



HAL
open science

A SAZONALIDADE PAISAGÍSTICA E DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR DE SUPERFÍCIE EM SINOP/MT

Luís Araújo, Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent
Dubreuil

► **To cite this version:**

Luís Araújo, Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent Dubreuil. A SAZONALIDADE PAISAGÍSTICA E DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR DE SUPERFÍCIE EM SINOP/MT. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, Aug 2021, João Pessoa, Brazil. pp.526-544. halshs-03616605

HAL Id: halshs-03616605

<https://shs.hal.science/halshs-03616605v1>

Submitted on 30 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANAIS DO XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA TRABALHOS DO EIXO 1: CLIMATOLOGIA URBANA



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A SAZONALIDADE PAISAGÍSTICA E DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR DE SUPERFÍCIE EM SINOP/MT¹

LUIS FLÁVIO DE ARAÚJO²
MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM³
VINCENT DUBREUIL⁴

RESUMO

A materialização das relações sociais possibilita a alteração de elementos naturais e das propriedades paisagísticas, mesmo que temporária. Essa alteração permite a gênese de fenômenos como a ilha de calor urbano de superfície, que pode ser mensurada por meio de técnicas de sensoriamento remoto e correlacionada com as propriedades paisagísticas do local, condições climáticas regionais e sazonalidade de certas atividades socioeconômicas. O presente trabalho tem por objetivo analisar as relações entre as intensidades das ilhas de calor superficiais, as características da cobertura vegetal e as propriedades paisagísticas sazonais para a cidade de Sinop/MT, em dois episódios representativos das características climáticas locais e das atividades socioeconômicas desenvolvidas na região (19/01/2018 e 07/09/2018). Para isso foram utilizadas as imagens de satélite e visitas *in loco*, para a classificação da paisagem. De maneira geral, os resultados encontrados apontam a sazonalidade da espacialização da ilha de calor superficial, mediante as condições atmosféricas regionais e a utilização do entorno rural.

Palavras-chaves: Ilha de calor de superfície; NDVI; Sinop (MT).

ABSTRACT

The materialization of social relations enables the alteration of natural elements and landscape properties, even if they are temporary. This alteration allows the genesis of phenomena such as the surface urban heat island, which can be measured through remote sensing techniques and correlated with the local landscape properties, regional climatic conditions and seasonality of certain socioeconomic activities. This paper aims at analyzing the relations among the intensity of superficial heat islands, the characteristics of the vegetal cover and the seasonal landscape properties in the city of Sinop/MT, in two representative episodes of local climatic characteristics and the socioeconomic activities developed in the area (19/01 and 07/09/2018). In order to classify the landscape, satellite images were used, as well as *in loco* visits. Overall, the found results point to the seasonality of spatialization of the superficial heat island in face of regional atmospheric conditions and the use of the rural surround.

Keywords: Surface urban heat island; NDVI; Sinop (MT).

¹ Este trabalho apresenta resultados parciais da dissertação intitulada "Ilhas de calor em Sinop – MT: análise das características térmicas em conjunto com os aspectos socioeconômicos e ambientais".

² Pós-graduando em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, lf.araujo@unesp.br.

³ Profa. Dra. do Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista - Campus de Presidente Prudente, margarete.amorim@unesp.br

⁴ Prof. Dr. da Université Rennes 2 - França, vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

As relações sociais ao se materializarem no espaço por meio das formas, sobretudo as urbanas, tendem a alterar as propriedades ambientais e conseqüentemente a paisagem. Entende-se por paisagem o “conjunto de formas que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza” (SANTOS, 2002, p. 103), que apresentam dinamicidade, geridas por lógicas, práticas e apreendidas de acordo com a vivência de seu observador.

As alterações mencionadas podem ser sazonais ou permanentes, e deixam marcas no sistema ambiental que se reorganiza e manifesta novos fenômenos. No âmbito das cidades, a substituição da vegetação, a inserção de novos materiais, e a nova rugosidade, possibilitam a configuração de fenômenos como a ilha de calor, em que a temperatura das áreas urbanas se apresentam mais aquecidas do que o entorno rural, mediante a relação dos novos elementos superficiais com os elementos climáticos (MONTEIRO, 1975; OKE, 1987; AMORIM, 2020).

A manifestação, na temperatura do ar, das mudanças de fluxos e características superficiais podem ser analisadas em distintas escalas espaciais e temporais. Os estudos de Dubreuil et al. (2003) e Dubreuil, Delahaye e Le Strat (2010), ilustram o fato mencionado, ao analisarem o campo térmico de Sinop em anos distintos – com fases de consolidação urbana diferentes – e em horários diferentes, mas, constatando diferenças térmicas noturnas entre o espaço urbano de rural entre 3 °C e 6 °C, em episódios de inverno.

Nos espaços rurais, a sazonalidade dos cultivos, sobretudo na produção de *commodities*, não só modificam as propriedades paisagísticas do local, mas também alteram – temporariamente – os mecanismos que outrora vigoravam, permitindo a observação da reorganização de fluxos, como o energético e a temperatura de superfície.

Como apontado por Jensen (2009), todo objeto com temperatura acima de zero grau absoluto (0K) emite energia eletromagnética no infravermelho termal que pode ser mensurada por sensores instalados em satélites. Logo, as alterações nos espaços rurais e urbanos, podem ser aferidas pela temperatura da superfície, por meio de análises como a identificação da *surface urban heat island* – ilha de calor de superfície urbana (OKE, 1995). Esse fenômeno ocorre devido às diferenças da temperatura da superfície urbana e do solo rural, originada



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pelos propriedades de absorção e emissão de energia dos materiais, e elementos que compõem estas áreas.

Diversos estudos já discorreram sobre este tema, tais como, Amorim et al. (2009), Ugeda Júnior (2011), Rampazzo (2015), Porangaba e Amorim (2019), dentre outros. Os referidos estudos apontaram as relações das características superficiais de diferentes cidades com a distribuição da temperatura de superfície e as intensidades das ilhas de calor, bem como o papel fundamental da vegetação como ferramenta para atenuar esse fenômeno.

O presente trabalho tem por objetivo analisar as relações entre as intensidades das ilhas de calor superficiais, as características da cobertura vegetal e as propriedades paisagísticas sazonais para a cidade de Sinop/MT, em dois episódios representativos das características climáticas locais e das atividades socioeconômicas desenvolvidas na região (19/01 e 07/09/2018).

1.1 Área de estudo

A cidade de Sinop, está localizada na porção norte de Mato Grosso (Figura 1) sobre a unidade geomorfológica do Planalto dos Parecis, caracterizada pela altimetria homogênea e consideráveis redes de drenagem (BRASIL, 1980). No âmbito climático, que rege atividades importantes – como o calendário agrícola – a área se caracteriza pelo tipo climático Aw, sendo quente com chuva de verão e estação seca no inverno, com máximo de precipitação entre janeiro e fevereiro (DUBREUIL et al., 2018).

A implantação e consolidação de seu núcleo urbano, remonta aos projetos estatais de “ocupação” e integração da Amazônia junto à economia nacional, dentro do Programa de Integração Nacional – PIN, criado na década de 1970, que viabilizou a infraestrutura (por meio da construção da BR – 163) e facilitou a distribuição de terras ao longo das rodovias federais; e do PRODETERRA – Programa de Distribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste. Tais programas viabilizaram os projetos de colonização particulares, no norte e leste de Mato Grosso, bem como forneceram as bases para a consolidação do agronegócio.

A implementação gradual do plano urbanístico, idealizado pela colonizadora SINOP (Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná), iniciou-se na instalação funcional de suas quadras, isto é, na separação das áreas de acordo com a sua função (residencial, comercial,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

industrial, serviços comuns), bem como na orientação da alocação dos compradores que chegavam, objetivando acelerar a consolidação da cidade e evitar a ocupação ilegal dos lotes. Tais movimentos possibilitaram uma acelerada reocupação do espaço, com a característica de privilegiar as habitações, pastagens e campos cultivados em detrimento da vegetação arbórea inicial, como apontado por Clairay e Dubreuil (2002) e Dubreuil et al. (2003), que aliados a introdução e direcionamento nacional para a produção e comercialização de *commodities*, como a soja, a partir de 1988, possibilitou a consolidação de Sinop e as distintas formas e características construtivas/paisagísticas que a compõem.

A Figura 1, destaca pontualmente a predominância de cinco classes de propriedades construtivas e paisagísticas de Sinop e os principais eixos de expansão urbana associados aos novos agentes produtores do espaço urbano, por meio de empreendimentos como loteamentos/residenciais abertos/fechados de alto/baixo padrão. O Quadro 1 detalha as características das propriedades construtivas/paisagísticas de Sinop, por meio da descrição da forma, função e localização de cada classe, e a sua representação visual aérea.

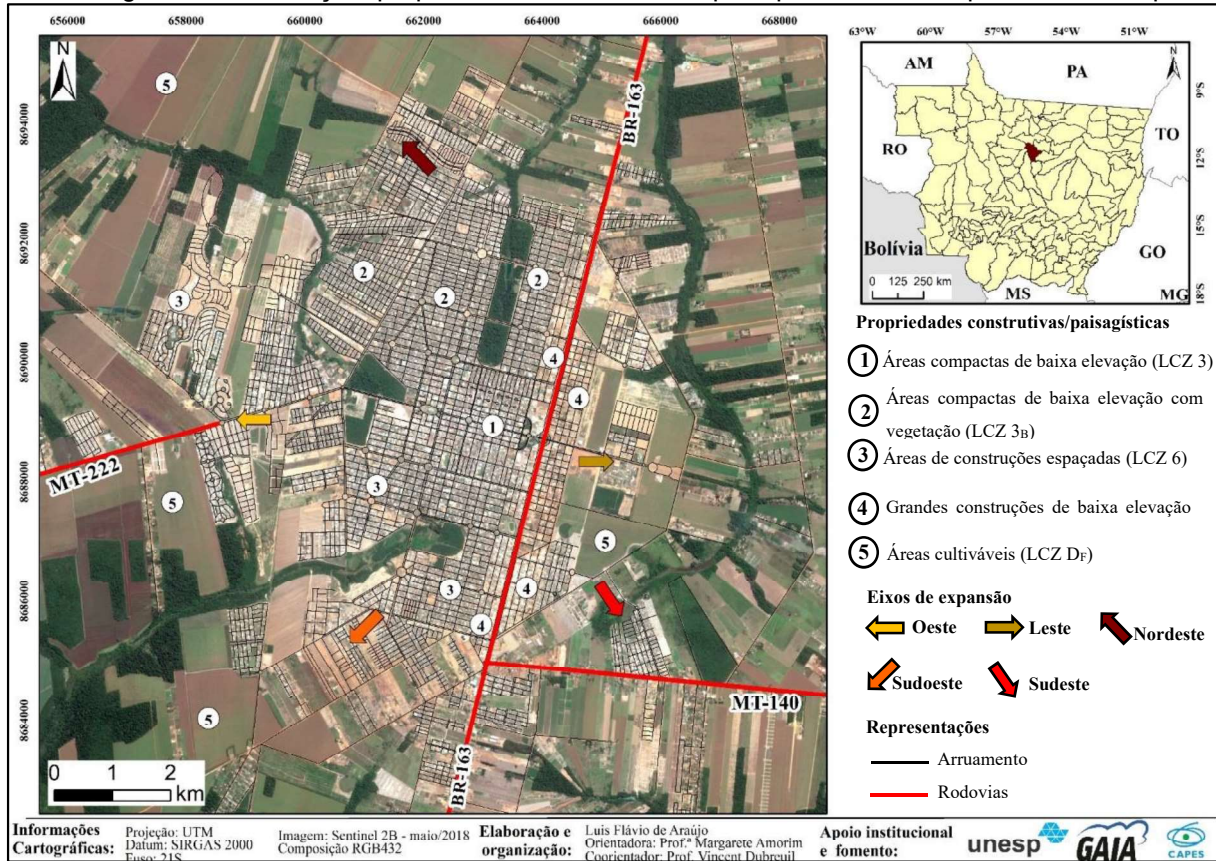


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA



Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 - Localização, propriedades construtivas e principais eixos de expansão de Sinop/MT



Quadro 1 - Descrições das propriedades construtivas/paisagísticas de Sinop

Propriedades construtivas/paisagísticas	Descrição	Vista aérea
Áreas compactas de baixa elevação (LCZ 3)	Forma: Densamente construída, com edifícios baixos e pequenos (inferior a 4 pavimentos). Predomínio de materiais construtivos pesados (cimento, pedra, tijolo) e telhados cerâmicos, fibrocimento e zinco. Apresenta cobertura da terra pavimentada, com poucas exceções, com pouca ou nenhuma vegetação arbórea. Função: Comercial e residencial. Localização: Concentrada na área central da cidade.	
Áreas compactas de baixa	Forma: Densamente construída, com edifícios baixos e pequenos (inferior a 4 pavimentos). Predomínio de materiais construtivos pesados (cimento, pedra, tijolo) e telhados cerâmicos, fibrocimento e zinco. Apresenta cobertura da terra pavimentada, bem como	



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

elevação com vegetação (LCZ 3B)	áreas permeáveis (quintais e jardins), com presença de vegetação arbórea espaçada. Função: Residencial. Localização: Distribuída na porção norte da malha urbana e pouca presença ao sul.	
Áreas de construções espaçadas (LCZ 6)	Forma: Construções espaçadas, com média densidade construtiva. Edifícios baixos (não atingindo 4 pavimentos), de materiais pesados (tijolo, pedra, cimento) e telhados cerâmicos. Árvores dispersas e áreas permeáveis (quintais, jardins e áreas não construídos). Função: Residencial. Localização: Distribuída nas porções sul, norte e oeste (área de expansão).	
Grandes construções de baixa elevação (LCZ 8)	Forma: Construções alongadas, neste caso com certo espaçamento entre elas. Edifícios baixos (não atingindo 4 pavimentos), de materiais pesados (tijolo, blocos, pedra, cimento) e telhados com estruturas metálicas e folhas de zinco ou fibrocimento. Pode apresentar áreas permeáveis e árvores, no entanto predomina a pavimentação. Função: Comercial e industrial. Localização: Predominantemente distribuída ao longo da BR-163 (Setor Industrial) e eixos viários conectores.	
Vegetação arbórea densa (LCZ A)	Forma: Densamente arborizado. Área permeável com presença ou não de vegetação rasteira. Localização: Fragmentos dispersos no intraurbano e rural, associada muitas vezes ao longo de cursos hídricos.	
Áreas cultiváveis (LCZ Df)	Forma: Área sazonalmente ocupada por vegetação rasteira ou solo exposto. Não apresenta pavimentação em grande extensão, assim como construções. Função: Agricultura. Localização: Predominante no entorno rural de Sinop, com manchas dentro das áreas de expansão urbana.	

Fonte: elaboração própria; Imagens: *Google Earth*.

2. Procedimentos metodológicos

Para o atendimento do objetivo proposto neste trabalho, foram elencadas quatro etapas principais, sendo elas: o levantamento e aprofundamento bibliográfico; a coleta e caracterização dos aspectos paisagísticos e construtivos da área de estudo; a coleta e processamento de dados da temperatura de superfície e do índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) e a espacialização e análise dos dados.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na primeira etapa, foram utilizados artigos, teses, dissertações, que versavam sobre os temas abordados neste trabalho como ilhas de calor de superfície, técnicas de análise, consolidação e produção do espaço urbano e caracterização dos aspectos socioeconômicos e ambientais da área de estudo.

Para a caracterização e análise das propriedades paisagísticas e características construtivas, seguiu-se as orientações de identificação e classificação de *Local Climate Zones* – LCZ (Zonas Climáticas Locais), proposta Stewart (2011). A técnica permitiu o agrupamento das características construtivas e do uso e cobertura do solo rural e urbano, nas classes apresentadas na Figura 1 e descritas no Quadro 1, tendo como base a interpretação, quadra a quadra, de imagens de satélite de alta resolução (Sentinel – 2), banco de imagens do *Google Earth Pro* e visitas in loco para a validação das classes atribuídas. Os passos aqui apresentados foram adaptados da proposta original, por Cardoso (2015).

A terceira etapa, se iniciou com a aquisição de imagens do satélite Landsat 8 (sensor OLI – *Operational Terra Imager* e TIRS – *Thermal Infrared Sensor*)⁵, para as datas de 19/01/2018 e 07/09/2018, tendo a justificativa de abordar diferentes características climáticas regionais e a sazonalidade da produção agrícola do entorno.

O processamento necessário para a obtenção das temperaturas de superfície foi realizado no *software* ArcGIS Pro, em que, partindo dos níveis de cinza (NC), contidos na Banda 10 (termal), e com a ferramenta Raster Calculator, houve a conversão para a radiância espectral. A imagem resultante (radiância espectral) foi submetida a técnica de correção atmosférica (Coll et al., 2010), por meio da calculadora atmosférica da NASA (<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>) de dados meteorológicos registrados em superfície (pressão atmosférica, umidade relativa, temperatura) e altitude. Posteriormente, a imagem corrigida foi convertida em graus Kelvin (K), sendo necessária a subtração de 273,15 de cada valor contido nos *pixels* para obter a temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Todas as fórmulas utilizadas nestes processos, estão descritas em Amorim (2020).

De posse dos valores da temperatura superficial em graus Celsius, verificou-se as áreas em que se faziam presentes os menores valores, independentemente do período, sendo constatados em um fragmento florestal à SO da malha urbana (11° 55' S e 55° 33' O).

⁵ Adquiridas gratuitamente em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Assim, extraiu-se a média de temperatura desta localidade para cada imagem e foi realizada a subtração de cada *pixel* pelo valor encontrado, tendo então os valores de intensidade.

Para analisar a vegetação das cenas, utilizou-se o NDVI, que resulta em valores que variam de -1 a 1, indicando a densidade, o vigor e a atividade fotossintética da vegetação (SANTOS; NEGRINI, 1997), sendo os índices próximos a 1 representantes das melhores condições elencadas. Enquanto os valores próximos ou iguais a -1, indicam baixa densidade, vigor e atividade fotossintética da vegetação, representado também, áreas urbanizadas e presença de solo exposto. Esta etapa também se deu no ArcGIS Pro, se utilizando das bandas 4 (*Red*) e 5 (*Near Infrared*) do Landsat 8, com a aplicação da equação contida e descrita em Amorim (2020).

Em conjunto com os dados de intensidade e NDVI, foram utilizados os dados atmosféricos para a identificação dos sistemas atuantes e da caracterização da sazonalidade

Em conjunto com os dados de intensidade e NDVI, foram utilizados os dados atmosféricos para a identificação dos sistemas atuantes e da caracterização da sazonalidade climática.

Por fim, para a melhor representação visual e análise e discussão dos resultados, foram elaborados mapas com a espacialização das intensidades das ilhas de calor e com os índices de vegetação, e gráficos das intensidades das temperaturas dos dois períodos, para comparar as diferenças. Como forma de qualificar os resultados obtidos, foram aplicadas análises estatísticas, com destaque para as medidas de tendência central (moda), frequência e correlação de Pearson (r) para os valores de intensidades e NDVI.

3. As modificações sazonais na paisagem e na ilha de calor de superfície

Como já abordado em diversos estudos como de Oke (1995; 2017), Amorim et al. (2009), Dubreuil et al. (2003), Rampazzo (2015), Amorim (2020), dentre outros, a materialização das atividades humanas na produção dos espaços urbanos e rurais, possibilitam a alteração das características físicas naturais dos locais onde se inserem, como as propriedades paisagísticas – uso e cobertura da terra – que tende a influenciar em fenômenos como o balanço hídrico e energético, e seus desdobramentos.

Nos espaços urbanos, as modificações e transformações das características naturais tendem a se manterem por um longo período, com alterações pontuais originadas de projetos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

intervencionistas, que de certo modo, objetivam a melhoria da qualidade ambiental. Em contrapartida, os espaços rurais apresentam características que possibilitam a complexidade da paisagem e suas propriedades, com um certo ritmo derivado das atividades socioeconômicas que neles se encontram.

No aprofundamento das características citadas anteriormente, percebe-se que, na escala anual, a paisagem urbana consolidada apresenta pequenas modificações associadas à inserção ou supressão de vegetação, a fenologia das espécies vegetais e a retirada da vegetação rasteira de lotes urbanos que ainda não apresentam edificações. Por outro lado, na área rural, as alterações sazonais variam de acordo com as atividades desenvolvidas, tendo como exemplo um local em que há a predominância de usos recreativos e da pecuária, nota-se a presença de elementos naturais como vegetação rasteira, arbustiva e arbórea que se modificam temporariamente face às suas propriedades fenológicas e as características climáticas regionais.

No entanto, ao ser base de atividades agrícolas sazonais, sobretudo na produção de gêneros de *commodities*, a paisagem rural tende a se alterar pautada pelo calendário agrícola e legislação, ora apresentando vegetação (espécies cultivadas), ora com solo exposto (derivado do preparo do solo e vazio sanitário). Tomando como exemplo a produção de soja, tem-se o período de desenvolvimento até a colheita, a presença da vegetação desenvolvida e com boa atividade fotossintética, e a circulação de maquinários e pessoas. Com o fim da colheita das safras e entressafras, e obrigatoriedade do vazio sanitário, a vegetação é substituída por solo exposto, compondo uma nova paisagem rural que se mantém até a preparação e etapas da próxima safra.

Essa característica de ciclicidade da paisagem rural tende a vigorar por um longo tempo, até o momento em que a rentabilidade da produção e demais fatores deixam de ser satisfatórios, sendo então estes espaços incorporados à lógica da produção da cidade e suas propriedades paisagísticas alteradas até apresentarem a pouca variação sazonal do urbano.

Os fatos expostos apresentam observações relevantes ao serem associadas com a interação entre os materiais construtivos, cobertura e uso da terra, e os mecanismos de troca energética (radiação, absorção, refletância) e a capacidade térmica dos materiais, pois, evidenciam, por meio da temperatura de superfície, a influência das atividades humanas na estrutura ambiental e conseqüentemente, na paisagem.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com base nas características da morfologia urbana de Sinop/MT, das atividades agrícolas e da sazonalidade climática regional, apresenta-se a Figura 2, em que estão representadas a intensidade da ilha de calor de superfície, o NDVI e a composição colorida, para as datas de 19/01 e 07/09/2018.

A justificativa de se analisar uma imagem do mês de janeiro (19/01/2018), reside no fato dele apresentar características do ritmo climático regional, associado a condições atmosféricas que possibilitam elevados totais pluviométricos, devido, principalmente, a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a massa equatorial continental (mEc). Outro elemento fundamental no processo de escolha, foi o período sazonal agrícola do entorno, que em janeiro, se associa ao fim da colheita de soja e início da semeadura da 2ª Safra do Milho e do algodão.

Já no mês de setembro (07/09/2018), predominam as características dos sistemas atmosféricos que proporcionam mecanismos regionais de estabilidade, como a massa tropical atlântica (mTa) e a massa tropical atlântica continentalizada (mTAc). No que se relaciona ao calendário agrícola das espécies cultivadas, a paisagem rural encontrada na data do imageamento fica a cargo do solo exposto derivado do vazio sanitário – imposto por legislação estadual – e do início da preparação do solo para a nova safra.

Partindo das justificativas mencionadas acima e da espacialização do NDVI, contida na Figura 2, tem-se a explicação do motivo que possibilita a concentração de valores elevados para a data de janeiro, principalmente, nas porções oeste e leste da imagem, onde predomina as áreas cultiváveis, tendo os valores distribuídos, principalmente, entre 0,71 e 0,9. A confirmação do uso do solo para cultivo, pôde ser confirmada, também, com a da composição colorida (RGB 432).

Nota-se também que, para além das áreas cultiváveis, a tonalidade representativa dos valores mais elevados (de 0,71 a 0,9), predomina nas localidades que apresentam vegetação arbórea densa, como os parques urbanos e as reservas florestais. Essa característica indica que a vegetação, arbórea ou não, se encontra em intensa atividade fotossintética que propicia seu desenvolvimento e presença na paisagem.

Ao se considerar esta mesma análise para o mês de setembro, é possível constatar um rearranjo da espacialização dos valores de NDVI, tendo a predominância do intervalo de 0,11 a 0,3 para as localidades representativas das áreas destinadas aos cultivos e queda



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

geral dos valores do índice. Embora as áreas de vegetação arbórea densa se enquadrem no cenário de redução de NDVI, quando comparada com os dados de janeiro, ainda apresentam valores elevados em comparação com a malha urbana e as áreas cultiváveis, estando distribuídos entre 0,51 e 0,7.

Na comparação do NDVI espacializado para as áreas cultiváveis, tem-se em janeiro (19/01) a concentração de 67,2% dos valores distribuídos entre 0,71 e 0,9 (sendo a moda igual a 0,84) e 19,2% entre 0,51 e 0,7 (sendo a moda igual a 0,67). Já para setembro (07/09), há a distribuição de 90% dos dados no intervalo de 0,11 a 0,3 (com a moda em 0,24) e 8,3% entre 0,31 e 0,5 (com a moda em 0,34).

Diferentemente do entorno rural, a malha urbana e seus componentes (inseridos os eixos de expansão) apresentaram classes de NDVI com pouca ou nenhuma variação, garantindo a sua característica de estabilidade, pois, independentemente do período, os valores estiveram distribuídos no intervalo de -0,9 a 0,3, com exceções pontuais nos locais com presença de vegetação arbórea ou rasteira (nas classes de áreas de construções compactas e vegetação, e áreas de construções espaçadas).

Dado as características de elevada densidade construtiva e baixa presença de vegetação – das áreas de construções de baixa elevação e da área central e comercial da cidade – apresentaram valores entre -0,9 e 0,1, independente do período, justificando a mesma tonalidade para as duas datas do imageamento.

Faz-se necessário apontar que, as alterações do NDVI descritas anteriormente, também são regidas pela distribuição da precipitação, dado que a água disponibilizada no sistema, auxilia nos mecanismos biológicos das plantas, melhorando situações de estresse, e até mesmo nos mecanismos de trocas energéticas dos materiais com a atmosfera. Essas alterações influenciam na espacialização da temperatura de superfície e, conseqüentemente, na distribuição das intensidades.

A Figura 2, também apresenta a distribuição espacial das intensidades das ilhas de calor superficial, tendo os valores contidos entre 0 °C (*pixels* com valores iguais/próximos da média dos menores valores) e > 10 °C (tendo o limite máximo igual a 16 °C).

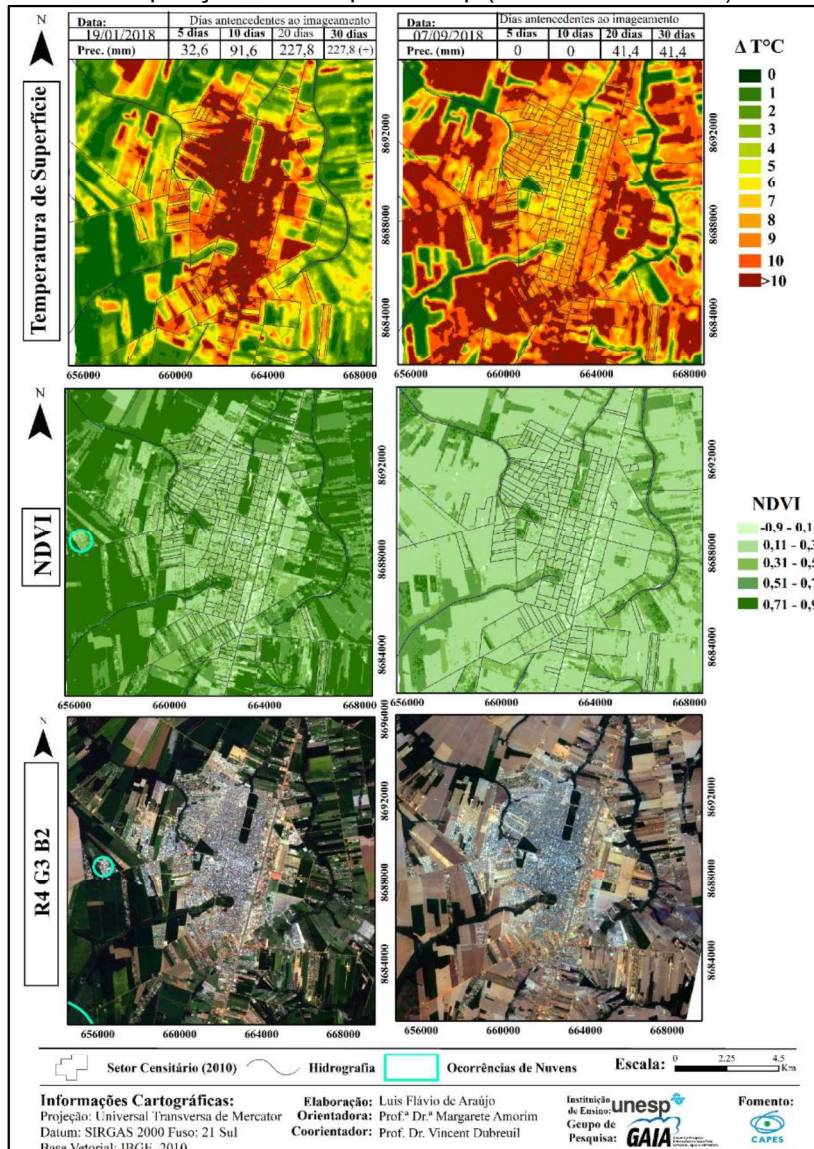


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 - Distribuição sazonal e espacial das intensidades das ilhas de calor, do NDVI e composição colorida para Sinop (19/01 e 07/09/2018)



Fonte: elaboração própria.

Em janeiro (19/01), a principal característica apresentada na espacialização dos valores foi o padrão clássico de maior aquecimento da malha urbana (com predomínio de valores de 9 °C a acima de 10 °C) e menor aquecimento do entorno rural, o qual apresentou valores referentes as classes 0 e 1 °C e presença pontual de áreas com a classe 3 °C.

Tal padrão pode ser justificado por dois fatores, o primeiro, referente aos elevados valores de NDVI contidos no entorno rural – sobretudo nas áreas cultiváveis e de vegetação



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

arbórea – que, conforme debatido em Ugeda Júnior (2011), Rampazzo (2015) e Amorim (2020), tendem a se constituírem como o foco de menores temperaturas, devidas as suas características e interação com a energia solar. Já o segundo fator, se refere aos sistemas atmosféricos atuantes antes e no dia da tomada da imagem, uma vez que houve a predominância de sistemas instáveis que viabilizaram o registro de 227,8 mm nos vinte dias anteriores a passagem do satélite, bem como a atuação da mTa nos 3 dias precedentes, que possibilitou a dispersão de nuvens que comprometeria a qualidade da imagem.

Na comparação das intensidades mencionadas acima e as propriedades paisagísticas da área estudada, percebe-se certa relação entre as localidades de alta densidade construtiva e os valores acima de 10 °C, o que justifica a presença da tonalidade de vermelho mais escuro para grande parte da malha urbana. As áreas em que se constatou presença de solo exposto, também apresentaram maiores diferenças térmicas, devido ao fato de que esta cobertura no período diurno se caracteriza pela maior absorção de energia e consequente aumento na temperatura superficial, estando espacializada de forma pontual para esta data.

Na imagem de 07/09, novamente, verificou-se mudanças significativas na espacialização dos dados, tendo destaque a expansão territorial dos valores acima de 10 °C, sobretudo nas áreas de solo exposto urbano e rural. Na transição entre o espaço rural e urbano, observou-se a presença da classe de temperatura entre 9 °C e 10 °C em pequenas faixas, e que também demarcam as áreas com propriedades associadas a grandes construções de baixa elevação. Já a malha urbana, apresentou, predominantemente, valores nos intervalos de 7 e 8 °C, com exceção da área central que ficou associada em grande parte com a classe 6 °C.

No geral, com a modificação da espacialização dos valores de temperatura, obteve-se um padrão destoante do verificado em janeiro, estando agora, as áreas cultiváveis e grande parte do entorno rural mais quentes do que o espaço urbano e seus materiais, ao menos para o horário do imageamento.

Com o intuito de analisar detalhadamente esta modificação sazonal, apresenta-se a Figura 3 que contém a distribuição de frequência das intensidades das ilhas de calor de superfície para as principais as classes de propriedades construtivas e paisagísticas contidas no recorte analítico para o período chuvoso (janeiro) e pouco chuvoso (setembro).

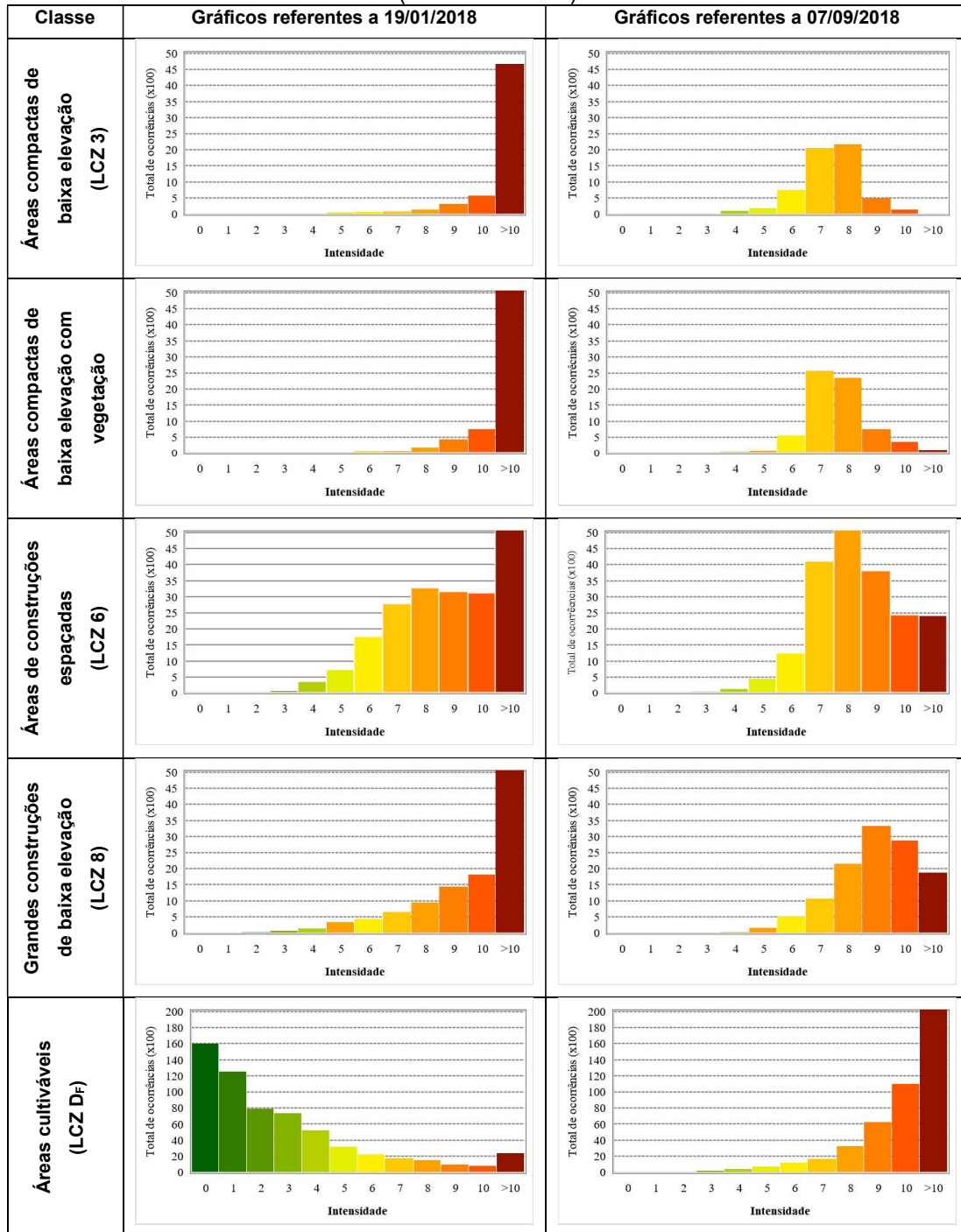


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 - Distribuição da frequência das intensidades das ilhas de calor para as principais classes de propriedades construtivas/paisagísticas, nos meses de janeiro (chuvoso) e setembro (menos chuvoso)



Fonte: elaboração própria.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Inicialmente percebe-se a distribuição similar das intensidades nas áreas compactas de baixa elevação com ou sem vegetação, para as mesmas datas, com o predomínio das classes de acima de 10 °C para 19/01 e entre 7 e 8 °C em 07/09. Esse cenário pode ser explicado, mediante as características semelhantes das duas áreas, como a grande impermeabilização, alta densidade construtiva e materiais construtivos que interagem com a energia solar e se manifestam de forma parecida.

As similaridades, no entanto, terminam ao se comparar as mesmas classes para os diferentes episódios, sendo possível constatar uma reorganização da distribuição das intensidades que refletem as características climáticas sazonais da região. Em janeiro, com o acúmulo de precipitação e a disponibilidade da água no sistema, a vegetação torna-se vigorosa, com alta taxa de atividade fotossintética e melhores condições fenológicas, possibilitando a presença de baixos valores de temperatura superficial e fazendo oposição as áreas construídas.

Com o intervalo de aproximadamente 60 dias de estiagem, rompido isoladamente 20 dias antes da tomada da imagem em que se verificou 41,4 mm de precipitação, tem-se nos dados de setembro a manifestação dos impactos causados pelo estresse hídrico na vegetação natural, tendo assim a diminuição da atividade fotossintética e seu desenvolvimento, o que permitiu o aumento do intervalo entre a maior e a menor temperatura, em muitos casos com valores próximos dos observados na área urbana (Figura 2 e 3).

Este contexto de alteração sazonal também pôde ser observado, em pequena proporção, para as áreas de construções espaçadas e grandes construções de baixa elevação, tendo como fator mediador as propriedades paisagísticas. As áreas de construções espaçadas, os valores encontrados eram representantes das classes mais elevadas, devido a presença de construções, contudo, a distribuição da frequência se deu de forma diversificada, fruto da sua morfologia – edificações espaçadas com presença de áreas permeáveis (vegetadas ou não) e presença de vegetação – havendo o deslocamento da predominância do intervalo acima de 10 °C (19/01), para até 8 °C em 07/09.

De maneira similar, as localidades com grandes construções de baixa elevação, também apresentou valores elevados para os dois períodos analisados, dado aos materiais



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que o compõem como as amplas construções com telhado de zinco ou fibrocimento, terrenos pavimentados ou com solo exposto. Apresentando somente uma redistribuição da frequência dos valores que partem da classe $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ em janeiro, para as classes de até $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ em setembro.

Devido a sazonalidade das atividades socioeconômicas e a conseqüente alteração da paisagem, as áreas destinadas aos cultivos, se configuram como locais de intensas modificações sazonais, tanto nos índices de vegetação quanto na distribuição espacial das temperaturas superficiais. As modificações apresentam um caráter opositor, uma vez que se parte de uma paisagem com vegetação densa e alta taxa de atividade fotossintética, para uma condição predominante de solo exposto, tendo também a diferença de precipitação e os mecanismos atmosféricos como mediadores.

Dito isto, verificou-se que em janeiro as áreas destinadas aos cultivos apresentaram 80% dos valores distribuídos entre as classes $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e até $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, com predominância para os dois menores intervalos. Notou-se também, que dentre as classes citadas na análise, esta foi a que apresentou o padrão de distribuição de frequência mais diversificado, sendo justificado pelos múltiplos estágios dos cultivos, sobretudo, o avanço da colheita. Já para a imagem de setembro, percebeu-se o predomínio de valores associados à classe de $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e expressiva presença do intervalo de $8\text{ a }10\text{ }^{\circ}\text{C}$, oriundas não só do solo exposto derivado do período de vazio sanitário, mas também da baixa umidade do ar e do solo, bem como da capacidade térmica e calor específico da superfície, que permite o rápido aquecimento quando interage com a energia solar.

Em síntese, as informações apresentadas reafirmam as características identificadas em outros estudos, assim como apresentam novos cenários oriundos das particularidades da área de estudo. Tendo como reafirmação, a intrínseca relação entre o NDVI e a distribuição das intensidades da ilha de calor superficial, sobretudo nas áreas cultiváveis, em que a correlação entre as duas variáveis se deu em um coeficiente de correlação (r) igual a $-0,8$, isto é, uma relação de inversão, em que enquanto uma variável decrescia a outra aumentava.

Por fim, na identificação de um padrão, tem-se uma forte relação do campo térmico de Sinop com a atividade econômica presente no entorno rural e as características climáticas regionais, gerando assim, no período chuvoso (e de produção) um perfil clássico de maior aquecimento da área urbana em comparação com o rural próximo. Já no período de estiagem



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e vazio sanitário, tem-se a reorganização da espacialização das intensidades em que o rural passa a apresentar valores próximos ao do urbano ou elevados.

4. Considerações finais

Diante do apresentado e discutido ao longo deste trabalho, afirma-se que em Sinop as atividades socioeconômicas, sobretudo as agrícolas vinculadas a produção de *commodities*, e as condições climáticas sazonais da região, são capazes de alterar – mesmo que temporariamente – as propriedades paisagísticas, sobretudo do entorno rural, que possibilitam a reorganização de elementos que venham a influenciar na espacialização das intensidades das ilhas de calor superficial, indicando a interferência humana no nível horizontal.

Ressalta-se que os valores, padrões, distribuições e alterações, aqui trabalhados, estão relacionados com os materiais presente na superfície e sua relação com os demais elementos, podendo apresentar diferenças quando relacionadas com a temperatura do ar e demais elementos que configuram a ilha de calor urbana, bem como semelhanças também podem ser encontradas.

Por fim, ressalta-se que esses estudos viabilizam discussões e reflexões iniciais sobre as consequências das atividades humanas e os mecanismos naturais, bem como auxiliam na preparação de investigações do clima urbano por múltiplas técnicas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Projeto: CAPES/COFECUB - Cidades, clima e vegetação: modelagem e políticas públicas ambientais – CAPES (AUXPE: 88881.191765/2018-01).

5. Referências

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020. v. 1. 161p.

AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins*, v. 7, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.6070>.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

BRASIL – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL – Folha SC.21, Juruena:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1980.

CARDOSO, R. S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente/SP.** 2015. 137f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

CLAIRAY, M.; DUBREUIL, V. Etude de l'évolution diachronique de la Gleba Celeste (Mato Grosso) à partir d'images Landsat. **Espaço e Geografia**, v. 5, n. 1, p. 119-138, 2002.

COLL, M.; PIRODDI, C.; STEENBEEK, J.; KASCHNER, K.; BEN RAIS LASRAM, F.; AGUZZI, J. et al. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. **PLoS ONE**, v. 5, n. 8. e11842, 2010.

DUBREUIL, V.; DELAHAYE.; LE STRAT, A. Changements d'occupation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil. *Confins*, [online], [Dossiê], n. 10, 2010.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins*, [online], n. 37, 2018.

DUBREUIL, V.; NEDELEC, V.; BARIOU, R.; MAITELLI, G. T. Estudo da urbanização e suas consequências sobre as temperaturas noturnas em Sinop/Mato Geosso. *Revista Matogrossense de Geografia*, [impresso], n. 07/08, p. 25-39, 2003.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

MONTEIRO. C. A. F. **Teoria e clima urbano.** 1975. 263 f. 1975. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

OKE, T. R. **Boundary Layer climates.** 2. ed. London: Routledge, 1987.

OKE, T. R. The heat island of the urban Boundary Layer: characteristics, causes and effects. In: CEMARK, J. E.; DEVENPORT, A. G.; PLATE, E. J.; VIEGAS, D. X. (Org.). **Wind climates in cities.** *Kluwer Academic*, 1995, p. 81-102.

PORANGA, G. F. O.; AMORIM, M. C. C. T. Geotecnologias aplicadas à análise de ilhas de calor de superfície em cidades do interior de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 06, p. 2041-2050, 2019.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano:** contribuição ao estudo da Geografia do Clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília. 2015. 304 f. Dissertação



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo – razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS, P.; NEGRINI, A. A comparison of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and Northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**, v. 36, n. 7, p. 958-965, 1997.

STEWART, I. D. Redefining the urban heat island. 2011. 368 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia, Vancouver, 2011. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.14288/1.0072360>. Acesso em: 11 out. 2020.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. 2011. 373 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011.