

Identificação de ilhas de calor: proposta de criação de áreas verdes em média cidade do Sudeste Da Bahia**Heat island identification: proposal of green areas creation in regional city of Southeast Bahia, Brazil**

DOI:10.34117/bjdv6n10-667

Recebimento dos originais:01/10/2020

Aceitação para publicação:29/10/2020

Kaique Brito Silva

Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Endereço: Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16, Salobrinho, Ilhéus,
Bahia, Brasil. CEP: 45662-900
E-mail: kbrito96@hotmail.com

Pollyana Alves Dias Costas

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Docente titular do Departamento de Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Santa Cruz,
Brasil.
Endereço: Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16, Salobrinho, Ilhéus,
Bahia, Brasil. CEP: 45662-900
E-mail: pacosta@uesc.br

Giovanna Porto Santos

Doutora em Meio Ambiente
Docente em Ciências da Saúde pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
Endereço: Estrada Bem Querer Km-04 3293, 3391 Campus de Candeias, Vitória da Conquista -
BA. CEP: 45083-900
E-mail: giovannaportofm@gmail.com

Karine Orrico Góes

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Docente em Ciências da Saúde pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
Endereço: Estrada Bem Querer Km-04 3293, 3391 Campus de Candeias, Vitória da Conquista -
BA. CEP: 45083-900
E-mail: karineorrico@yahoo.com.br

RESUMO

Pontos de temperatura elevada em cidades emerge como mais um agravante da artificialização do espaço natural, e pesquisas tem sido realizadas no intuito de compreender os aspectos que contribuem para o aumento da temperatura urbana e seus efeitos. Desta forma, este estudo teve por objetivo identificar as ilhas de calor e propor locais para criação de áreas verdes na cidade de Itabuna, Bahia. O procedimento metodológico empregado revelaram variações de temperatura no perímetro urbano, com identificação de oito ilhas de calor, cujos locais são caracterizados pela maior concentração de área pavimentada e ausência de vegetação. Foram propostas 15 áreas verdes. Estes resultados poderão subsidiar o planejamento urbano, como suporte a tomada de decisões, na construção de estratégias no sentido de minimizar o desconforto térmico.

Palavras-chave: Temperatura elevada, clima urbano, áreas-verdes.

ABSTRACT

Locations with high temperature in cities emerges as another aggravating resulting of natural changes in natural space, and currently take scientists the world have directed efforts to understand the aspects that contribute to the increase in urban temperature and its effects. Thus, this study aimed to identify the heat islands and propose green areas in the urban area of the municipality of Itabuna, Brazil. The methodological procedure showed temperature variations within the city limits, with identification of eight heat islands, whose sites are characterized by the highest concentration of paved area and lack of vegetation. 15 green areas were proposed. These results may support the urban planning, to support decision making in building strategies to minimize the thermal discomfort.

Keywords: high temperature, urban climate, green areas.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 2 bilhões de pessoas residem em cidades que estão acima de 200.000 habitantes, definindo uma porcentagem de 30% da população total. Os sistemas urbanos, de forma geral, são retratados como espaço de análise para diversos estudos que relacionam o clima e sua influência em arranjos antrópicos. O ponto de partida para estudos dessa relação, é visualizar que os aglomerados urbanos, cujo afirma George (1982), é a “realidade cotidiana”. Contudo, como expõe Pimentel e Burgs (2015), a atual configuração de tais sistemas antrópicos remete a um reduto de problemas ambientais, considerando que o homem transforma paulatinamente a natureza original do espaço geográfico, promovendo traços antropizados que produzem mudanças no estado ambiental, desencadando inúmeros impactos sobre a qualidade de vida da população *in lócus*.

Os impactos da urbanização sobre a qualidade de ar é uma dos diversos temas apontados como centrais em estudos sobre o clima, e têm sido extensivamente trabalhado pela ciência climatológica nos últimos 20 anos, sobretudo em zonas industriais. Atualmente, a população dessas áreas está exposta aos índices de poluição do ar maiores do que o que recomendado pela Organização Mundial da Saúde - OMS, e a esta situação são atribuídas aproximadamente 400 mil mortes por ano (KOKEN et al., 2003; LAAIDI, 2012).

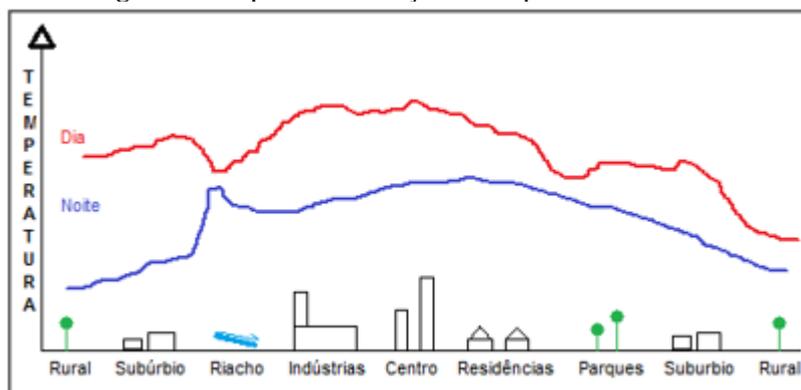
É comum a realização de convenções de órgãos estatais com foco em políticas públicas ambientais: desde o icônico encontro em Estocolmo no ano de 1972, atores governamentais tem se dedicado a elaboração de diagnósticos, como os atuais relatórios do IPCC sobre Mudanças Climáticas Mundiais, formando assim um banco de dados que envolvem estudos sobre alterações macro e microclimáticas em diversas regiões do planeta. A composição heterogênea da atmosfera

intra-urbana derivada de atividades poluentes emerge como potencial prejudicial à qualidade ambiental e saúde humana (KOKEN et al., 2003; SIERRA e TERAN, 2012).

A leitura da temperatura de superfície e do ar na faixa dos 2 metros acima do terreno tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos: Carnahan e Larson (1990), Katsouyanni (1993), Harvell (2002), Kuhn et al. (2002) e Garske et al. (2013) caracterizam as influências da temperatura elevada e a presença de poluentes como influência na perda de qualidade na saúde ambiental urbana; Koken et al., (2003) correlacionam a temperatura do ar nas cidades com fontes de poluição atmosférica; Laaidi, (2012) discute a poluição atmosférica urbana como sendo responsável pelo risco de morbidade. Contudo, o atual pivô das discussões sobre a elevação da temperatura em ambientes urbanos são os fenômenos conhecidos como ilhas de calor.

A definição de “ilha” surge no intuito de esclarecer a ocorrência de locais estritamente artificiais de temperatura elevada presentes numa paisagem natural de temperatura homogênea. A formação do calor é diretamente influenciada pela presença de diversos fatores, tais como, a verticalização, o albedo, a ausência de áreas verdes e a intensa circulação de veículos (SANTANA, 2014). A ocorrência de ilhas de calor se intensifica espacialmente nos centros dos grandes aglomerados urbanos, pois ali os materiais de baixa reflexão (albedo) se encontram em maior quantidade, e à medida que observamos locais mais afastados do centro, a tendência é de diminuição da temperatura (Figura 1).

Figura 1 – Esquema de variação de temperatura em cidades



Sabe-se também que atributos de escalas que diferem da paisagem urbana influenciam na formação e intensidade das ilhas de calor: a posição no globo terrestre, topografia, geomorfologia, condições meteorológicas do dia, a densidade populacional, umidade relativa do ar e fenômeno de continentalidade, compõem cenários que acentuam a temperatura elevada em cidades (CARNAHAM e LARSON, 1990; SANTANA, 2014). Dessa forma, diversas pesquisas não só

contemplam a temperatura de superfície, mas montam a sua questão central voltadas para análises da dinâmica de formação e consolidação das ilhas de calor. Nessa perspectiva, Lombardo (1985) e Barros e Lombardo (2016) estudaram o surgimento, flutuações e conseqüências de ilhas de calor no município de São Paulo; Kimura e Takashi (1991) estudaram os efeitos antropogênicos na formação de pontos quentes na cidade de Tóquio, no Japão; Nichol (1994) estudou o aumento de temperatura do microclima urbano em função do crescimento de infraestruturas viárias cidade de Singapura; Mihalakakou e Santamouris (2004), na Grécia, fizeram simulações de ocorrências de ilhas de calor em climas mediterrâneos; Van e Bao (2010) realizaram um prognóstico sobre a influência do desenvolvimento urbano no aumento elevação de temperaturas de superfície utilizando Sensoriamento Remoto na cidade de Ho Chi Minh, Vietnã; Sousa (2012) utilizou dados de temperatura terrestre para identificar ilhas de calor na cidade de Goiânia; por fim, Alves (2017) traz uma metodologia de modelagem de ilhas de calor em pequenas cidades.

Para detectar os *hotspots* de temperatura, historicamente o levantamento de dados é realizado através de instalações de estações meteorológicas. Entretanto, no início dos anos 2000, houve um aperfeiçoamento na prospecção de dados da paisagem atmosférica, com custos mais acessíveis comparados ao monitoramento *in locus*. Dessa forma, a detecção de ilhas de calor atualmente é possível através do Sensoriamento Remoto, resultante do lançamento de satélites orbitais onde encontram-se acoplados sensores termais responsáveis por absorver dados da superfície terrestre em infravermelho.

Consequente a obtenção das imagens termais, o passo a passo metodológico para analisar e representar as ilhas de calor é melhor executado através do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Nesse ambiente digital é possível visualizar, corrigir e recortar imagens termais georreferenciadas e sobrepor em áreas de estudos desejadas, originando representações espaciais (mapas e dendogramas) expondo locais com adensamentos de calor e frescor. O avanço nesse arranjo metodológico é notável em tomadas de decisão em órgãos públicos do Brasil, como seu emprego em atividades para o combate de focos e deslocamento de queimadas (BOSCHETTI; PADILLA, 2015).

1.1 MECANISMOS DE ESTUDO E MITIGAÇÃO DE ILHAS DE CALOR

A sobreposição de camadas de informações espaciais dentro de um SIG permite visualizar possíveis configurações urbanas que permita a mitigação de uma ilha de calor. Numa mesma paisagem digital, é possível conceber, por exemplo, como o arranjo das ruas, quarteirões e

construções favorecem ou não a implantação de estruturas como áreas verdes ou corpos d'água podem ser criados para diminuir o aumento de temperatura ao longo do dia.

É nessa concepção, que o mapeamento de áreas verdes (ou sua ausência) se apresenta como atividade ideal resolução de ocorrências de ilhas de calor em médias e grandes cidades. Essa afirmação é subentendida em diversos trabalhos que discutem a conceituação de áreas verdes: Cavalheiro et al (1992) expõe que as áreas verdes são espaços com vegetação que foram projetadas juntamente com os demais equipamentos urbanos. De forma geral são parques, jardins, alamedas, bosques, praças de esportes, balneários e margens de corpos d'água; Milano (1995) define que uma área verde como são quaisquer tipos de predominância arbórea natural, com desenvolvido porte de vegetação. Por fim, Guzzo (2006) categoriza que áreas verdes são onde há o predomínio de vegetação no meio urbano, sendo ideal sua presença conjunta com corpos d'água.

Os diversos benefícios socioambientais que uma área verde proporciona são a diminuição dos níveis de CO₂, diminuição dos níveis de albedo (reflexão das ondas curtas solares), contínuos processos de evapotranspiração, produção de sombras, estabilização dos valores de da umidade do ar, conforto térmico, fertilidade do solo, proteção contra erosão e assoreamento de rios urbanos e redução dos níveis de ruídos.

Concebendo a conceituação apresentada, a questão central dessa pesquisa foi mapear as ilhas de calor na cidade de Itabuna, região Nordeste do Brasil, e relacionar sua presença com a identificação de possíveis locais que podem se tonar áreas verdes na cidade. Itabuna é mais um reduto urbano caracterizado pelo desenvolvimento econômico crescente, o que faz com que os traços desse processo sejam traduzidos no surgimento de novos elementos urbanos (como processos de verticalização em zonas de valorização imobiliária) que favorecem o surgimento de ilhas de temperatura elevada (LAAIDI, 2012). O passo a passo metodológico consistiu na utilização de ferramentas de Geoprocessamento, fazendo dessa forma com que a ênfase em processos ambientais se consolide na Geografia Física atual, subsidiando políticas ambientais para tomada de decisão de órgãos gestores.

2 PASSO A PASSO METODOLÓGICO

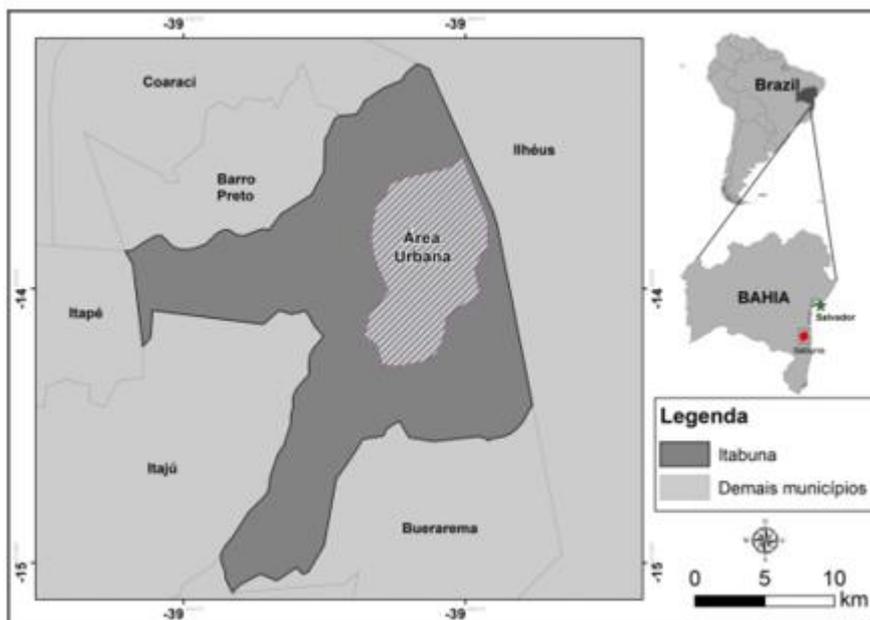
2.1 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Itabuna está localizada na região sudeste do Estado da Bahia, na região Nordeste do Brasil. A população citadina está atualmente com 223.000 habitantes (IBGE, 2010). Segundo Silva et al. (2015), observa-se uma densidade demográfica de 471 hab/km², o que a promove a 5ª cidade mais populosa da Bahia, com emancipação política no ano de 1910 (117 anos, Figura 2). O

centróide da área urbana tem coordenadas geográficas $14^{\circ}47'09''S$ e $39^{\circ}16'48''O$. O clima regional é definido, de acordo com a classificação de Köppen (1936), como Tropical de Floresta (Af), e Alvares et al. (2013) e Silva et al (2018) afirmam, para Itabuna, uma precipitação média anual histórica de 1.750 mm. O bioma nativo é a Mata Atlântica, com fitofisionomia caracterizada pela ocorrência de florestas ombrófilas. O predomínio de colinas, morrotes e morros configuram uma altitude média de 70 metros.

O contexto histórico cidade tornou-se importante para o estado da Bahia pela sua grande produção de cacau na primeira metade do século XX. Hoje tem sua economia pautada em indústria e comércio. Atualmente existem 85 bairros resultantes do processo geográfico conhecido como inchaço urbano. Em bairros de alto valor imobiliário, o fenômeno de verticalização (edificações) tem se intensificado desde a primeira década do presente século, promovendo uma paisagem estritamente artificializada. Em contrapartida, o número de áreas verdes efetivas (14 no total) ainda é relativamente baixo, resultando numa ocorrência de 0,17 por bairro

Figura 2 – Localização do município de Itabuna e sua área urbana



2.2 PROCESSAMENTO DE DADOS TERMAIS

A detecção da presença de ilhas de calor foi realizada através de dados do sensor termal dos satélites *Landsat* TM 5 e 8, respectivamente suas bandas 6 e 11, com escolha de horários diurnos do ponto 70 da órbitas 215 e 216. Foram utilizadas imagens 2013, 2014, 2016 e 2019 (Tabela 1). A imagem do sensor *Landsat* TM 5 estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais – INPE. Já as imagens Landsat 8 são disponibilizadas através do ambiente cartointerativo do Serviço Geológico Americano - USGS.

Tabela 1- Metadados das imagens de satélite

Orbitas		
Sensores	Datas	Horário
Landsat 5	28/06/2013	12:25
Landsat 8	21/04/2014	12/41
Landsat 8	24/04/2016	12:43
LandSat 8	01/01/2019	15:03

De acordo com as diretrizes para o uso de imagens *Lansat*, a banda termal tem somente a função de captar dados de temperatura de superfície, apresentando potencialidade para visualizar variações de temperatura em propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água. Cada pixel da banda termal apresenta cobertura espacial de 120 metros, com os valores em tons de cinza. Dessa forma a temperatura corresponde à superfície de determinado local sob órbita do satélite. O ganho no processamento dessas imagens para estudos ambientais é que as mesmas são automaticamente georreferenciadas.

2.3 GEOPROCESSAMENTO DOS DADOS

O passo seguinte a obtenção das imagens termais é a realização de correções atmosféricas, conversões dos valores dos pixels para unidades convencionais de temperatura e retirada de elementos da paisagem que podem descaracterizar a realidade do levantamento. De forma geral, esses atributos são elementos atmosféricos como nuvens, inclinações orbitais, raios de tempestades solares, sedimentos em suspensão e gases de combustões.

Já em ambiente digital, foram realizadas correções atmosféricas no SIG *IDRISI Taiga*. Com as imagens brutas importadas, foi executado o comando “Atmosc” (automaticamente corrige influências atmosféricas como gases, nuvens e luminosidade). Posteriormente, aplicou-se o comando “Thermal”, a qual converte os tons de cinza da imagem já corrigida para valores em radiância espectral ($L \lambda$).

No SIG ArcGis 10.3, as imagens com valores de radiância foram convertidas para imagens com temperatura em graus Kelvin, unidade de temperatura base na linguagem computacional. Essa conversão é possível a partir da Equação 1 desenvolvida por Markham e Barker (1986), e os valores de calibração das constantes (Tabela 2) da equação 1 estão indexados nos parâmetros da imagens TM (arquivo.txt da imagem):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(1 + \frac{K1}{L\lambda}\right)}$$

Eq. 1

Onde;

T = temperatura em Kelvin

K2 = Calibração constante x2 em Kelvin K1 = Calibração constante (Figura 1)

L = radiância espectral do sensor

Tabela 2 - Atributos de calibração das imagens

Constantes de Calibração TM Termal		
Unidades	W/(m ² .sr.µm)	Kelvin
Constante	K1	K2
Landsat5	671.62	1284.30
Landsat8	774.86	1321.08

Ainda no ArcGis, criou-se o comando “*tolls for Landsat image*” no intuito de equacionar as formulas de conversão definidas por Markham e Barker (1986) e exportar resultados com os valores em Celsius (°C), com a legenda final das imagens nessa mesma unidade. Para um eficaz processamento em termos de velocidade, foi realizada a extração dos dados da imagem somente para os limites área urbana de Itabuna (170 km²), já que a imagem bruta inicial cobre uma região de 1.000.000 de hectares. Essa extração de área foi realizada no comando *Tollbox “Spatial Analyst>Extract by mask”*. Por fim, para a composição dos *layouts* de representação foram adicionadas camadas dos arruamentos da cidade e as 14 áreas verdes efetivas da cidade, localizados e descritos e através da lista de praças públicas listadas pela secretaria de desenvolvimetro urbano da cidade (ITABUNA, 2000).

2.4 PROPOSTA DE MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR

Conforme apontando por Milano (1995), Cavalheiro *et al.* (1992), Guzzo (2006) e Silva (2016), a criação de áreas verdes é o mecanismo ideal para diminuição do efeito de elevação da temperatura: é uma alternativa que engloba baixo custo de implantação e resultados em curto-médio prazo, considerando o desenvolvimento das espécies arbóreas cultivadas nos canteiros. Além disso, as pesquisas de Burgess *et al.* (1988) e Carrus *et al.* (2004) descrevem a importância de áreas verdes para evitar a formação de novas ilhas de calor, sendo necessário perceber, sobretudo, fixos e fluxos geográficos que aponte um eventual crescimento de circulação de pessoas ou veículos.

Essa preocupação em relação à proximidade das áreas verdes com os pontos de adensamentos urbanos é trazida também por Vieira (2004). Categoricamente o autor elenca que o

sucesso de uma área arborizada é destacado quando a mesma executa quatro funções, as quais são:

[1] Função social - é a possibilidade de permitir práticas de relações humanas entre os indivíduos em sua proximidade, sem hierarquização. Geralmente deve ser um local para o lazer, práticas de atividades esportivas e outros entretenimentos. Cabe frisar nesse momento a importância das árvores no sentido de proporcionar um conforto térmico; [2] Função estética – Compor uma beleza cênica para a cidade. As espécies de árvores, os bosques e sua posição geográfica devem evidenciar sua imponência na paisagem, sobretudo espécies que possam florir em estações ao longo do ano; [3] Função Educativa - é a utilização das áreas verdes no intuito de promover conhecimento sobre a importância dos elementos naturais para a manutenção dos sistemas ambientais em todas as escalas geográficas. Atividades realizadas por escolas de educação infantil, como exemplo, são grupos contempladas nessa perspectiva; [4] Função ecológica - é o papel de uma área verde no suporte biótico da área em que está inserida. Dependendo de sua dimensão e posição dentro da cidade, sua presença favorece a circulação de espécies da fauna, sobretudo aves, e auxilia também na dispersão ecológica de espécies da flora.

Cabe frisar que eventualmente não seja viável a implementação de uma área verde, considerando que nem sempre é possível encontrar locais propícios a arborização sob as ilhas de calor. Entretanto, optando por locais distantes que podem desenvolver um auxílio de umidade na circulação atmosférica do microclima citadino, os mesmos podem amenizar o fenômeno - locais ideais descritos por Carrus, (2013). Dessa forma, utilizando a metodologia apresentada por Vieira (2004), optou-se no presente estudo, pelo mapeamento e escolha de largos, terrenos públicos, praças e parques abandonados e não arborizados relativamente próximos aos pontos de temperaturas elevadas. Nessa etapa do trabalho, realizou-se duas campanhas de campo no intuito de inventariar os locais para proposição de áreas verdes, utilizando equipamentos (1) GPS's *Garmim Oregon 650* com precisão geodésica de 2 metros, e (2) mapas com as ilhas de calor identificadas para reconhecimento de infraestrutura da área.

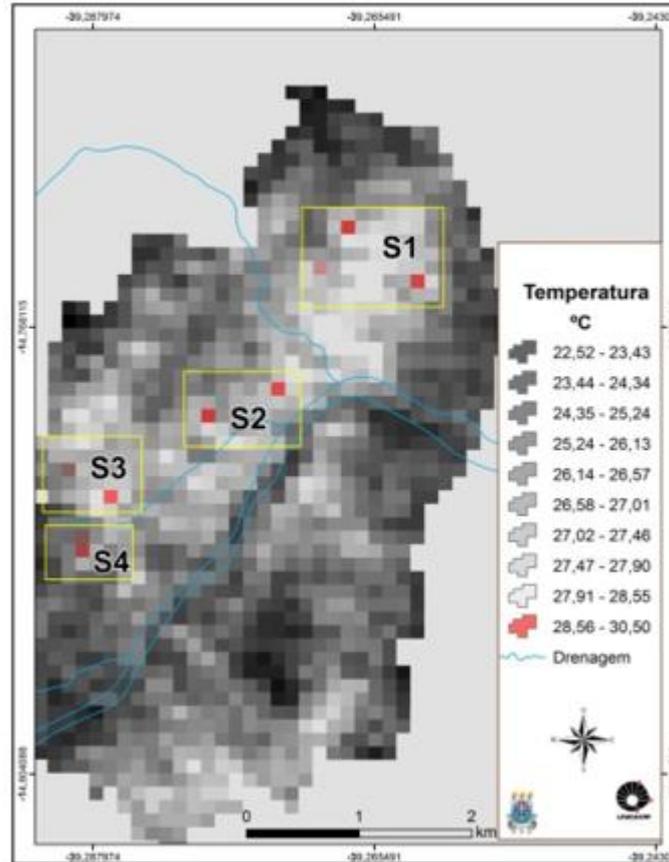
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS COM TEMPERATURA ELEVADA

Através da sobreposição final das imagens de 2011, 2013, 2014 e 2016 identificou-se oito ilhas de calor na cidade de Itabuna. A definição de “ilha” configura-se na existência de um ponto isolado de temperatura, cercado por uma paisagem homogênea, como observado na Figura 3. Mesmo sendo de diferentes períodos, as imagens apresentaram ilhas de calor em comum,

visualizados com maior nitidez nos setores “S1” e “S2”. Dessa forma, de início observa-se um padrão na variação de temperaturas em função da organização estrutural da cidade.

Figura 3 – Ilhas de calor urbanas em Itabuna.



Os pontos com ilhas de calor diferem da temperatura ambiental padrão, ambas representadas numa escala de cor de intensidade calórica, seguindo do preto até o vermelho, variando em graus Celsius (°C). Essa paisagem térmica de Itabuna está intimamente atrelada a configuração econômica da cidade, pois as ilhas de calor estão localizadas em centros comerciais e bairros com altos níveis de urbanização e densidade demográfica. Esse cenário é descrito nos também trabalhos de Cifuentes (2001) e Barczak e Duarte (2012), que alertam que o aumento dos níveis de antropização dos sistemas urbanos é o vetor inicial para os impactos negativos do microclima citadino. Ainda segundo os autores, quando os centros das cidades se encontram totalmente desprovidos de elementos que restabeçam a composição atmosférica natural, as ilhas de calor têm efeito inclusive na diminuição de circulação de ventos. Através disso, implantações de pavimentação asfáltica em 100 % das ruas centrais da Itabuna e presença de construções de coloração escura, absorvem todos os comprimentos de ondas do espectro eletromagnético (radiação solar) e também o infravermelho, que naturalmente é convertido e reproduzido na forma de calor sensível. De forma geral, as ilhas de calor

apresentaram ocorrências regionalizadas, e podem ser observados quatro agrupamentos em bairros com alto índice predial (construções), representados S1, S2, S3 e S4 (Figura 4).

Figura 4 – Paisagem dos agrupamentos identificados.



Fonte: Esri Imagery.

O agrupamento S1 ocorre na zona norte da cidade, especificamente nos bairros Fátima e Califórnia. São, respectivamente, os 3º e 4º bairros mais populosos do município. Nessa região da cidade, ocorre um condensado de habitações com ausência de áreas verdes efetivas. Além disso, a organização simétrica dos arruamentos lineares não contemplou construções de praças e/ou parques e não existem corpos hídricos perpassando o local. Isso explica a ocorrência de ilhas de calor na zona.

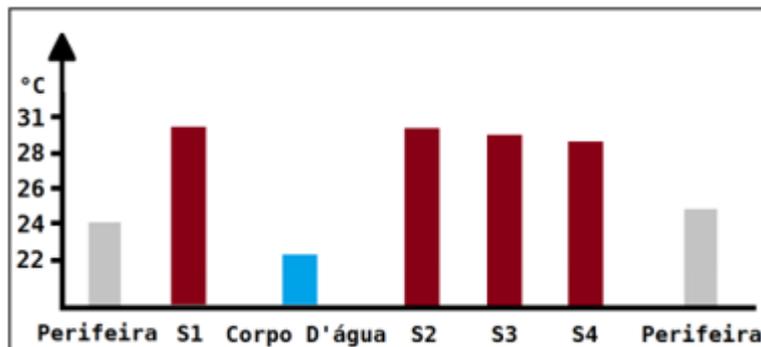
Já o agrupamento S2 é uma ocorrência sobreposta ao centro financeiro da cidade, nas avenidas do “Cinquentenário” e “Amélia Amado”. O fenômeno de verticalização do espacial é presente nessa área, sendo um dos fatores que desencadeia uma configuração retrata como “cânions urbanos” (KIMURI e TAKASHI, 1991). Nesse tipo de formação caracterizado por grandes edificações, a circulação do ar é baixa e a dispersão de poluentes atmosféricos (em destaque o CO₂) resultante da grande circulação veicular ocorre lentamente. O único corpo hídrico que perpassa o setor é um canal de drenagem canalizado. Nesse mesmo cenário, o aquecimento da superfície devido ao asfalto e o albedo (refração de raios solares em construções de coloração clara) definem a ocorrência de ilhas de calor na zona. Considerando que o tráfego de pessoas também é grande nessa área, subentende-se um apelo para inferências acerca de calor e saúde populacional.

Nos agrupamentos S3 e S4 (respectivamente os bairros Centro Comercial e Santo Antônio) as principais matrizes da paisagem são áreas abertas utilizadas como estacionamentos ou pátios rodoviários. Encontram-se também extensas coberturas de prédios comerciais em amianto e

alumínio, que retém calor em sua estrutura ao longo das horas de ensolação. Nesse momento vale explicar que as formas de relevo do município influenciam diretamente na concentração de calor latente devido à redução da circulação de ar por se tratar de uma cidade estabelecida no fundo de um vale fluvial, do rio Cachoeira. A circulação de ventos comparada com a cidade vizinha Ilhéus (20 km) é 45% menor (Silva et al. 2015). A amplitude altimétrica entre o centro da cidade (região mais baixa da cidade) e os bairros periféricos mais altos chega a 87 m. Como nos outros pontos em estudo, a ausência total de vegetação e corpos hídricos influenciam de forma acelerada na formação de pontos quentes de temperatura.

O traçado de perfil linear entre os setores 1 (S1) e 4 (S4) permite visualizar o aumento gradativo da temperatura conforme a infraestrutura do centro da cidade é mais frequente (Figura 5). Nas quadras periféricas da cidade, ainda existem diversos lotes e bairros com um índice predial relativamente baixo comparado aos quarteirões centrais. Esses espaços desabitados são geralmente terrenos baldios, percebidos pelos sensores termais como locais de temperaturas mais amenas. No caso de Itabuna, a periferia em sua maior parte está sobre morrotes e colinas que definem o vale do Rio Cachoeira, sendo esse mais um fator para clima arrefecido.

Figura 5 – Perfil longitudinal de temperatura traçado entres os setores 1 e 4.



Entre os setores S1 e S2 existe uma área que margeia o riacho Macuco (Figura 5). Nesse trecho, o gráfico revela uma temperatura mais amena quando comparada aos setores limítrofes. Sabe-se que os corpos d'água desempenham um papel importante na mitigação da formação de "hotspots" no clima intraurbano devido à evaporação, processo em que as moléculas de vapor d'água absorvem o calor latente atmosférico (Carrus et al, 2004). No S2 a temperatura volta a apresentar picos de aquecimento. Entre o S2 e S3, o sensor termal registrou novamente temperaturas mais amenas. Trata-se de uma área abandonada com um grande descampado. Ao redor, apenas residências tipicamente distritais, sem aglomeração de edifícios. Outro fator importante é presença de arruamentos sem asfalto, concentrando assim menos calor. No S3 e S4 tem-se novamente o

agudizamento de temperaturas, e sem seguida observa-se uma queda abrupta sentido a periferia da zona oeste da cidade, de característica já apresentadas.

3.2 NOVAS ÁREAS VERDES

Como exposto, existem atualmente 14 áreas verdes em Itabuna, enquadradas nas definições de Cavalheiro (1992), Milano (1995) e Guzzo (2006) (Figura 6). Restringem-se a praças de bairros e alguns bosques no centro da cidade, como por exemplo, o Largo da Beira Rio, Jardim do Ó e as Praças Olinto Leone e Camacan. Historicamente, tais pontos sempre foram retratados como locais de vivência, lazer e eventual beleza cênica; todavia, não configuram-se como áreas concebidas no intuito de amenizar efeitos de perturbação urbana, mas que de certa forma contribuem para tal.

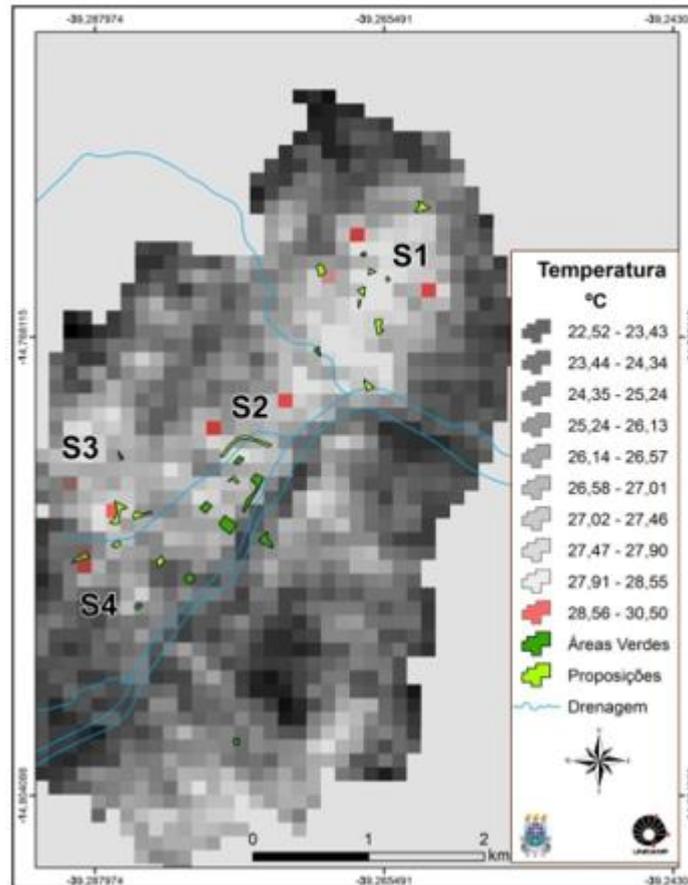
Através do mapeamento das áreas enquadradas como disponíveis para efetivação de áreas verdes, contemplando as funções sociais, estética, educativa e ecológica, foram inventariados 15 locais com possibilidade de implantação de obras de arborização, seguindo o passo a passo metodológico. Destaca-se também a prioridade de identificar locais relativamente próximos as ocorrências das às ilhas de calor observadas. Entretanto, em alguns momentos essa proximidade foi comprometida devido a ausência de largos com potencial para áreas verdes, ou, como no agrupamento S2, dispor apenas de um largo, e ainda relativamente distante dos pontos quentes. Dessa forma, buscou-se prospectar e propor criação de áreas verdes em locais limítrofes no sentido de contemplar a elevada densidade demográfica, a presença de instituições de ensino e eventuais ganhos paisagísticos com sua efetivação.

A zona S1 apresentou quatro áreas com potencial para criação de áreas verdes, especificamente no entorno do centróide do retângulo (Figura 6). Mesmo não havendo uma proximidade espacial de tais áreas com os pontos quentes, quando criadas, essas zonas podem diminuir as ilhas de calor considerando uma microcirculação atmosférica auxiliada pelo riacho próximo, frisando que evaporação e evapotranspiração são processos mitigadores. A zona S2 apresentou apenas uma área com potencial a criação de uma nova área verde, um largo seguindo uma das principais avenidas da cidade, a Amélia Amado. Apresentou-se como satisfatório o local proposto visando a função social e ecológica apresentadas por Vieira (2004)

Nas zonas S3 e S4 observou-se uma otimização no processo de identificação de áreas em potencial, devido à presença desses espaços em locais de exata sobreposição de ocorrências de ilhas de calor. A configuração desses setores é considerada um resultado satisfatório na implantação do método, já que também visualiza-se a função social (alta circulação de pessoas) função ecológica

(veículos e poluentes) e por se tratar da principal entrada da cidade, terá função estética numa possível criação.

Figura 6 – Áreas verdes existentes e propostas de novas áreas verdes.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento das oito ilhas de calor da cidade de Itabuna empregando técnicas de SIG apresentou resultados totalmente condizentes com as características ambientais dos pontos, conforme constatado em campo. Numa outra perspectiva metodológica, pode-se afirmar que as ilhas consolidaram a ocorrência de temperaturas elevadas nessas áreas, geralmente percebidas pela população, mas discutida de forma empírica.

A leitura de ambientes a partir do perfil de temperatura entre os setores, fica evidente que quanto maior as características urbanas, maior a probabilidade de ocorrências de temperatura elevada. Em conformidade com os trabalhos citados ao longo do texto, relacionando-os com resultados apresentados, pode-se afirmar que as diversas ocorrências de ilhas de calor urbanas estão intrinsecamente atreladas sobretudo a zonas com ausência de quaisquer elementos naturais que restabeleçam um microclima local, ainda que seja no centro da cidade.

No que concerne a criação de áreas verdes, os locais propostos se encontram, de forma geral, relativamente próximos as ilhas de calor identificadas, podendo auxiliar no efeito de diminuição de temperaturas elevadas. Salientado que, mesmo no setor S2, onde o local proposto manifestou-se distante, sua implementação é eficaz no sentido de contruir para a microcirculação atmosférica.

O método apresentado, que utiliza ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto e práticas de campo, apresentaram eficácia e simplicidade de operação na identificação de ilhas de calor urbanas, e pode ser empregado em qualquer cidade que apresente características para formação de pontos de temperaturas elevadas. Esse trabalho disponibiliza estrutura de pesquisa que, se aproveitadas por diversos órgãos gerem os espaços urbanos, amenizariam problemas de desconforto térmico que resultam em outros agravantes, como o impacto na saúde populacional para residentes e trabalhadores (como no caso da ilha de calor sobreposta a pátios comerciais) e saúde ambiental de forma geral.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratórios de Climatologia da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e Estudos Climáticos (UNICAMP) pela disponibilidade de infraestrutura, financeira, operacional e pessoal para execução da Tese de Doutorado do autor. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A STAPE, J.L SENTELHAS, P.C. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.
- ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 20, p. 97-107, 2017.
- BARCZAK, R. DUARTE, F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, n.1, p. 13-32, 2012.
- BARROS, H. R. LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.
- BOSCHETTI, L. Modis– Landsat fusion for large area 30 m burned area mapping. **Remote Sensing of Environment**. Vol. 1, 33-47, 2015.
- BURGESS, J. HARRISON, C. M. LIMB, M. People, Parks and the Urban Green: a study of popular meanings and values for open spaces in the city. **Urban Studies**, 25, 455–473, 1988.

CARNAHAN, W. H. LARSON, R. C. An analysis of an Urban Heat Sink. **Remote Sensing of Environment**. v. 33(1), p. 65-71, 1990.

CARRUS, G. PASSAFARO, P. BONNES, M. Ambientalismo, Etnocentrismo e Dautoritarismo: uma escala di atteggiamento verso il verde urbano. **Bollettino di Psicologia Applicata**, 242, p. 3–12, 2004.

CARRUS, G. Relations between naturalness and perceived restorativeness of different urban green spaces las relaciones entre la naturalidad y el potencial restaurador percibido de diferentes zonas verdes urbanas. **Psycology**, vol. 4, p. 227–244, 2013.

CAVALHEIRO, F. DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: **Anais...** 1º Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana e 4º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Vitória, ES. p. 29-38, 1992.

CIFUENTES, L. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, Mexico city, and New York City. **Environmental Health Perspectives**, v.109, 2001.

DOCKERY, D. W. Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. **Environmental Health Perspectives**, v.109 sup 4, 2001.

GARSKE, T. FERGUSON, N. GHANI, A. Estimating air temperature and its influence on malaria transmission Across Africa. **Plosone**, vol. 8, p. 64-87. 2013.

GEORGE, P. **Geografia Urbana**. São Paulo: Difel, 1983. (tradução do grupo de estudos franceses de interpretação e tradução).

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, v.8, n. 1, p. 49-61, 1999.

GUZZO, P. 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**, v.1, p.1-15, 2006.

HARVELL, C. Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. **Science**, vol. 5576, p. 2158–2162, 2002.

ITABUNA. **Lei nº. 1324**. Normas e Diretrizes do Desenvolvimento Urbano do Município de Itabuna. Itabuna: Jornal Oficial, 20 Dez. p. 1 – 8, 2000.

KATSOUYANNI, K. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. **Archives of Environmental Health: an International Journal**, 48(4), 235–242, 1993.

KIMURA, F. TAKAHASHI, S. The Effects os Land-Use and Anthropogenic Heating on the Surface Temperature in the Tokyo Metropolitan Area: A Numerical Experiment. **Atmospheric Environment**, v. 25B, p. 155-164, 1991.

KOKEN, P. PIVER, W. YE, F. ELIXHAUSER, A. OLSEN, L. PORTIER, C. Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver. **Environmental Health Perspectives**, vol. 111(10), p. 1312–1317, 2003.

KOPPEN, W. das **Geographisca system der klimате**, in: handbuch der klimatologie. Editado por: Koppen, W. and Geiger, G. p.1 – 44, 1936.

- KUHN, K.. CAMPBELL, D. DAVIES, C. A continental risk map for malaria mosquito (diptera: culicidae) vectors in Europe. **Journal of Medical Entomology**, 39(4), 621–630, 2002.
- LAAIDI, K. The impact of heat islands on mortality in Paris during the august 2003 heat wave. **Environmental health perspectives**, vol. 120(2), p. 254–259, 2012.
- LOBODA, C. R. ANGELIS, B. L. D. Áreas públicas urbanas: conceito, uso e funções. **Ambiência**, v.1 n.1, p. 125-139, 2005.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo – São Paulo: São Paulo, Hucitec**, 100 p. 1985.
- MARKHAM, B. L. BARKERJ. L. “Landsat mss and tm post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures”. **Earth Observation Satellite**. Landsat Tech. Unites States. 1986.
- MILANO, M. S. **Arborização urbana**. in: Universidade Livre do meio Ambiente. Curso Sobre Arborização Urbana. Curitiba. 1995.
- MIHALAKAKOU, G. SANTAMOURI, M. Simulation of the Urban Heat Island Phenomenon in Mediterranean Climates. **Pure and Applied Geophysics**, v.161, p. 429–451, 2004.
- NICHOL, J. E. A GIS - Based Approach to Microclimate Monitoring in Singapore’s High-Rise Housing Estates. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.60, n. 10, p. 1225-1232, 1994.
- PADILLA, M. Comparing the accuracies of remote sensing global burned area products using stratified random sampling and estimation. **Remote Sensing of Environment**, vol.01, p. 46 – 67, 2015.
- PIMENTEL, D. BURGESS, M. World Human Population Problems. In: Reference Module. **Earth Systems and Environmental Sciences**, vol. 12, p.122-142, 2015.
- SANTANA, N. C. Investigação de ilhas de calor em Brasília: análise multitemporal com enfoque na cobertura do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, p. 1044-1054, 2014.
- SIERRA, M. P. V. TERAN, L. M. Invited Reviews series: air pollution and lung health. **Respirology**. v.17. p. 1031-1038, 2012.
- Silva, K.B Amorim, R.R Rego. N.A.C.A Representação Dos Geossistemas Com Ênfase No Estudo Dos Recursos Hídricos Na Bacia Hidrográfica Do Rio Cachoeira, Brasil. **Caminhos de Geografia**, 19 (67), 54-67, 2018
- <https://doi.org/10.14393/Hygeia196704>
- SILVA, K. B. REGO, N. A. C. SANTOS, J. W. B. COSTA, P. A. D. Identification of urban heat islands as a subsidy for creation of green areas. *Gaia Scientia*, v. 10, p. 209-222, 2016. <http://dx.doi.org/10.21707/gv10.n04a17>
- SOUSA, S. B. **Temperatura Superficial: Procedimentos e técnicas utilizadas para processar e gerar dados de temperatura superficial terrestre (°C) para o município de Goiânia-GO**. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Texto Explicativo. 2012.
- VAN, T. T. BAO, H. D. X. Study of the Impact of Urban Development on Surface Temperature Using Remote Sensing in Ho Chi Minh City, Northern Vietnam. **Geographical Research**. v.48 (1). p. 86-96, 2010.

VIEIRA, P. B. H. Uma visão geográfica das áreas verdes de Florianópolis, SC: estudo de caso do Parque Ecológico do Córrego Grande (PECG). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2004.