



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Clima Urbano, Ilhas de Calor e Conforto Térmico nos Bairros do Cabula e Pernambués no Centro Urbano de Salvador (BA)

Bárbara Carlos Ferreira¹, André Luiz Dantas Estevam², Diego Corrêa Maia³

¹ Licencianda em Geografia e bolsista de Iniciação Científica (FAPESB/UNEB). Departamento de Ciências Humanas Campus V, Universidade do Estado da Bahia, Loteamento Jardim Bahia, s/n, CEP 44570-000, Santo Antônio de Jesus, Bahia. (75) 3631-2855. barbaracarlosferreira28@gmail.com.

² Dr. em Geologia, Departamento de Ciências Humanas Campus V, Universidade do Estado da Bahia, Loteamento Jardim Bahia, s/n, CEP 44570-000, Santo Antônio de Jesus, Bahia. (75) 3631-2855. alestevam@uneb.br. ³ Dr. em Geografia, Campus Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Av. 24-A, Nº 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo. (19) 3526-9000. d.maia@unesp.br.

Artigo recebido em 28/03/2022 e aceito em 03/09/2022

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar as ilhas de calor na cidade de Salvador nos bairros do Cabula e Pernambués ambos localizados no miolo urbano da cidade. Foram discutidos a relevância dos fatores geográficos de localização, altitude, influência dos sistemas de brisas marítimas e continentais, assim como o efeito do aquecimento das superfícies devido ao uso do solo urbano. Foi utilizada a concepção teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano. Neste contexto, foram gerados mapas de usos dos solos das localidades através do programa Arcview 9.1. Posteriormente, foram efetuadas tomadas das temperaturas de superfície através de termômetros sensores de infravermelho nos diversos tipos de coberturas do solo em visitas técnicas à diversas ruas e avenidas nos bairros. Tais informações subsidiaram a organização do relatório final da pesquisa que se utilizou do Índice de Desconforto Térmico (ID). A utilização do ID detém extrema relevância pois busca estabelecer correlações entre as ilhas de calor e o desconforto físico que detém impacto direto na saúde e qualidade de vida das pessoas. Nos bairros do Pernambués e do Cabula foram identificadas classes de zona de desconforto. Porém, cabe destacar a relevância do fragmento da Mata Ombrófila Densa como elemento fundamental no estabelecimento de ilha de frescor no bairro Cabula.

Palavras-chave: ilhas de calor, sistema clima urbano, fatores geográficos, uso do solo, desconforto térmico.

Urban Climate, Heat Islands and Thermal Comfort in the Neighborhoods of Cabula and Pernambués in the Urban Center of Salvador (BA)

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the heat islands in the city of Salvador in the neighborhoods of Cabula and Pernambués both located in the urban core area of the city. The relevance of geographic factors of location, altitude, influence of sea and continental breeze systems, as well as the effect of heating of surface areas to urban land use were addressed. The theoretical and methodological conception of the Urban Climate System. In this context, maps of land uses of localities were generated through the arcview 9.1 programa. Subsequently, surface temperatures were made through infrared sensor thermometers through the various types of ground cover through technical visits to several streets and avenues in the neighborhoods. This information supported the organization of the final report of the research that used the Thermal Discomfort Index (ID). The use of ID has extreme relevance because it seeks to establish correlations between heat islands and physical discomfort that has a direct impact on people's health and quality of life. In the neighborhoods of Pernambués and Cabula, discomfort zone classes were identified. However, it is worth highlighting the relevance of the fragment of the Dense Ombrófila Forest as a fundamental element in the establishment of a frescor island in the Cabula neighborhood.

Keywords: heat islands, urban climate system, geographic factors, land use, thermal discomfort.

Introdução

Inúmeros estudos têm demonstrado que a urbanização e a concentração de pessoas têm ocasionado alterações no balanço térmico das superfícies nas áreas urbanas e rurais. Tais circunstâncias têm intensificado o fenômeno das

ilhas de calor intra-urbanas. Este circuito energético produz um clima particularizado denominado clima urbano.

O clima urbano de cada cidade apresenta especificidades em conformidade com a sua

localização geográfica, oscilação dos elementos do clima e o grau de intensificação da urbanização. O contexto climático local detém correlações com o sistema regional no qual está inserido. Estabelece-se fluxos de calor entre a paisagem e as estruturas inseridas no ambiente urbano pela ação humana. Esses fluxos interagem com a atmosfera produzindo o clima urbano, segundo Monteiro (1976).

A cidade modifica o clima através da produção de calor estimulada pelas alterações na ventilação, nas temperaturas e até mesmo nas precipitações. Neste sentido, a poluição atmosférica representa o principal agente estimulador das precipitações no clima urbano. Através dos gradientes de albedo o balanço energético intra-urbano sofre oscilações decorrentes da cor dos materiais constituintes nas superfícies (Oliveira e Estevam, 2019).

O fenômeno das ilhas de calor, também estão intimamente ligados à densidade de construções, do grau de verticalização, das ocorrências de áreas verdes e arborização (Amorim, 2000). Estudos dessa natureza justificam-se à medida que as metrópoles estão se aquecendo rapidamente, transformando-se em ambientes de elevado desconforto térmico e altamente prejudicial à saúde humana.

As pesquisas sobre ilhas de calor no espaço intra-urbano e as heterogeneidades socioeconômicas geram espaços de vulnerabilidade e riscos ambientais diferenciados. Nas avaliações do risco ambiental é de fundamental relevância a investigação sobre as questões conceituais e novos procedimentos metodológicos baseados nas escalas de análise do clima, das estruturas e forma da cidade, considerando-se também a compreensão multidimensional relativas aos riscos e vulnerabilidades na produção do espaço urbano (Marandola Jr. e Pascoalino, 2021).

Neste escopo o objetivo dessa pesquisa é analisar o fenômeno das ilhas de calor e suas correlações com o desconforto térmico nos bairros do Cabula e Pernambués, ambos localizados no miolo urbano da cidade de Salvador.

As anomalias térmicas na superfície dos solos dos bairros do Cabula e Pernambués podem estar atreladas às crescentes modificações na paisagem urbana em virtude do descumprimento das diretrizes de conservação ambiental descritas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Salvador (PDDU, 2021).

O aumento da temperatura do ar nos referidos bairros no final das tardes e início da noite

estimulam o desconforto térmico no interior das residências, ao longo dos arruamentos, das avenidas, das casas comerciais e dos pontos de ônibus. Esses problemas podem estar associados à supressão extensiva e indiscriminada da vegetação arbórea nativa (Floresta Ombrófila Densa de médio e grande porte) por superfícies compostas por solos desnudos quase sempre associados às áreas revestidas em sua maior parte por concreto, vidro, asfalto, alumínio, blocos e ferro.

Os fenômenos das ilhas de calor intra-urbano ocorrem principalmente através de episódios noturnos face a liberação de calor advindo do intenso aquecimento dos materiais que revestem os prédios, as avenidas, os estacionamento, calçadas, telhados, lajes e demais superfícies urbanas ao longo do dia nos horários picos de insolação sobretudo no verão.

Outras modificações importantes que podem influenciar o aumento nas temperaturas do ar ao longo das áreas investigadas foi o tamponamento dos rios e a verticalização mal planejada. Essas interferências estão intimamente relacionadas à formação das ilhas de calor intra-urbano até mesmo em cidades que possuem parte de seu território localizado na costa atlântica como é o caso de Salvador.

Os estudos de Estevam et al. (2019), demonstraram a importância da conservação de áreas verdes para o amortecimento das temperaturas no final da tarde. Trataram-se dos resultados de pesquisas comparativas entre as temperaturas de superfície revestidas por asfalto, concreto e espelhos da região do Iguatemi e da Avenida Sete de Setembro recoberta por farta arborização.

Conforme foi observado em Gomes e Caracristi (2019), intensas manifestações das ilhas de calor ocorrem, também nas cidades médias e pequenas com destaque para aquelas localizadas no trópico semiárido brasileiro. Seus estudos abarcaram o clima urbano e a percepção térmica na cidade de Forquilha no interior do Ceará. Neste contexto, as ilhas de calor vão interferindo também na qualidade de vida das pessoas que residem em cidades pequenas.

Gomes (2021) nos seus estudos sobre a evolução das pesquisas do clima urbano, foi observado que o aprimoramento das técnicas e dos equipamentos de monitoramento do clima e do espaço urbano possibilitaram um avanço significativo nas pesquisas sobre essa temática. Este autor destacou que as pesquisas sobre o clima urbano evoluíram com a utilização do sensoriamento remoto, com aplicação dos SIG's

(Sistemas de Informação Geográfica) e dos drones. A evolução tecnológica possibilitou impulso de qualidade na produção de dados e das análises do clima urbano nas mais variadas escalas territoriais das cidades brasileiras.

Silva et al. (2020) indicou nas suas pesquisas que áreas de aglomerados urbanos contém ruas asfaltadas e baixo quantitativo de área com cobertura vegetal, nessas localidades as temperaturas do ar são mais elevadas.

Nessa perspectiva Melo et al. (2019) apontou os parques urbanos como equipamentos de extrema relevância social e como agentes redutores das temperaturas elevadas, que apresentaram condições microclimáticas benéficas. Segundo o autor a vegetação dos parques proporcionam a instalação de um microclima aprazível que resfriam o ar, produzem sombra e aumentam a umidade do ar criando condições favoráveis ao conforto térmico.

Silva (2021) investigou o fenômeno das ilhas de calor no bairro de Copacabana (RJ) direcionando seus estudos para a fragmentação socioespacial da área. O enfoque foi dado às diferentes formas de ocupação dos solos em correlação com a morfologia do bairro. A produção de espaços com revestimento de materiais escuros e secos em áreas tipo cânions absorvem e armazenam mais calor. Para além desses fatores o autor destacou a poluição do ar, a baixa velocidade dos ventos e o calor antropogênico como fatores atuantes na formação das ilhas de calor.

Ilhas de Calor e urbanização

A ilha de calor urbana (ICU), evento reconhecido a mais de um século, é o mais claro e o mais bem documentado exemplo de mudança climática provocado pela ação antrópica (Oke, 1987, p. 254). As transformações feitas pelo ser humano e a ocupação indevida e acelerada, desenvolveram diversas problemáticas ambientais e climáticas dentre elas está o fenômeno das microclimas das Ilhas de calor. Para Mendonça (2000, p.167, 168):

“O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. O clima dessas áreas, ou clima urbano, é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas.” (Mendonça, 2000, p.167, 168)

Os primeiros levantamentos de dados sobre calor urbano ocorreram em 1818, quando o estudo revolucionário sobre o clima de Londres realizado por Luke Howard detectou um “excesso de calor artificial” na cidade, em comparação com o campo.

O processo das ilhas de calor como posto por Oke (1987), é um dos fenômenos mais reconhecidos e documentados fenômenos climáticos de escala local, as cidades possuem suas formações heterogêneas, os adensamentos residências comerciais são os pontos principais para o aumento das ilhas de calor esse fenômeno é tratado como o aumento da temperatura do ar.

Para a análise das ilhas de calor sempre são utilizados espaços rurais ou áreas urbanas onde há uma maior vegetação e circulação de ventos que a área de estudo, pois as áreas verdes funcionam como as ilhas de frescor se comparadas as áreas de temperaturas elevadas por conta das ilhas de calor, essas áreas possuem pouca ou nenhuma área verde ou arborizada que mitiguem o microclima.

“A ilha de calor caracteriza-se por três aspectos principais: forma, intensidade e localização do seu núcleo mais quente. Esses aspectos são distintos em cada cidade, em função do momento do dia e da época do ano, do tempo atmosférico, da localização geográfica, incluindo sua morfologia natural, como morros, corpos hídricos e áreas verdes, e das propriedades térmicas dos materiais que compõem a superfície urbana.” (LUCENA, 2013, p. 32).

Como analisado por Lucena (2013), as ilhas de calor se caracterizam em três aspectos: forma, intensidade e localização do seu núcleo mais quente, como por exemplo;

- a- Forma: as ilhas de calor são formadas pelo uso indevido do solo e urbanização acelerada em áreas com pouca ou sem arborização e áreas verdes;
- b- Intensidade: a intensidade das ilhas de calor está nas áreas mais urbanizadas e sem corredores de vento em sítios com os miolos adensados com maior uso de matérias que retém calor;
- c- Localização do núcleo: as ilhas de calor estão presentes nos miolos urbanos, onde há uma maior temperatura do ar, como nos centros comerciais e residências das grandes cidades.

Para García (1999), a cidade vem ser considerada como um “ecossistema”, claramente diferenciado dos ecossistemas naturais, pois ela foi

modificada e adaptada para atender as necessidades humanas, e não atendendo a necessidade vegetal ou animal.

Os grandes centros urbanos foram adaptados e construídos para atender as demandas de crescimento capitalista, os miolos urbanos são ocupados com as demandas de crescimento comercial e populacional, não dando espaço a paisagem natural como a arborização e gramíneos, tonando assim ambientes propício ao aumento da temperatura que mais tarde foram identificadas e trabalhada como ilhas de calor.

Pesquisadores como Monteiro salientam que a ação antrópica é capaz de “criar” fenômenos climáticos como o microclima das ilhas de calor. Monteiro (2001, p.20):

- a- O fundamental à compreensão das relações entre clima e a sociedade deve emanar do reconhecimento de que;
- b- O comportamento atmosférico integrado às demais esferas e processos naturais, “organizam” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção às inferiores;
- c- A ação antrópica em derivar ou “alterar” essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores;
- d- Em verdade o homem tem capacidade de “criar” microclimas e alterar;
- e- Substancialmente os climas locais (como os “urbanos”) projetando sua ação direta até os espaços sub-regionais.

As ilhas de calor são características de áreas densamente urbanizadas, onde há predominância de materiais que retêm mais energia solar; (Oliveira, 2019) as atividades antropogênicas, os materiais artificiais produzidos para atender as demandas da sociedade se somam, e alteram a dinâmica atmosférica, provocando mudanças nos padrões energéticos e hídricos do espaço que passa a ser urbanizado (Figura 01). Os centros urbanos e periféricos são os mais afetados pela dinâmica do microclima das ICs, como posto por Mendonça:

“O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente

construído, palco de intensas atividades humanas.” (Mendonça, 2003, p. 93).

Com o crescimento das atividades humanas e industriais e a vasta utilização de carros para transporte particular e público e o aumento da poluição junto com o uso inapropriado do solo para a construção civil, torna os centros e periferias palco principal para o microclima das ICs, bairros como Pernambués na cidade de Salvador, constitui-se num propulsor para esse microclima, o bairro é formado de aglomerados de casas e uso exacerbado de materiais que retêm os raios solares que proporcionam o fenômeno.

“Há tempos observa-se que áreas urbana e suburbanas possuem ilhas de calor, um ‘oásis inverso’, onde o ar e as temperaturas da superfície são mais quentes do que em áreas rurais circundantes. [...] porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Existem duas razões principais para esse aquecimento. A primeira é que a maior parte dos materiais de construção é impermeável e estanque, e por essa razão não há umidade disponível para dissipar o calor do sol. A segunda é que a combinação de materiais escuros de edifícios e pavimentos com configuração típica cânion absorve e armazena mais energia solar.” (GARTLAND, 2010, p. 9-10).

Gartland (2010) mostra que as ilhas de calor apresentam características comuns, e apenas se intensificam de acordo com o crescimento do sítio urbano. Assim há áreas que apresentam o microclima de forma mais intensas e outras áreas não, como relacionado os bairros de Pernambués e Cabula, o segundo detém uma área mais arborizada e o segundo possui construções mais adensadas.

“A intensidade e a extensão espacial da ICU dependem da localização da cidade, da morfologia urbana (forma e densidade das construções), do tipo de materiais construtivos, das atividades industriais, das condições climáticas e da sucessão das situações sinóticas e tipos de tempo. A ICU é especialmente importante sob condições atmosféricas estáveis (sistema anticiclônico), que se caracterizam pela baixa velocidade do vento e pela ausência de nebulosidade.” (AMORIM, et al., 2009, p. 2)

Áreas rurais ou arborizadas se abstém do fenômeno das ilhas de calor, por possuir remanescentes florestais nas classes de uso de solo e corredores de ar que facilitam para a mitigação das ICs, esse fenômeno também pode variar de acordo com a dinâmica de cada sítio urbano de acordo com GARTLAND, 2010:

“Ilhas de calor em áreas urbanas tendem a apresentar características típicas, mas a intensidade e o momento de ocorrência das ilhas de calor variam de acordo com cada localidade. No final, a ilha de calor de cada comunidade encontra seu próprio e exclusivo equilíbrio entre temperaturas e fluxos de energia, com base no terreno, tipos de construções e condições meteorológicas da área.” (Gartland, 2010, p. 36).

Bezerra et. al. (2021) desenvolveram estudos sobre ilhas de calor e conforto térmico na cidade de Mossoró (RN). Obtiveram resultados relevantes considerando que a cidade está localizada no semiárido nordestino e apresenta elevado índice de urbanização. Os autores aplicaram o Índice de Calor e Índice de Densidade Arbórea para avaliar o conforto térmico em áreas de convivência social no Campus da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Neste contexto, apresentaram resultados importantes para compreender a sensação térmica na área investigada e suas correlações com a saúde humana.

Ilhas de calor e induções de desconforto térmico

Os grandes centros vêm sofrendo com o fenômeno das Ilhas de Calor, e isto afeta de forma negativa o conforto térmico das áreas onde há a predominâncias desse microclima, áreas essas que têm uma maior predominância de matérias que tem uma maior absorção de radiação solar.

“O conhecimento das feições topográficas do sítio é de extrema importância nos estudos climáticos, porque, em pequenas distâncias dentro da própria estrutura interna das cidades, existem significativas diferenças de microclima, oriundas da morfologia da superfície e da presença ou não de vegetação. Tais fatores geram alterações do comportamento térmico que comprometem a qualidade de vida e o conforto térmico das cidades.” (Fialho, 2012. p.85).

O conforto térmico pode ser definido em áreas que a seção térmica seja agradável para os seres humanos, com a presença de maior quantitativo das áreas verdes e corredores de ventos para a ventilação dos miolos urbanos para obter um conforto climático mais agradável para àqueles que principalmente sofrem de problemas respiratórios e cardíacos. Como posto por AMORIM, (2010):

“As ilhas de calor afetam diretamente o conforto e a saúde dos indivíduos, seja por problemas relacionados diretamente ao calor, como o estresse térmico ou por problemas de doenças relacionados à qualidade do ar [...]. [...]Essa situação de estresse térmico ocorre facilmente nos ambientes tropicais e se intensificam com as ilhas de calor. Pessoas submetidas à essa situação por longos períodos, especialmente às que fazem parte do grupo de risco, como os idosos, as crianças, as mulheres grávidas, os cardíacos, os asmáticos etc., podem ter problemas dos mais simples aos mais graves, como, por exemplo, irritabilidade, desconcentração, inapetência, desidratação, câibras, desmaios, exaustão pelo calor e até a morte.” (Amorim, 2010, p. 74).

As sensações podem ser subjetivas, dependendo de cada indivíduo; um ambiente que pode ser termicamente confortável para uma pessoa, pode não ser para outra que pode classificá-lo de frio ou quente, as vestimentas também são grandes influenciadoras das sensações de confortabilidade de uma pessoa (Estevam e Neri 2019). Dentre as variáveis ambientais, a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento têm grande importância para a determinação das diferentes faixas de conforto.

A partir da análise feita para o conforto térmico compreendendo a variável de cada indivíduo de acordo com as vestimentas e as características fisiológicas de cada indivíduo essas variantes são: sexo, idade, raça, atividade exercida e hábitos alimentares (Silva 2008; Souza e Nery, 2012).

Portanto para que haja conforto térmico nas áreas onde ocorre as ilhas de calor, é necessária que tenham medidas para aumentar o albedo das áreas urbanas como o sombreamento e replantio de árvores em áreas de solo exposto ou medidas ambientais palpáveis para cada dinâmica nos sítios urbanos, a troca de materiais que retém mais calor por materiais mais claros que reflitam com mais eficiência a radiação solar.

O conforto térmico é influenciado pelas condições ambientais tais como arborização, gramíneos, rios e circulação de ar, entretanto os

centros urbanos não apresentam essas características pelo uso indevido do solo. Os materiais que foram utilizadas para a construção dos sítios urbanos não tiveram um planejamento prévio frente às modificações que poderiam vir à desencadear no clima da cidades e suas consequências sobre a qualidade de vida das pessoas.

As árvores através dos processos ecossistêmicos têm o trabalho de melhoramento a qualidade do ar por meio da absorção do gás carbônico e liberação de oxigênio, além de propiciar sombras, proteção térmica e acústica, assim amenizando os efeitos do aumento da temperatura (Melo e Filho, 2019).

De acordo com Carvalho (1982), o processo de arborização nas cidades é visto como essencial na melhoria do conforto térmico, tendo em vista que as áreas arborizadas se aproximam das condições ambientais normais em relação ao meio urbano. Nos centros urbanos as áreas que detém arborização e gramíneas possuem um conforto térmico maior que em áreas que não há esses elementos naturais, as áreas verdes presentes nos sítios urbanos podem receber o nome como ilhas de frescor.

Nesta pesquisa podemos estabelecer que a variável de conforto térmico humano está ligada diretamente a falta de planejamento e de políticas públicas destinadas à qualificação ambiental nos sítios urbanos. Os ambientes urbanos que estão desprovidos de áreas naturais que apresente uma menor poluição do ar e menores fatores de absorção de energia influenciados pelo revestimento vegetal estimulam um menor stress

positivo ocasionado pelo aumento da temperatura do ar.

Material e métodos

A cidade de Salvador situa-se na faixa litorânea do Estado da Bahia, ocupa localização na porção oriental da Baía de Todos os Santos, localiza-se sob as coordenadas geográficas 38° 45'00.000" 38° 30'00.000 W e 13°00' 00.000 12° 45'00.000" S, conforme observado na Figura 01. A cidade posiciona-se em área de clima Tropical Chuvoso, detém seu balanço térmico positivo na maior parte do ano com temperaturas em torno de 24 a 25°C.

Caracteriza-se como miolo urbano a maior parte do território entre os principais eixos de articulação urbano-regional de Salvador que constituem a BR 324 e Avenida Luiz Eduardo Magalhães. Essas localidades detém uma função relevante na macro estruturação da cidade. Pode ser compartimentada nas Regiões do Cabula, Tancredo Neves, Pau da Lima e Cajazeiras.

O bairro do Cabula teve seu desenvolvimento inicial no ano de 1970, possui uma

população de 23.096 habitantes o que corresponde a 0,95% da população de Salvador. A instalação e permanência do Quartel do 19º Batalhão, foi de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento do bairro. Enquanto o bairro Pernambués possui uma população de 58.542 habitantes, o que corresponde a 2,40% da população de Salvador (IBGE, 2010).

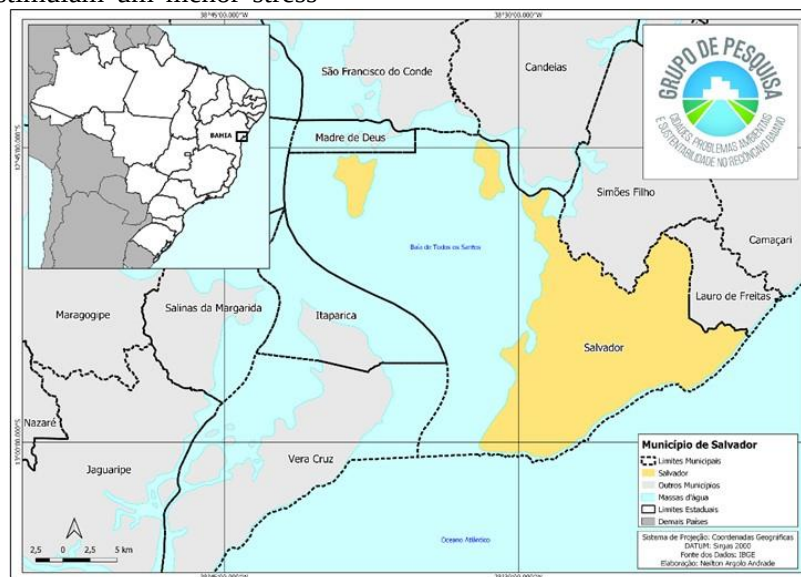


Figura 1. Mapa de localização da cidade de Salvador.

Neste trabalho foi utilizado o paradigma metodológico que permita interagir-se o clima nas suas diversas escalas temporais e espaciais de forma a conferir flexibilidade metodológica. Este arcabouço teórico deve ser empregado em qualquer cidade do globo terrestre e adaptadas às suas diversas realidades espaciais e diferenciados graus de complexibilidade urbana. Foi abordada a estrutura metodológica e teórica do Sistema Clima Urbano (SCU), (Monteiro, 1976; Mendonça, 2000). Nestes estudos são indicados três subsistemas para compreensão do clima urbano o termodinâmico, físico-químico e o hidrometeorológico. Nesta pesquisa foi utilizado o subsistema termodinâmico para investigar o conforto térmico e analisar o comportamento das ilhas de calor no miolo urbano de Salvador.

A metodologia desta pesquisa adotou procedimentos iniciais como a seleção dos bairros do Pernambués e Cabula localizados no miolo urbano de Salvador. Bairros limítrofes com características construtivas diferenciadas e situações ambientais e de relevo distintas. Foram observadas as diferentes coberturas dos solos e o tipo de adensamento construtivo dos bairros. Vale ressaltar que essas características exercem impactos no albedo das áreas investigadas com repercussões para oscilações da temperatura do ar.

As medições de temperatura de superfície ocorreram no dia dez de janeiro e dez de fevereiro de 2021 respectivamente. Em estação de verão com alta insolação e condições de céu sem recobrimento de nuvens. No dia 10/01 a temperatura máxima do ar foi de 31°C enquanto a temperatura mínima foi registrada 27°C. No dia 10/02 as temperaturas mínimas e máxima também corresponderam à 31° e 27° com as mesmas condições de céu limpo de forte insolação.

Foram realizadas tomadas de temperaturas das superfícies do solo nas avenidas principais do Cabula com destaque para os seguintes pontos a Avenida Luís Eduardo Magalhães, EMBASA, 19° Batalhão de Caçadores, BR 324 Atacadão Salvador, Condomínio Portal das Árvores, UNEB, Colégio Estadual Governador Roberto Santos. No bairro Pernambués os pontos analisados foram a Madeireira Brotas, Posto Médico de Pernambués, Rua 4 de Dezembro, Avenida Lucas, Rua Nair, Avenida Hilda, Rua André Luís, Rua dos Navegantes e Avenida São Paulo.

As temperaturas das superfícies foram registradas em áreas recobertas por pedra portuguesa, grama, asfalto, concreto, bloco amostra, lajes com telhados telhas em argila e lajes recobertas com telhas de amianto. Neste contexto,

foram realizadas análises de correlação entre o comportamento térmico das superfícies e as características atmosféricas que mais influenciam no conforto térmico das pessoas. Foram empregadas análises quanto ao adensamento construtivo e as principais características de ocupação do solo em ambos os bairros.

Após análise das imagens de satélite gerou-se mapas de uso do solo particularizado para cada bairro. Foram identificadas as classes de área urbanizada e áreas com cobertura vegetal na identificação das ilhas de calor.

Resultados e discussão

Para melhor compreensão do fenômeno das ilhas de calor foi necessário avaliar as características principais do padrão construtivo nos bairros analisados. Neste contexto, com pode ser observado na Figura 02 o bairro Pernambués apresentou configuração de adensamento avançado com ocupação residencial predominantemente com padrão popular (Borges e Franco, 2021).

Neste bairro as ruas e avenidas são estreitas recobertas por asfalto não ocorre espaçamentos entre as residências. O bairro distribui-se numa feição geomorfológica de fundo de vale com feições em manjedoura. O bairro detém quantitativo de área total de 317,30 hectares, subdividindo-se em área urbanizada com 300,70 hectares e área com cobertura vegetal (zona com arborização) de 16,60 hectares. A área está localizada entre as cotas altimétricas de 16 à 65 metros de altitude.

O bairro do Cabula detém predominantemente edifícios residenciais de até 6 andares. Detém densidade ocupacional de média à alta. Arruamentos com distanciamento regular e alta ocupação por condomínios. O bairro detém significativo recobrimento de arborização de forma esparsa em diversas localidades e concentrada na reserva florestal do 19° Batalhão de Caçadores. Vales ressaltar que esta reserva florestal representa uma das poucas áreas constituídas de Mata Ombrófila Densa na cidade de Salvador (Nascimento e Estevam, 2019).

Porém, cabe destacar o elevado quantitativo de área no bairro Cabula ocupado por residências adensadas ao longo das encostas. Essas áreas encontram-se à longa distância dos setores arborizados conforme pode ser observado na Figura 3.

O bairro detém área total de 343,15 hectares. Dessa área 189,07 hectares estão inseridos na zona urbanizada (altamente impermeabilizada) e 151,93 hectares

correspondem à área com cobertura vegetal. O bairro está assentado sobre cotas altimétricas que variam de 16 à 82 metros de altitude (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Salvador, 2021).

Nas áreas analisadas e classificadas foram confrontadas as temperaturas das superfícies e a temperatura do ar. Houve correspondência entre os dois parâmetros tendo em vista a relação entre o albedo e o aquecimento da atmosfera com interferências diretas no microclima dos bairros. Tais correlações permitiram estabelecer discussões sobre o Índice de Conforto Térmico, (Teixeira e Almeida, 2021).



Figura 2. Fotografia da Av. Hilda no bairro Pernambués. Área totalmente impermeabilizada por asfaltamento e povoamento de residências sob a forma de prédios adensados.



Figura 3. Ocupação desordenada do solo no bairro do Cabula. Elevado adensamento de moradias.

As informações contidas na Tabela 1 demonstram o aquecimento significativo das superfícies com destaque para o asfalto e concreto em ambos os bairros nos meses de janeiro e fevereiro. Os valores oscilaram entre 39C° à 49C° com destaque maior dado ao bairro de Pernambués. O baixo grau de albedo reflete a elevada absorção de energia solar devido a coloração negra do asfalto. Observa-se, também que o Cabula contém maior arborização face a presença da reserva florestal do 19º Batalhão de Caçadores do Exército. Neste contexto, as áreas próximas às sombras de árvores se destacam como ilhas de frescor (com temperatura de superfície de 27C°) responsáveis pela atração de ventos e maior umidade do solo. Enquanto que no bairro Pernambués a existência de áreas verdes é mínima com aquecimento mais significativo e formação de ilha de calor concentrada.

No bairro Pernambués observou-se o efeito de microclima no cânion urbano. As vias principais e arruamentos estreitos circundados por encostas com declividades acima de 25% interferem na circulação dos ventos. A penetração dos ventos ao longo das ruas, residências e calçadas são muito prejudicadas. Neste sentido, o efeito inibidor dos ventos sobre as altas temperaturas do ar é bastante prejudicado, (Moreira *et al.* 2021).

Os bairros são limítrofes e recobrem superfícies de relevo que se conectam num sistema de topo, encosta e fundo de vale embricados numa complexa formação geomorfológica predominante na cidade de relevos em mares de morros (Figura 4). Enquanto o Cabula está localizado em área de topo e encosta o bairro Pernambués e está inserido totalmente no sistema encosta e fundo de vale.

Em ambos os bairros foi identificado manifestação de ilhas de calor, sobretudo nas áreas intensivamente ocupadas por residências adensadas e constituídas de coberturas por lajes de alvenaria e ferragens. Como o bairro Cabula detém áreas adensadas de moradia ao longo de encostas e áreas de topo dos relevos de mares de morros os sistema de brisas atenuam os efeitos da temperaturas elevadas sobretudo no transcorrer das noites de verão.



Figura 4. Imagem de satélite com enfoque dos bairros Pernambués e Cabula no miolo urbano de Salvador (BA).

Tabela 1: Temperaturas nas superfícies das coberturas do solo e estimativa de albedo.

Área Analisada	Tipos de superfície	Temp. C°	Temp. C°	Cor da superfície	Albedo
		10.01.2020	10.02.2021		
Pernambués	Concreto	46,0	44,0	Cinza	Baixo
Cabula		39,0			
Pernambués	Solo exposto	--	--	Vermelho e Laranja	Baixo
Cabula		36,0	34,0		
Pernambués	Sombra de árvore	--	--	Negra	Elevado
Cabula		28,0	27,0		
Pernambués	Pedra portuguesa	--	--	Branca/Negra	Elevado
Cabula		31,5	30,0		
Pernambués	Gramma	--	--	Verde	Elevado
Cabula		32,8	31,7		

Fonte: Adaptação dos autores. Projeto de Pesquisa Clima Urbano. Maio de 2021.

Devido as particularidades ambientais, de localização e de urbanização os bairros de Pernambués e Cabula apresentarem respectivamente formação de ilhas de calor e ilhas de frescor. Apesar de serem bairros próximos e estarem situados no miolo urbano de Salvador o fator altimétrico, urbanização e a existência de arborização é essencial na determinação das diferenciações térmicas entre ambos os bairros.

Análise das temperaturas do ar nos dias de tomada das temperaturas das coberturas do solo

Como pode ser observado no Gráficos 01 e 02 para os dias 10.01.2020 e 10.01.2021. No horário das dez horas as temperaturas iniciam um processo de crescimento bastante significativo. Os horários nos quais as temperaturas de forma crescente indicam aquecimento das superfícies do solo de uma forma geral na cidade e a elevada taxa de insolação. Porém, as temperaturas apresentam pico elevado entre as dezesseis e dezoito horas. Tal condição indica nesses momentos do dia a forte liberação de calor assimilados no transcorrer do dia de verão intenso por parte das superfícies do solo e dos materiais que o revestem.

Neste contexto as coberturas do tipo asfalto, concreto, superfícies recobertas por vidros escuros, dos solos desnudos, dos afloramentos rochosos e das superfícies protegidas por lajes e blocos liberam calor para troposfera. Nesses casos há forte propensão de elevação das temperaturas mínimas tendo como uma das consequências o

Ilhas de calor e desconforto térmico

A partir da análise feita para o conforto térmico compreendendo a variável de cada indivíduo de acordo com as vestimentas e as características fisiológicas de cada indivíduo essas variantes são (sexo, idade, raça, atividade exercida e hábitos alimentares), (Silva, 2008).

Em consonância com as tomadas de temperaturas das superfícies produzidas pela pesquisa Sistema Clima Urbano e de suas correlações com as temperaturas do ar produzidas pelas estações meteorológicas em diversos pontos da cidade. Observou-se que os dados produzidos em correlação com o Índice de Desconforto Térmico proposto por Garcia. Identificou-se que os bairros de Pernambués e Cabula produzem condições de Desconforto Térmico Incômodo. Ressaltando-se que a cidade detém Ilhas de Calor altamente concentradas.

Todas as áreas submetidas às ilhas de calor estão classificadas na categoria de Desconforto

stress térmico positivo e geração de desconforto térmico nas pessoas.

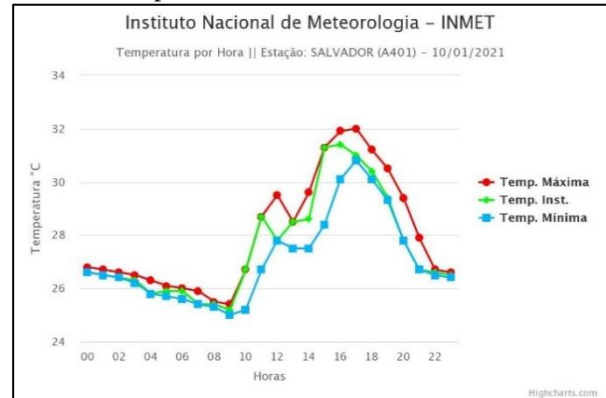


Gráfico 01: Análises da temperatura do ar para Salvador no dia 10.01.2020, do Instituto Nacional de Meteorologia – 4° DISME/Salvador, 2021.

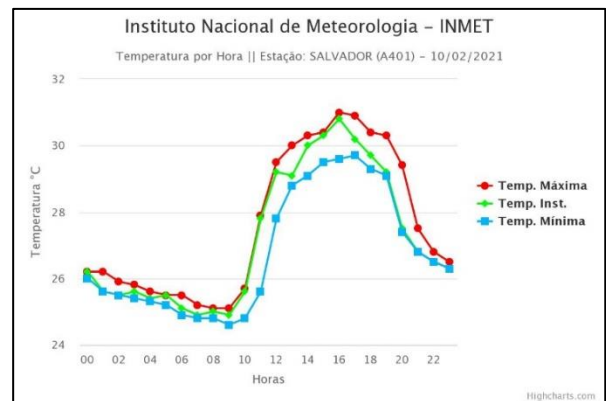


Gráfico 02: Análises da temperatura do ar para Salvador no dia 10.01.2021, do Instituto Nacional de Meteorologia – 4° DISME/Sal

Térmico Incômodo segundo método proposto por Garcia (1995). Este método constitui-se numa importante ferramenta para aplicação de políticas públicas destinadas ao conforto ambiental nos centros urbanos. Os efeitos do aquecimento no clima local interferem diretamente para saúde das pessoas com impactos negativos na pressão arterial via desidratação, para os portadores de doenças crônicas como a diabetes e problemas respiratórios, doenças da circulação. Neste sentido, saúde da população urbana detém forte correlação com as condições ambientais na cidade. As temperaturas elevadas no final da manhã, transcorrer da tarde e início da noite condicionam o reflexo da ausência de planejamento ambiental urbano como foco de políticas públicas. Neste contexto ambiental adverso os centros urbanos aquecem-se cada vez mais produzindo ilhas de calor com efeitos deletérios a saúde pública.

Tabela 4: Classificação do Índice de Desconforto, segundo García (1995).

TTE	Sensação Térmica	Conforto	Resposta Física
40°C	Muito quente	Muito incômodo	Problemas de regulação Aumento da tensão por transpiração e aumento fluxo sanguíneo
35°C	Quente		Aumento da tensão por transpiração e aumento fluxo sanguíneo
30°C	Temperado		Regulação normal por transpiração e troca vascular
25°C	Neutro	Cômodo	Regulação vascular
20°C	Ligeiramente fresco	Ligeiramente confortável	Aumento as perdas por calor seco
15°C	Frio	Incômodo	Vasoconstrição nas mãos e nos pés
10°C	Muito frio		Estremecimento

Fonte - García (1995) apud Gomes e Amorim (2003).

Conclusões

Ao longo desta pesquisa foram coletados dados de temperatura do solo em áreas e matérias diferentes, além de ter sido realizado análise de literaturas que abordassem a temática da ilha de calor. Analisou-se os usos do solo e as construções civis, assim como a arquitetura aglomerada das residências. Características urbanas cruciais para a formação dos microclimas urbanos.

O objetivo desta pesquisa foi analisar como ilhas de calor interferiram diretamente para o conforto térmico. Desta forma o conforto térmico está ligado a variável de percepção individual de cada pessoa a partir de pontos como: vestimentas massa corporal e entre outros, cada pessoa tem sensações diferenciadas, (Estevam e Neri, 2019).

O bairro do Pernambués na cidade de Salvador é caracterizado como um miolo urbano de grande adensamento, pós sua formação não houve um planejamento ou quais quer incentivo para tal. A formação e disposição em que as casas se encontra são propícias para que haja as ilhas de calor de forma intensa.

Entretanto o bairro do Cabula por sua formação ainda apresentar áreas verdes naturais

tende a sofrer de forma amena o fenômeno das ilhas de calor. Salientando que para esta pesquisa este bairro foi o rural de referência para comparação do conforto térmico. Vale salientar que o bairro Cabula também apresenta boa parte de suas moradias localizadas ao longo de encostas que recebem forte influência de ventilação.

Para a análise de forma geral da formação das ilhas de calor são necessárias áreas de comparação, áreas estas que apresentam formação natural e não haja o uso do solo por parte humana, o solo tem de apresentar espaços de arborização contendo ou não áreas de lago ou riachos que também são necessários para a mitigação do fenômeno, o solo coberto por gramíneas e circulação de vento.

A circulação dos ventos entre as casas é necessária para a mitigação do aumento da temperatura. Este fator interfere de maneira positiva para o conforto térmico, a circulação dos ventos entre as casas é necessária para conforto, entretanto bairros de miolos adensados com Pernambués, os quais sofrem o impacto dos efeitos de cânion urbano devido à sua constituição geomorfológica e os arruamentos estreitos que dificultam o acesso da ventilação ao interior do

bairro contribuindo para elevação da temperatura das superfícies e do ar atmosférico.

As particularidades ambientais dos bairros também são fatores importantes para a formação do microclima das ilhas de calor, se faz necessárias medidas de planejamento urbano para as áreas de miolos adensados já que nessas áreas o aumento da temperatura é maior que em seu redor, novas mudanças na arquitetura, com as implantações de jardins verticais para ocupar laterais ou topos de prédios e casas, assim como as trocas de materiais escuros por claros que retém menos calor atenuariam substancialmente o efeito das ilhas de calor.

A implantação de arborização e gramíneas também fazem com que haja uma menor retenção da radiação solar no solo e assim as temperaturas tornam-se amenas dando um maior conforto para as pessoas. As temperaturas amenas vão para além de um conforto térmico elas trazem efeitos benéficos para as pessoas com doenças crônicas como os cardiopatas, os asmáticos, diabéticos, aqueles com pressão arterial alta, alergias crônicas e obesos.

Portanto, para que haja a atenuação da crescente elevação da temperatura do ar e das superfícies. Se faz necessário produzir políticas públicas que destaquem um novo planejamento da arquitetura urbana dos bairros. Neste contexto, maior destaque seria dado a relevância do recobrimento vegetal através da rearborização e troca de matérias de cores escuras para claras com menor grau de absorção de calor.

O replanejamento é necessário para a obtenção de um melhor conforto térmico, pois este é ligado diretamente ao bem-estar humano que se repercute diretamente na saúde das comunidades que residem ao longo das áreas de maior intensidade das ilhas de calor. A implantação de ilhas de frescor nos miolos urbanos agiria com um oásis ao inverso, trazendo à essas áreas uma melhor sensação térmica e tornando-se benéfica para a saúde da população além de se tornar uma área de lazer para a população.

Agradecimentos

A FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa de iniciação científica para realização da pesquisa.

Referências

Alcoforado, M. J.; Nunes, M. F.; García, R. 1999. A percepção da relação clima-saúde pública em

Lisboa no século XIX através da obra de Marino. Revista Portuguesa de Saúde Pública. ISSN 0870-9025. Volume temático, Nº 1, p. 5-14.

Amorim, M.C.C.T. 2009. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Amorim, M. C. C. T. 2010 Climatologia e gestão do espaço urbano. Mercator (Fortaleza. Online). v.9, p.71 - 90.

Bezerra, S. G. L.; Saraiva, C. B. L. A.; Grigio, M. A.; Araujo, M. A. 2021 Índice de calor humano em áreas de convivência urbana na cidade de Mossoró/RN. In Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. SBCG. João Pessoa (PB). p. 316 -330.

Borges, S. L. R; Franco, B. G. (2021). Identificação do Uso do Solo dos Bairros Cabula, Resgate, Pernambués e Saramandaia (Salvador-BA) por Fotointerpretação. Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF). V. 14, n 5. p.2806 – 2818 .

Carvalho, Maria Eliza Cazzonato. 1982 As áreas verdes de Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

Dubreuil, V.; Quenol, H.; Sant'anna Neto, J.L. 2009. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes. Confins[Online],7, 2009, p. 1-16, 31out

Estevam, A. L. & Santos, R. M. dos. (2017). Sistema clima urbano e contribuições ao estudo das áreas de risco na cidade de Salvador. In. Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. [S. l.], p. 1-10.

Fialho, E. S. 2012. (org.). Concepções e Ensaios da Climatologia Geográfica. E-book, p. 83-114.

García, M. C. M. 1999. Climatologia Urbana. Barcelona: Universidade de Barcelona. (Textos Docentes, 160).

Gartland, L. 2010. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficinas de textos.

Gomes, Y. B.; Caracristi, I. 2019. Clima urbano e percepção térmica dos moradores das pequenas cidades do semiárido: uma análise da cidade de Forquilha (CE). Sobral, Revista Homem, Espaço e Tempo (RHET), v. 13 n. 2 p. 67-81,

Gomes, Y. B.; Caracristi, I. 2021. Aspectos socioambientais e (des) conforto térmico em pequenas cidades do semiárido do nordeste cearense. In Anais do XIV Simpósio Brasileiro

- de Climatologia Geográfica. SBCG. João Pessoa (PB). p. 196 -206.
- Gomes, M. A. S.; Amorim, M. C. C. T. 2003. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, 7, 94-106, set. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15319>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- Lucena, A. J. 2013. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor. *Revista Continentes (UFRRJ)*, ano 2, n.2, 32p.
- Monteiro, C. A. F. 1976. Teoria e clima urbano. São Paulo: IGEOG/USP, 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).
- Mendonça, F. 2000. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. In: Sant'Anna Neto, João Lima; Zavatini, João Afonso (org). *Variabilidade e Mudanças climáticas. Implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, pp. 167-192.
- Monteiro, C. A. F. 2001. Derivações antropogenéticas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. *RA´EGA*. Curitiba, nº 5. pp. 197-226.
- Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. 2003 (org.). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 1ª Edição, 2003, p. 121-153.
- Melo, R. R.; De Lira Filho, José Augusto; JÚNIOR, Francisco Rodolfo. 2019. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2, 64-80.
- Melo, B. M.; Dias, D. P. 2019. Microclima e conforto térmico de remanescentes florestais urbanos no município de Jataí – GO. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 14, p. 1-15.
- Moreira, A. B.; Anjos, R. S.; Zamparoni, C. A. G. P.; Nóbrega, R. S. 2021. Verticalização e o clima na orla marítima da cidade do Recife, PE. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. SBCG. João Pessoa (PB). p. 485 - 496.
- Nascimento, A. S.; Estevam, A. L. (2019). *Climatologia geográfica e impactos ambientais urbanos na cidade de Salvador*. Santo Antônio de Jesus: Lab. Cria e Conecta
- Neri D. S. B.; Estevam, A. L. D.; 2019 *Ilhas de calor e uso do solo urbano na cidade de Salvador*. In. *Climatologia Geográfica: impactos ambientais urbanos na cidade de Salvador*. Editora Cria & Conecta. Volume 1. Santo Antônio de Jesus (BA). p. 133 – 166.
- Oliveira, J. e Estevam (2019). *Ilhas de Calor no bairro de Cajazeiras: Estudo de caso na cidade de Salvador, Bahia-Brasil*. Santo Antônio de Jesus. v.3, n.2
- Oke, Timothy R. 1987. *Boundary Layer Climates*. London: Methuen & LTD. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, Second Editi on. 372p.
- Pascoalino, A.; Marandola, E. J. A 2021. Vulnerabilidade na Cidade e as Escalas do Clima Urbano: o Potencial das Unidades Climáticas para o Planejamento. *Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)*. 14, 2711 – 2760.
- Pinheiro, J. M. 2021. Evolução e desenvolvimento dos estudos e técnicas do clima. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. SBCG. João Pessoa (PB). p. 207 - 222.
- PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO – PDDU. Dispõe sobre as diretrizes básicas e específicas sobre a preservação e manutenção dos mananciais garantindo uma cidade sustentável. Disponível em: Acesso em: 05 abril de 2021.
- Silva, N. R. 2008. Avaliação do conforto térmico. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Santa Cecília, Santos.
- Silva, J. D. 2021. O fenômeno das ilhas de calor no bairro de Copacabana, RJ: processos e estratégias de mitigação. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. SBCG. João Pessoa (PB). p. 237- 250.
- Teixeira, F. E.; Almeida, A. H. 2021. Análise do desconforto térmico em escala horária na cidade de Campina Grande, Paraíba. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. SBCG. João Pessoa (PB). p. 346 - 359.
- INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2021). Conforto térmico humano. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acessado em 10 de jan. 2020.