sonoras mais silenciosas, como nos tecidos 4 e 8 que constituem residenciais horizontais fechados, foram obtidos valores elevados: 59dB e 63.8dB,

respectivamente, sendo detectado o ruído constante de obras de construção, comum neste período do ano (dezembro). Já no Bairro Brasília (tecido 1) e na Feira do Mercado (tecido 6), eram esperados resultados com valores mais elevados, pela presença das feiras livres, que costumam apresentar uma paisagem mais ruidosa, em virtudes das constantes trocas comerciais. Porém, os resultados foram 63dB e 64.9dB, respectivamente, que apesar de ainda ser um valor alto, são mais esperados em uma feira livre, diferentemente de um condomínio, local predominantemente residencial.

4.3 Percepção de moradores locais sobre as condições de conforto térmico e acústico

Os dados obtidos a partir da aplicação dos questionários aos residentes da cidade de Arapiraca para avaliação do grau de satisfação quanto às condições de conforto térmico e acústico nos espaços residenciais apontam uma tendência referente ao não aproveitamento das estratégias importantes para redução da disseminação do vírus, como também, para favorecimento das condições de conforto térmico, como a ventilação natural. Essa estratégia é importante porque não apenas serve para o resfriamento dos espaços internos, mas, nesse momento de pandemia, possui papel chave nas trocas de ar dos espaços internos e, assim, possibilita a obtenção de condições mínimas para manutenção no isolamento social.

Esta consulta aos moradores da cidade de Arapiraca contou com a participação de 148 respondentes, onde 78,4% vivem em residências com mais de uma pessoa, sendo apenas 2,7% os que vivem sozinhos. Outras informações importantes extraídas das respostas referem-se aos padrões de implantação das moradias em relação ao terreno, importante para o aproveitamento da ventilação natural. Apenas 41,3% possuem suas casas com todos os recuos no lote, o que possibilitaria, no nível arquitetônico, o aproveitamento dos ventos a partir do princípio da ventilação cruzada.

Contudo, ao serem perguntados como percebiam o uso de ventilação natural em suas residências, apenas 13,51% dos participantes respondem que suas casas apresentam um padrão de ventilação natural em todos os ambientes. Um fator que corrobora para o não aproveitamento da ventilação natural é a falta de aberturas para entrada dos ventos predominantes locais (leste e sudeste), e na pesquisa isso, também, foi observado. Daqueles que responderam ao questionário, 32% afirmaram que os quartos de suas residências não possuem janelas para o exterior. A consulta sobre quais aspectos ligados ao conforto mais incomodam nesse período de quarentena, indicou como resultado o "calor" e o "ruído", com 67,1% e 41,4%, respectivamente (Figura 5). Considerando apenas as respostas apontadas pelos residentes dos bairros determinados pelo padrão de *morfologia horizontal denso geminado*, 73% destas respostas indicaram desconforto por calor.

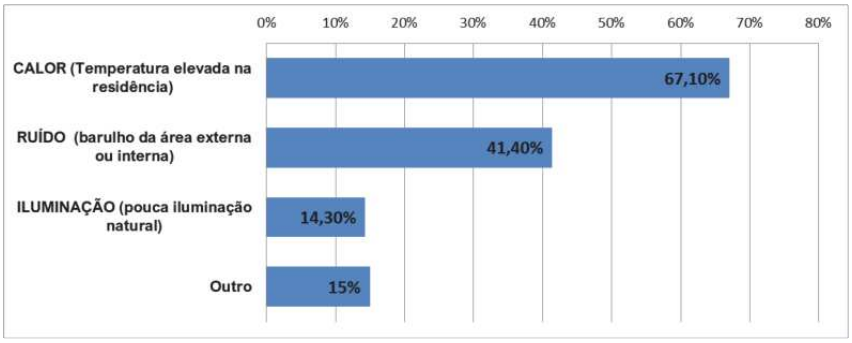


Figura 5: Resultado referente à pergunta: "*Quais dos aspectos ligados ao conforto te incomodaram mais durante o período de quarentenadevido à pandemia do vírus COVID-19*?" considerando o total de respostas obtidas. Fonte: Os autores (2021).

O incômodo pelo ruído é outro dado preocupante apontado pelos respondentes, visto que pode indicar um comprometimento do trabalho remoto no período de pandemia, além de outros problemas comportamentais, pois 41% dos respondentes indicaram desconforto gerado pelas condições de ruído. Durante o período da pandemia do Covid-19, em que 81,1% dos participantes do questionário estão trabalhando em casa, de maneira remota, ao serem perguntados sobre o ruído na região em que moram, apenas 10,9% identificaram uma diminuição no barulho, enquanto 24,5% apontaram um acréscimo. Para outros 63,3% não houve uma alteração no padrão de ruído percebido.

Perguntados sobre quais ruídos têm sido mais percebidos em suas habitações, houve um grande destaque para os barulhos produzidos pelos vizinhos, tendo aparecido em 45,2% das respostas. Dos respondentes, 78,4% indicaram terem ouvido algum tipo de barulho na vizinha com certa frequência. Outras fontes de ruídos, também, são bastantes presentes nas respostas, após os barulhos da vizinhança, aparecem: os carros de som, o tráfego intenso, o barulho de crianças, o barulho de motores e eletrônicos são os mais representativos.

É possível observar nos dados apresentados que o contexto da pandemia do Covid-19 trouxe diferenças notáveis na qualidade de vida dos respondentes. À medida que eles passam mais tempo em casa, sentem a importância de elementos do conforto térmico e acústico dentro de suas experiências cotidianas.

5. CONCLUSÕES

O monitoramento microclimático realizado nos tecidos urbanos investigados apontou diferenças de temperatura acima de 3ºC considerando dados de temperatura máxima do ar em dias representativos no período analisado (dezembro/2020 e janeiro/2021) nos horários de maior intensidade de radiação solar. O padrão morfológico determinado pelo processo de aquecimento foi o padrão morfológico *horizontal denso geminado*, que em relação ao monitoramento de ruído urbano, também, apresentou desempenho insatisfatório, considerando o nível sonoro contínuo identificado acima do recomendado pela NBR 10151/2019. Compreendendo que este padrão morfológico é o predominante no sítio urbano de Arapiraca, os resultados quanto ao grau de percepção dos moradores locais confirmam a necessidade de adoção de estratégias bioclimáticas no desenho urbano para amenização das condições de desconforto térmico e acústico apontadas a partir da aplicação dos questionários.

Os padrões morfológicos com maior capacidade de amenização climática local foram: *horizontal disperso* e *vertical alto disperso.* A análise integrada sobre o desempenho climático e acústico demostrou que a adoção de espaços livres arborizados no interior das quadras pode contribuir positivamente para o alcance do conforto acústico e térmico. Por isso, quando demonstrado no estudo a avaliação da densidade construtiva para tecidos com edificações verticais, somadas a outras estratégias bioclimáticas, se faz presente resultados mais qualitativos para o meio urbano. O desempenho climático identificado nestes tecidos aponta tendências que indicam que o aumento do adensamento construtivo (vertical ou horizontal de forma planejada) nem sempre influenciará negativamente nas condições ambientais urbanas. É importante destacar que para a confirmação destas tendências, é necessária a ampliação deste estudo utilizando coleta de dados em períodos diferenciados e monitoramentos prolongados.

Verifica-se, portanto, a necessidade de desenvolvimento de uma reflexão sobre os parâmetros urbanísticos e de revisão dos instrumentos de planejamento urbano local para otimização da qualidade ambiental, contribuindo assim para o alcance da cidade saudável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas- aplicação de uso geral Rio de Janeiro: ABNT,2019.

GÜNERALP, B; ZHOU, Y.; ÜRGE-VORSATZ, D; GUPTA, M.; SHA YU; PATEL, L.P.; FRAGKIAS, M.; LI, X; SETO, K.C. Global Scenarios Of Urban Density And Its Impacts On Building Energy Use Through 2050. PNAS, vol. 114 (3) p.8945–8950. 2017.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 241p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Nota Técnica Nº 8/2020-COSAPI/CGCIVI/DAPES/SAPS/MS**. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. 2020.

MORAWSKA, L.; MILTON, D. K. It is time to address airborne transmission of coronavirus Disease 2019 (COVID-19), **Clinical Infectious Diseases**, Volume 71, Issue 9, 1 November 2020, p.2311–2313, ciaa939. Disponível em: https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939. Acesso: 01 de dezembro de 2020.

NILSSON, Mats et al. **Novel Solutions for Quieter and Greener Cities**. 2013. Disponível em: https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local_208780.pdf. Acesso em: 15 Set. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS. **Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil.** Disponível em: https://www.paho.org/pt/covid19. Acesso em 30 de setembro de 2020.

TORRES, S.C. **Forma e Conforto**: estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática. Tese de Doutorado- Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano. UFPE: Recife. 2017.397f.

YUAN, C.; NG. E. Building porosity for better urban ventilation in high-density cities: a computational parametric study. **Building and Environment**, v.50, p. 176-189. 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Environmental Noise Guidelines for the European Region**. Genebra, 2018. Disponível em: https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018. Acesso em: 9 abr 2021.