

Uso de imagens de satélite para identificar Ilhas de Calor na cidade de Ilha Solteira – SP



<https://doi.org/10.56238/interdiinnovationscrese-070>

Lucas Barbosa Nishigima

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia
Câmpus de Ilha Solteira

Helio Ricardo Silva

Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia
Câmpus de Ilha Solteira

RESUMO

Com o crescimento populacional se faz necessário aumentar o número de construções, tais como, residências, asfaltos. Com isso vem as consequências pois, quando temos aglomerações de casas há muita absorção dos raios solares ocasionando as Ilhas de Calor Urbano (ICU) que tendem a causar um desconforto térmico para a

população já que, há um aumento na temperatura naquele local. O Sensoriamento Remoto vem como uma solução para identificar onde estão as Ilhas de Calor e com isso podemos planejar formas para reduzi-las. Esse fenômeno foi estudado nesse presente trabalho utilizando imagens de satélite LandSat-8 dos anos 2018, 2019, 2020 e 2021 na região do infravermelho termal (TIRS/LandSat-8) utilizando o software livre QGis 3.16 para processar as imagens e determinar a temperatura de superfície, também foram feitos estudos climatológicos para saber se houve influência sobre a formação das Ilhas de Calor Urbano na cidade de Ilha Solteira. Em geral os anos de 2018 e 2019 foram os anos que mais apresentaram incidências de Ilhas de Calor.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Infravermelho Termal, Climatologia, Temperatura de Superfície.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Population Reference Bureau (PRB), a população planetária atingiu, no final de 2020, cerca de 7 bilhões e 800 milhões de habitantes. Desse total, aproximadamente 55% vivem em cidades, segundo dados publicados pela Organização das Nações Unidas (ONU) de 2019. Atualmente, cerca de 85% da população brasileira vive em espaços urbanizados (IBGE, 2017), sejam cidades metropolitanas ou do interior, cidades grandes, médias ou pequenas. As ilhas de calor urbanas (ICU's) são fenômenos caracterizados pelas temperaturas mais quentes das regiões urbanas em comparação com os ambientes rurais em seu entorno (ROTH, 2013).

Segundo Gartland (2010 p.09), as ICU's “... são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comum absorvem e retém mais calor do solo do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas” e isso é comprovado em outros trabalhos já realizados.



Dentre os principais impactos causados pela urbanização, destacam-se a diminuição de áreas verdes, que são substituídas por materiais sintéticos (principalmente asfalto e concreto) utilizados nas construções e na pavimentação (HU & JIA, 2010).

De acordo com (PORANGABA e AMORIM, 2019), a intensificação da temperatura intraurbana em relação ao entorno rural próximo é preocupante por influenciar diretamente na vida das pessoas, seja pelo desconforto térmico ou por questões relacionadas à saúde.

Os sensores remotos são mais adequados para avaliar a ICU diurna, uma vez que capturam a temperatura e outras características físicas (tais como albedo e emissividade) de um conjunto de superfícies heterogêneas dentro da área urbana, como, por exemplo, telhado, vegetação, pavimento, solo exposto e corpos de água, a partir da resposta espectral destas superfícies (GAMARRA et al., 2013).

O objetivo deste trabalho, foi realizar a identificação das ilhas de calor urbana em um município de pequeno porte, Ilha Solteira – SP, verificando a relação de suas ocorrências associados a dados climatológicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 URBANIZAÇÃO E EFEITOS CLIMATOLÓGICOS

A urbanização é um processo pertinente da história do ser humano. Inicialmente tal processo ocorria em pequena escala, como forma de proteção ao ambiente externo e recentemente, tornou-se cada vez mais necessária, uma vez que as atividades do homem se tornaram mais suscetíveis às adversidades da natureza, como chuvas intensas e secas prolongadas (KEGLER; WOLLMANN; BANDEIRA, 2017).

A migração do campo para cidade é um fenômeno permanente na história. Dados do Censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2010 (IBGE, 2010) mostram uma contínua migração das populações rurais para as cidades no Brasil. Corroborando tal informação, a Population Bulletin (2007) mostra que cerca de 50% da população mundial está concentrada em áreas urbanas e este número tende a se tornar cada vez maior.

LIMA (2012) afirma que, o crescimento das cidades, conjuntamente ao das populações urbanas, introduz novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes e originando o clima urbano. Esta afirmação corrobora com SANTANA (2014), onde, o clima das cidades são os mais afetados por anomalias climáticas.

As diferenças de temperatura da superfície intraurbana em relação ao entorno rural próximo formam o clima urbano e as ilhas de calor (PORANGABA e AMORIM, 2019) e que segundo (Jensen, 2009, p. 288), “são causadas pelo desflorestamento e substituição da superfície do solo por materiais não evaporativos e não porosos, como asfalto e concreto”.



De acordo com Ribeiro e colaboradores (2016) “o estudo das alterações climáticas causadas pela urbanização ganhou impulso com uma urbanização mais vigorosa, a partir de meados do século XX, e com a ampliação do tamanho das cidades”.

O Center for Diseases Control and Prevention (CDC) registrou que no período de 1979 a 2003, a exposição ao calor excessivo contribuiu para 3.442 mortes prematuras nos Estados Unidos (CDC, 2016)

Estima-se que, em 2045, cerca de dois bilhões de pessoas a mais buscarão as cidades para morar (The World Bank, 2016)

Dentre as características de urbanização que contribuem para desenvolvimento de ICU destacam-se a geometria (KRUGER et al., 2011), que se refere às dimensões e ao espaçamento das edificações dentro da cidade, que, afeta o escoamento do vento, a absorção de energia e a habilidade da superfície em emitir radiação de onda longa para o espaço (COSTA, et al., 2010).

Dentre as problemáticas visualizadas no espaço urbano, destacam-se as de ordem social, como a questão da moradia, a favelização, a ocupação de áreas ribeirinhas e/ou de lagos etc., tais questões, por vezes, desembocam em problemas de ordem ambiental como as inundações, desmatamento, assoreamento dos mananciais, poluição do ar e da água, etc. Destaco ainda as alterações que se dão na cidade e que afetam a qualidade de vida no contexto climático, como o uso do concreto, a verticalização, a preferência por materiais construtivos que absorvem calor, a diminuição de parques e áreas verdes, a emissão exacerbada de poluentes pelos automóveis e indústrias, etc.

O efeito da ilha de calor é mais intenso em dias calmos e claros, uma vez que mais energia solar é capturada em dias claros, e ventos mais brandos removem o calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que a ilha de calor se torne mais intensa (GARTLAND, 2010).

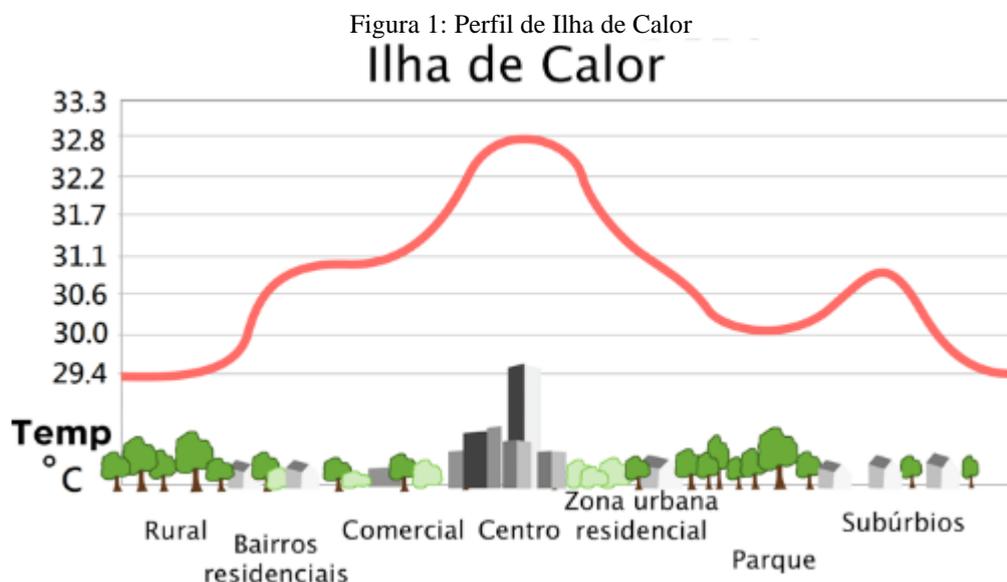
2.2 ILHAS DE CALOR

As Ilhas de calor geralmente são causados pela interferência humana, como construções de casas, edifícios, asfaltos, desmatamento e erosões pela retirada de terras. De acordo com MASHIKI (2012), a ICU configura-se como um fenômeno decorrente do balanço de energia no espaço urbano, que se caracteriza através do acúmulo de calor nas superfícies e conseqüente elevação da temperatura do ar. É um “oásis inverso”, onde o ar e as temperaturas de superfície são mais quentes do que em áreas rurais circundantes. (GARTLAND, 2010).

De acordo com García (1996), a classificação das ilhas de calor varia de: fraca magnitude quando as diferenças entre os pontos oscilam entre 0° e 2° C, média magnitude entre 2° e 4° C, forte entre 4° e 6° C e muito forte quando as diferenças ultrapassam os 6° C. No município de Ilha Solteira, Costa *et al.* (2010), constatou na estação do verão, uma amplitude térmica de até 7°C.



Segundo NAKATA-OSAKI et al. (2016), as temperaturas do ar e as de superfícies das áreas urbanas tendem a ser mais elevadas do que as temperaturas das áreas rurais circundantes, devido as características da urbanização, como poluição do ar, calor antropogênico, superfícies impermeáveis, propriedades térmicas dos materiais e a geometria das superfícies (Figura 1). As ilhas de calor atmosféricas são, portanto, definidas como bolsões de ar quente registrados nos ambientes urbanos decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e da produção do calor antropogênico. Resultam das diferenças no balanço de energia entre a área urbana e rural, além das diferenças existentes no interior da própria cidade (AMORIM, 2017). As principais causas da ilha de calor urbano da atmosfera urbana inferior são: geometria urbana, poluição do ar, emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos, cobertura do solo e materiais de construção (BARROS et al., 2012), conforme consta na Figura 1.



Fonte: EPA, 2016

2.3 GEOTECNOLOGIAS

Com a criação e o lançamento de vários satélites, nas últimas décadas, muitos dos estudos de clima urbano têm sido realizados com base no sensoriamento remoto. O uso de tais técnicas tem colaborado para dar notoriedade aos estudos das ilhas de calor e anomalias térmicas (BARBOSA & VECCHIA, 2009)

A maioria dos sensores remotos registra a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos, mas dependendo do objetivo da aplicação, podem registrar também outros tipos de energia como a termal, por exemplo (NISHIDA, 1998). A energia do tipo termal capta a temperatura de superfície da camada mais alta da atmosfera e que é diferente da temperatura ambiente na qual é possível mensurar com instrumentos meteorológicos e transectos moveis.



De acordo com Coltri (2006), os sensores que possuem a banda termal, mensuram a temperatura aparente de superfície, com valor mais elevado, se comparado com a temperatura do ar. Assim, “os dados das imagens de satélite do infravermelho termal são capazes de fornecer temperatura qualitativa da cidade, ou seja, o desenho da temperatura local” (2006, p. 101).

O albedo contribui para a identificação da temperatura de superfície, sendo ele “a relação da energia refletida sobre a incidente” (FERREIRA, 2006, p.19.), ou seja, é a “capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar que incide sobre eles (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2006, p.35). Vale ressaltar que “o albedo da maior parte da superfície varia com o comprimento de onda e com o ângulo de incidência dos raios luminosos” (AYOADE, 2006, p. 27). Os diferentes padrões de refletividade dos objetos da superfície ocorrem de acordo com a cor e constituição do corpo. Neste sentido, Saydelles (2005) e Ayoade (2006) destacam que objetos mais claros e secos correspondem a maiores albedos, por sua vez, objetos/corpos escuros e úmidos absorvem mais radiação e refletem menos.

CORRÊA et al. (2016), afirma que os avanços tecnológicos do sensoriamento remoto contribuíram para o aprimoramento dos estudos do fenômeno denominado ilha de calor, devido a melhorias consideráveis na resolução espacial, espectral e temporal dos dados. Isto faz com que os sensores que operem nesta região possam ter seus dados convertidos, após sofrerem correção dos efeitos atmosféricos e da superfície (emissividade), em temperatura da superfície (COSTA et al., 2010), considerado um parâmetro de importância fundamental para o estudo da climatologia urbana (VOOGT & OKE, 2003).

2.4 SENSORIAMENTO REMOTO

É notável como a importância dos satélites vem aumentando dia a dia. As notícias sobre o que ocorre no mundo, as ligações telefônicas, a internet e as imagens usadas na previsão do tempo e no monitoramento dos ambientes terrestres são alguns exemplos dos benefícios que podem ser obtidos pela utilização de um satélite (FLORENZANO, 2008).

Por sua vez, reconhece-se o termo Sensoriamento Remoto como uma tecnologia que permite a obtenção de dados da superfície terrestre, através da captação e registro de energia refletida ou emitida da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (FLORENZANO, 2002; MENESES & ALMEIDA, 2012).

Na atualidade o sensoriamento remoto vem sendo largamente aplicado para o monitoramento de coberturas vegetais, volta-se, principalmente, para seu comportamento espacial e/ou fisiológico (ABREU; COUTINHO, 2014).

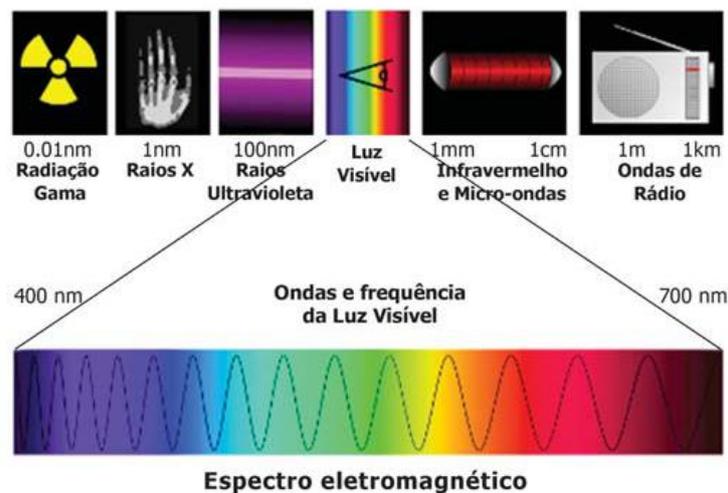


A grande revolução do SR aconteceu no início da década de 1970, com o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres. Foi nesse período que se viu o mais rápido desenvolvimento de foguetes lançadores de satélites, que possibilitou colocar no espaço satélites artificiais para várias finalidades (MENESES, 2012). Um dos programas mais importantes a desenvolvidos e o “Landsat”, da Nasa (National Aeronautics and Space Administration), iniciado em 23 de julho de 1972 (PARANHOS-FILHO, 2008).

Com isso, a evolução do SR é fruto de um esforço multidisciplinar que envolveu e envolve avanços na física, na físico-química, na química, nas biociências e geociências, na computação, na mecânica, dentre outras ciências (FIGUEIREDO, 2005).

Para Paranhos-Filho (2008), todos os tipos de cobertura do solo, como afloramentos rochosos, cultivares, florestas, corpos d’água, absorvem uma porção específica do Espectro Eletromagnético, resultando numa “assinatura” distinta de radiação eletromagnética. Para esse mesmo autor, alguns tipos de cobertura do solo tem uma resposta espectral particular, que a distingui dos demais tipos de cobertura, por isso usa-se o termo “assinatura espectral” (Fig. 2).

Figura 2: Faixa do Espectro Eletromagnético



Fonte: (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011)

O satélite Landsat 8 é o mais recente da sua série. Lançado em 11 de fevereiro de 2013 pela NASA, na base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia, opera a uma altitude de 705km, numa órbita heliosíncrona com inclinação de 98,2° (ligeiramente retrógrada), semelhante às órbitas das séries Landsat 5 e 7. A sua passagem ocorre na linha do equador às 10:00 (USGS, 2016).

A cobertura das imagens do satélite Landsat 8 ocorre praticamente em todo o globo, exceto para as mais altas latitudes polares, sua resolução temporal é de 16 dias, o tamanho da cena captada é de aproximadamente 170 km ao norte-sul por 183 km a Leste-Oeste.



De acordo com USGS (2016), a plataforma opera com dois instrumentos imageadores, *Operational Land Imager (OLI)* e *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. O instrumento OLI possui 9 bandas espectrais (1 a 7 e 9), resolução espacial de 30m, incluindo a banda 8, pancromática, com resolução espacial de 15m. O outro sistema imageador é o TIRS, com duas bandas de pixel de 100m, após processadas são disponibilizadas com resolução espacial de 30 metros (Tabela 1).

Tabela 1: Informações espaciais do satélite Landsat 8

| Bandas | Comprimento de Ondas (Micrometros) | Resolução (Metros) |
|---|------------------------------------|--------------------|
| Band 1 - Aerossol Costeiro | 0.43 - 0.45 | 30 |
| Band 2 - Visível Azul | 0.45 - 0.51 | 30 |
| Band 3 - Visível Verde | 0.53 - 0.59 | 30 |
| Band 4 - Visível Vermelho | 0.64 - 0.67 | 30 |
| Band 5 - Infravermelho Próximo (NIR) | 0.85 - 0.88 | 30 |
| Band 6 - Infravermelho Médio/SWIR 1 | 1.57 - 1.65 | 30 |
| Band 7 - Infravermelho Médio/SWIR 2 | 2.11 - 2.29 | 30 |
| Band 8 - Pancromática (PAN) | 0.50 - 0.68 | 15 |
| Band 9 - Cirrus | 1.36 - 1.38 | 30 |
| Band 10 - Infravermelho Termal (TIRS) 1 | 10.60 - 11.19 | 100 (30) |
| Band 11 - Infravermelho Termal (TIRS) 2 | 11.50 - 12.51 | 100 (30) |

2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG'S)

A utilização de técnicas de SIG e sensoriamento remoto em diferentes áreas da superfície terrestre tem alcançado resultados satisfatórios, consistentes e importantes para o monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais, sobretudo em áreas urbanas (SOUZA et al., 2016).

Os Sistemas de Informação Geográficas (SIG's) são ferramentas fundamentais para aplicação das técnicas de processamento digital das imagens, possuem diversos algoritmos, dentre eles o Thermal, capaz de transformar os dados do infravermelho termal em temperatura aparente da superfície, imprescindíveis para interpretação destes dados (MASHIKI, 2012).

A partir da banda termal, é possível a obtenção de valores relativos à temperatura de superfície, assim, identificando áreas com ICU, principalmente em áreas urbanas.

SANTANA et al. (2014), afirma que, o uso de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de sistemas de informações geográficas constituem-se em importantes instrumentos para a avaliação das alterações ambientais, principalmente na relação do uso e ocupação do solo no campo térmico em áreas urbanas, pois permitem a compreensão da dinâmica de processos biofísicos e da interação entre solo, planta e atmosfera em áreas urbanas.



2.6 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA URBANA

A presença constante da radiação solar agindo sobre a camada urbana provoca maior diferenciação térmica entre as áreas com muitas edificações e as áreas com menos edificações e menor impermeabilização do solo (ROCHA et al., 2011).

Os pavimentos mais quentes tendem a ser impermeáveis e de cor escura, segundo ASEADA et al. (1996), a faixa de horário onde o pavimento asfáltico exibe um maior fluxo de calor, é das 09:00 às 12:00 horas.

A alta irradiação emitida para atmosfera interfere de forma drástica no balanço de energia local, causando um reflexo imediato na temperatura (SERRATO et al., 2002).

De acordo com ALVES & VECCHIA (2012), algumas superfícies demoram mais a perder a energia absorvida, e conseguem manter um fluxo de energia elevado por mais tempo durante o dia, como por exemplo, o asfalto.

A morfologia das ilhas de calor é, em sua maioria, sempre a mesma: cimento, telhas de cimento e amianto e asfalto. A intensidade das ilhas de calor está intimamente relacionada com a quantidade de área verde, sendo assim, todas as ICU 's são caracterizadas pelo excesso de material de construção civil e pouca ou nenhuma área verde (COLTRI et al., 2007), conforme consta na Figura 1

O solo exposto, sem cobertura vegetal, possui alta amplitude térmica, aquecendo rapidamente durante o período de exposição solar, levando a conseqüente elevação de temperatura durante o dia, aumentando a irradiação de calor e a temperatura em seu entorno (MASHIKI, 2012).

Segundo GARTLAND (2010) a presença de vegetação reduz efeitos das ICU reduz os efeitos das ilhas de calor de duas maneiras: através da sombra proporcionada pela copa das árvores e também devido ao processo de evapotranspiração, que aumenta a umidade relativa do ar e diminui temperatura relativa do ar.

A caracterização ambiental pode ser realizada utilizando espécies bioindicadores, tendo em vista o conhecimento prévio das características ecológicas e do comportamento das comunidades em situações naturais e adversas (PIMENTA et al., 2016).

2.7 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NA ÁREA URBANA E PERIURBANA

A temperatura de superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda termal. A temperatura da superfície terrestre tem sido tema de diversos estudos (ADAMI et al., 2008; SILVA et al., 2011; FORMIGONI et al., 2011) e bastante aplicada na meteorologia e na análise de recursos naturais, principalmente na estruturação de modelos de balanço de energia, parâmetros biofísicos e bioclimáticos da superfície.

Para esses estudos, o uso de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de sistemas de informações geográficas constituem-se em importantes instrumentos para a avaliação das alterações



ambientais, principalmente na relação do uso e ocupação do solo no campo térmico em áreas urbanas, pois permitem a compreensão da dinâmica de processos biofísicos e da interação entre solo, planta e atmosfera em áreas urbanas (SANTANA et al., 2014). A utilização de técnicas de SIG e sensoriamento remoto em diferentes áreas da superfície terrestre tem alcançado resultados satisfatórios, consistentes e importantes para o monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais, sobretudo em áreas urbanas.

A temperatura de superfície diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera. A melhor faixa que permite uma maior transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético é o intervalo de 8,0 a 14,0 μm (STEINKE et al, 2010).

Segundo MARALET et al. (1985), a obtenção da temperatura de superfície é feita por meio de conversão do número digital (DN) de cada pixel da imagem do canal termal em temperatura aparente de superfície.

MASHIKI (2012), afirma que vários trabalhos utilizaram a estimativa de temperatura de superfície obtida através do sensoriamento remoto, porém, ressalta a colocação de JARDIM (2007), onde aborda aspectos importantes sobre as ilhas de calor:

[...] a “ilha de calor” não representa a realidade do clima urbano, mas um de seus aspectos, traduzida por uma situação momentânea ou horária, motivada pela convergência pontual de fatores ligados às características de conformação do relevo, disposição dos equipamentos e dinâmica urbanos, sob a influência de determinados tipos de tempos, associados aos sistemas atmosféricos em dado estágio de sua evolução temporal.

2.8 VEGETAÇÃO URBANA

As copas das árvores têm um papel importante na atenuação da radiação e conseqüentemente redução da amplitude térmica em áreas adjacentes (RIBEIRO et al., 2015).

De acordo com PENG et al. (2012) a ausência de vegetação altera a participação dos fluxos de energia na superfície, reduzindo o fluxo de calor latente, conseqüentemente aumentando o fluxo de calor sensível. Esta afirmação corrobora com MASHIKI (2012), onde afirma que qualquer tipo de vegetação tem influência na amenização das ilhas de calor.

GARTLAND (2010) afirma que vegetações absorvem água pelas suas raízes e emitem vapor através de suas folhas, processo chamado de evapotranspiração, onde retira o calor do ar para evaporar água, podendo reduzir picos de temperatura do ar durante o verão.

Segundo ABREU (2008), a evapotranspiração das plantas tem efeito benéfico no clima de áreas urbanas, onde absorve calor, diminuindo temperatura de microclima local, em momentos de maior onda de calor.



Um telhado pode diminuir a temperatura do ar em 2°C, enquanto a sombra de uma árvore que transpira pode reduzir a temperatura em 4°C (PRIMAVESI et al, 2007).

A presença de maciços vegetais pode promover o efeito inverso ao fenômeno ilha de calor, e favorecer a ocorrência de ilhas de frescor, onde FERREIRA et al (2015) estudando ilhas de frescor, afirma que as áreas verdes promovendo as ilhas de frescor, contribuem para minimizar os efeitos extremos da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, proporcionando melhorias das condições ambientais dos espaços urbanizados.

Para NINCE et al. (2014), os efeitos diretos do sombreamento pela vegetação podem ser quantificados por meio das medições da temperatura de superfície de materiais expostos e protegidos pelas copas das árvores. Uma área sombreada é fracamente atingida pela radiação solar direta incidente e, assim, a temperatura radiante daquela superfície é menor, o que diminui a radiação de ondas longas emitidas.

A cobertura vegetal pode absorver até 50% da radiação de onda curta e até 95% da radiação de onda longa (BARBIRATO et al, 2007). A radiação de onda curta é aquela proveniente da radiação solar e a radiação de onda longa aquela emitida pela superfície terrestre.

Segundo Oliveira (2011), uma das soluções para amenizar os problemas causados pela urbanização é tratar o meio urbano com vegetação, por meio da arborização de vias públicas e da criação de áreas naturais protegidas. Porém, áreas com ausência de vegetação, ou a mesma com alto nível de degradação, apresentam características de emissividade semelhante a solo exposto, conforme afirma ALVES & VECCHIA (2012), corroborando com GARTLAND (2010), onde, o solo exposto sem cobertura vegetal, possui alta amplitude térmica, aquecendo rapidamente durante o período de exposição solar, aumentando a irradiação de calor e temperatura em seu entorno.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

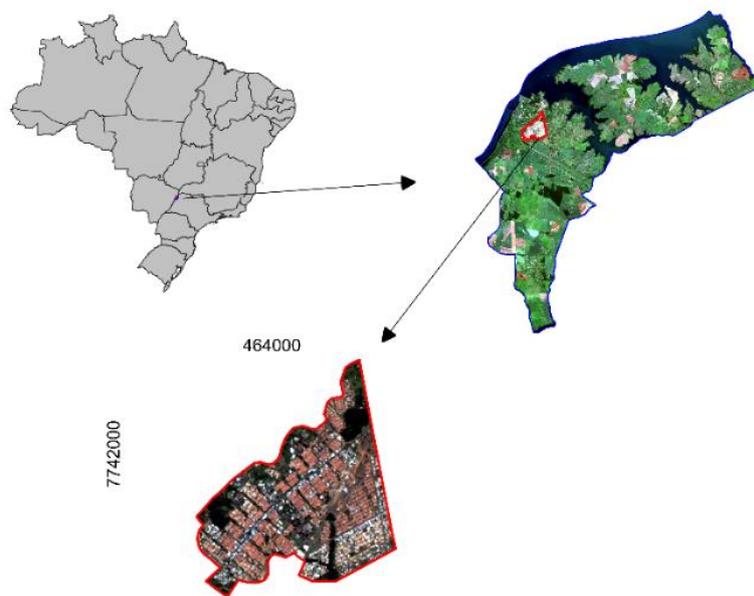
3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Ilha Solteira está localizado a noroeste do Estado de São Paulo, na posição mais estratégica da Hidrovia Tietê-Paraná, apresentando área total de 661,3 Km². Desse total, 5,82 km² compõem a área urbana (MIRANDA et al., 2005; SILVA et al., 2006). De acordo com o Sistema Internacional de Köppen, o clima desta região é o tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Aw). As temperaturas médias mensais variam entre 21,5 °C (julho) e 26,4 °C (dezembro), e as precipitações médias mensais variam de 20 mm (julho) a 225 mm (janeiro). O período de excedente hídrico estende-se de janeiro a fevereiro, e o de deficiência hídrica, de março a dezembro. A velocidade média do vento é classificada como fraca, e a sua direção predominante é E-SE (HERNANDEZ, 2007). O relevo da área de estudo é o colinoso, com predomínio de colinas amplas e médias (SÃO PAULO, 1981). Mais de 80% da área urbana apresenta declividades que variam de 0 a



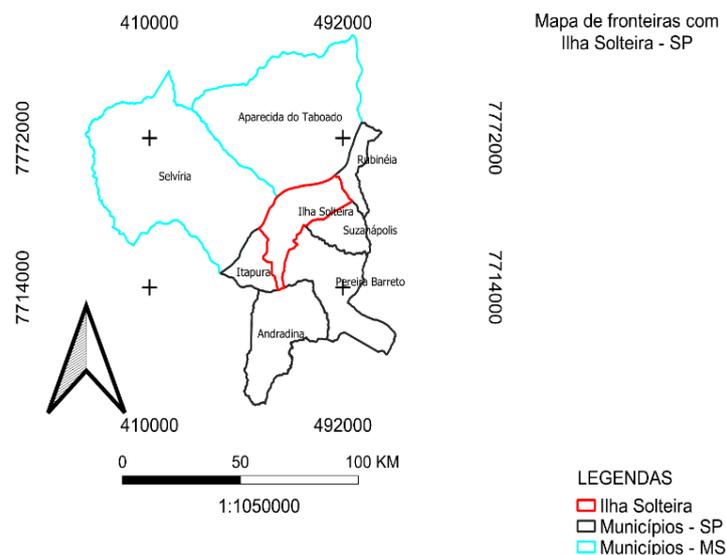
5%, e as classes de orientações de vertentes que predominam são as sul-oeste (SW) e oeste (W) (SANTOS, 2005). O solo presente na área de estudo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico A moderado de textura argilosa, de relevo plano e suave ondulado (LV39) (EMBRAPA, 1999). Em Ilha Solteira, existem as áreas verdes denominadas Área de Lazer, localizada na posição norte do perímetro urbano, com 11,35 ha, ocupada com a espécie *Pinus elliottii* e Zoológico, localizada na posição oeste do perímetro urbano, com 18 há, ocupada com vegetação predominante do bioma Mata Atlântica (Mata Seca Semi-Decidual) (COSTA et al., 2010). A Figura 3 corresponde a localização do município de Ilha Solteira no estado de São Paulo e o limite da área urbana dentro do município. E a Figura 4 mostra as fronteiras com outros municípios.

Figura 3: Mapa de Localização do Município e cidade de Ilha Solteira



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 4: Limite de Ilha Solteira e suas fronteiras.:



Fonte: Elaboração do próprio autor



3.2 AQUISIÇÃO DE IMAGENS

Para a execução deste trabalho, foi realizado um levantamento de imagens orbitais gratuitas, disponíveis em United States Geological Survey (USGS), (www.usgs.gov), através do satélite Landsat 8, sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor). Foram escolhidas as imagens livres de cobertura de nuvens (Tabela 2, 3, 4 e 5).

Tabela 2: Imagens obtidas do satélite Landsat 8 do ano 2018

| 2018 | Data da Imagem | Órbita/Ponto | Estação do Ano |
|------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | 19/08/2018 | 222/074 | Inverno (1) |
| 2 | 11/09/2018 | 223/074 | Inverno (2) |
| 3 | 29/04/2018 | 222/074 | Outono (1) |
| 4 | 31/05/2018 | 222/074 | Outono (2) |
| 5 | 22/10/2018 | 222/074 | Primavera (1) |
| 6 | 16/12/2018 | 223/074 | Primavera (2) |
| 7 | 11/02/2019 | 222/074 | Verão (1) |
| 8 | 06/03/2019 | 223/074 | Verão (2) |

Tabela 3: Imagens obtidas do satélite Landsat 8 do ano 2019

| 2019 | Data da Imagem | Órbita/Ponto | Estação do Ano |
|------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | 28/07/2019 | 223/74 | Inverno (1) |
| 2 | 07/09/2019 | 222/74 | Inverno (2) |
| 3 | 31/03/2018 | 222/074 | Outono (1) |
| 4 | 10/06/2018 | 223/074 | Outono (2) |
| 5 | 25/10/2019 | 222/074 | Primavera (1) |
| 6 | 17/11/2019 | 223/074 | Primavera (2) |
| 7 | 14/02/2020 | 222/074 | Verão (1) |
| 8 | 13/03/2019 | 222/074 | Verão (2) |

Tabela 4: Imagens obtidas do satélite Landsat 8 do ano 2020

| 2020 | Data da Imagem | Órbita/Ponto | Estação do Ano |
|------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | 08/08/2020 | 222/074 | Inverno (1) |
| 2 | 16/09/2020 | 223/074 | Inverno (2) |
| 3 | 21/06/2020 | 222/074 | Outono (2) |
| 4 | 20/05/2020 | 222/074 | Outono (1) |
| 5 | 11/10/2020 | 222/074 | Primavera (1) |
| 6 | 28/11/2020 | 222/074 | Primavera (2) |
| 7 | 07/02/2021 | 223/074 | Verão (1) |
| 8 | 23/02/2021 | 223/074 | Verão (2) |



Tabela 5: Imagens obtidas do satélite Landsat 8 do ano 2021

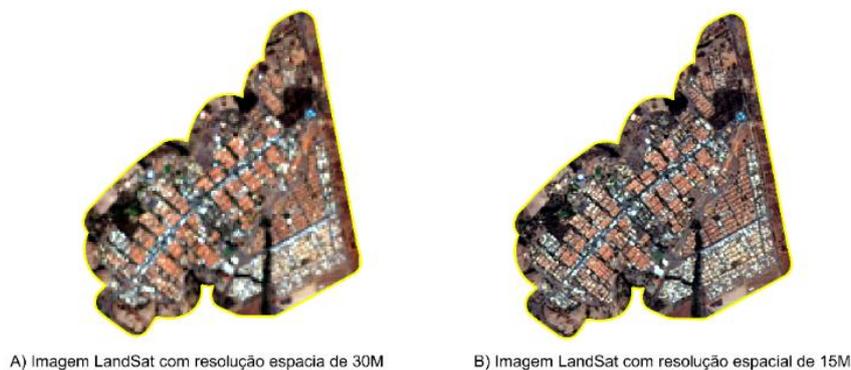
| 2021 | Data da Imagem | Órbita/Ponto | Estação do Ano |
|------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | 11/08/2021 | 222/074 | Inverno (1) |
| 2 | 12/09/2018 | 222/074 | Inverno (2) |
| 3 | 21/04/2021 | 222/074 | Outono (1) |
| 4 | 15/06/2021 | 223/074 | Outono (2) |
| 5 | 06/11/2021 | 223/074 | Primavera (1) |
| 6 | 08/12/2021 | 223/074 | Primavera (2) |
| 7 | 10/02/2022 | 223/074 | Verão (1) |
| 8 | 07/03/2022 | 222/074 | Verão (2) |

3.3 FUSÃO DE IMAGENS

A técnica de fusão de imagens foi realizada para as imagens de todas as datas, obtidas do satélite Landsat 8, com o objetivo de realizar a integração da banda de melhor resolução espacial, banda 8, pancromática (resolução espacial de 15m), com as bandas de menor resolução, banda 2 a 7 (resolução espacial de 30m). Para o fusionamento de imagens, o método do IHS é um dos mais utilizados, devido a sua eficiência e facilidade de implementação (TU et al., 2001).

Por se tratar de uma área urbana de pequeno porte, a integração da banda pancromática com as de menor resolução espacial, se torna essencial, pois reúne ambas as características em uma nova imagem, sendo possível a obtenção de uma melhor visualização e interpretação da área de estudo (Figura 5). Para a geração das imagens fusionadas foi utilizado o SIG QGis 3.16 Hannover

Figura 5: Imagem Bruta (A) e Imagem Fusionada (B)



Fonte: Elaboração do próprio autor



3.4 ESCALA DE BEAUFORT

A Escala de Beaufort tem como objetivo medir a intensidade dos ventos através das observações, visto que a própria escala foi construída dessa maneira. Criado pelo Sir Francis Beaufort essa escala foi amplamente utilizada pela Marinha Real Britânica. Nesse trabalho foi usado a Escala de Beaufort (Figura 6) como parâmetro para classificar a magnitude dos ventos em: Fraco (0 -3), Moderado (4 – 6) e Forte (>7).

Figura 6: Escala de Beaufort modificada pelo Departamento de Proteção e Defesa Civil da Prefeitura de Santo André

| Grau | Designação | m/s | km/h | Efeitos em terra |
|------|---------------------|-------------|-----------|--|
| 0 | Calmo | <0,3 | <1 | Fumaça sobe na vertical |
| 1 | Aragem | 0,3 a 1,5 | 1 a 5 | Fumaça indica direção do vento |
| 2 | Brisa leve | 1,6 a 3,3 | 6 a 11 | As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar |
| 3 | Brisa fraca | 3,4 a 5,4 | 12 a 19 | As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento |
| 4 | Brisa moderada | 5,5 a 7,9 | 20 a 28 | Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores |
| 5 | Brisa forte | 8 a 10,7 | 29 a 38 | Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas |
| 6 | Vento fresco | 10,8 a 13,8 | 39 a 49 | Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto; assobio em fios de postes |
| 7 | Vento forte | 13,9 a 17,1 | 50 a 61 | Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento |
| 8 | Ventania | 17,2 a 20,7 | 62 a 74 | Quebram-se galhos de árvores; dificuldade em andar contra o vento; barcos permanecem nos portos |
| 9 | Ventania forte | 20,8 a 24,4 | 75 a 88 | Danos em árvores e pequenas construções; impossível andar contra o vento |
| 10 | Tempestade | 24,5 a 28,4 | 89 a 102 | Árvores arrancadas; danos estruturais em construções |
| 11 | Tempestade violenta | 28,5 a 32,6 | 103 a 117 | Estragos generalizados em construções |
| 12 | Furacão | >32,7 | >118 | Estragos graves e generalizados em construções |

Fonte: <https://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>

3.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Com utilização do SIG QGIS, foi gerada a imagem de temperatura de superfície (Ås), onde, utilizou-se a banda 10 (termal), do satélite Landsat-8, sensor TIRS, que apresenta a resolução espacial de 30 metros. Para a geração da imagem de temperatura, foi utilizada a ferramenta calculadora rastrear, ferramenta implementada no SIG, inserindo a Equação 1, proposta pelo USGS (2015) onde, com base nos metadados contidos no conjunto de imagem, realizou-se a conversão de níveis de cinza para radiância:

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (1)$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância Espectral no topo da atmosfera em Watts/ (m²*sr*µm)



ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 (3.3420E-04)

Q_{cal} = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN (banda 10)

AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0.10000)

Após gerada a imagem de radiância, converteu-se este resultado para imagem de temperatura superfície (T_s), porém a imagem resultante desta conversão apresenta seus dados

em temperatura Kelvin, de acordo com Coelho e Correa (2013), há a necessidade de implementação na Equação 2, proposta por USGS (2015), subtraindo 273,15 de seu resultado, para a obtenção de imagem de temperatura em grau Celsius, assim:

$$T_s = K2 \ln (K1L\lambda + 1) - 273,15 \quad (2)$$

Onde:

T_s = Temperatura de superfície, em grau Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

$K1$ = Constante de calibração 1 (774.89)

$K2$ = Constante de calibração 2 (1.321.08)

$L\lambda$ = Radiância espectral em Watts/ ($\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$)

Porém foi utilizada a fórmula simplificada juntando a Equação 1 e 2, o resultado vemos abaixo:

$$TC = (1321.08 / \ln (774.89 / (3.3420E-04 * \text{"banda10.tif"} + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

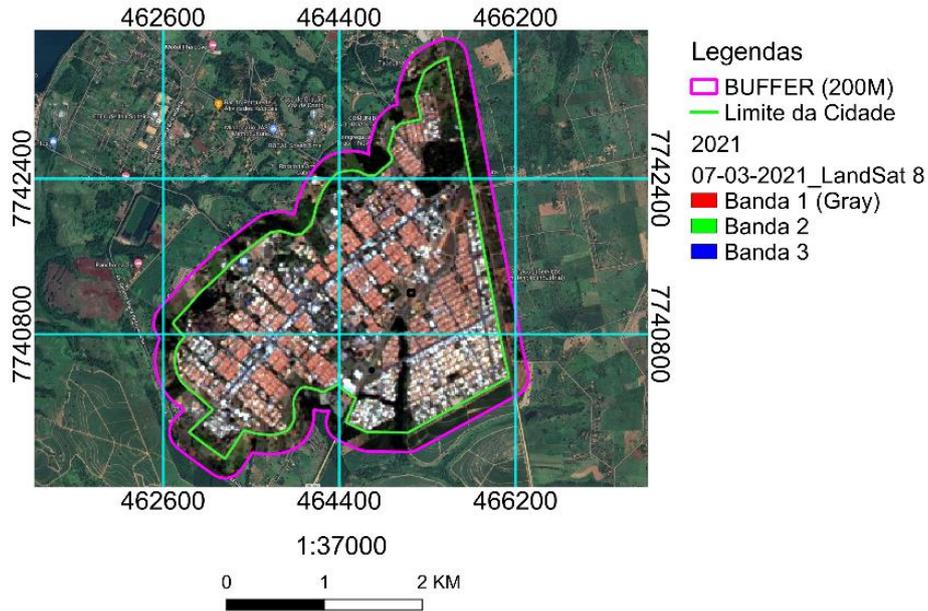
3.6 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM ILHAS DE CALOR URBANO (ICU'S)

Foi criado um banco de dados georreferenciado para a análise, exploração e exibição das informações espaciais processadas utilizando o QGIS 3.16 Hannover.

Após a importação das imagens processadas contendo a temperatura de superfície, e a imagem de alta resolução espacial, Landsat, prosseguiu-se com a importação dos dados vetoriais: limites da área urbana. Com base no limite da área urbana, foi criado um buffer (200m), abrangendo a área rural no entorno do perímetro urbano, sendo esta a área de referência para a análise de ocorrência de ICU dentro da cidade de Ilha Solteira, conforme (Figura 7).



Figura 7: Delimitação da área urbana e área de entorno



Fonte: Elaboração do próprio autor

4 RESULTADOS

2018

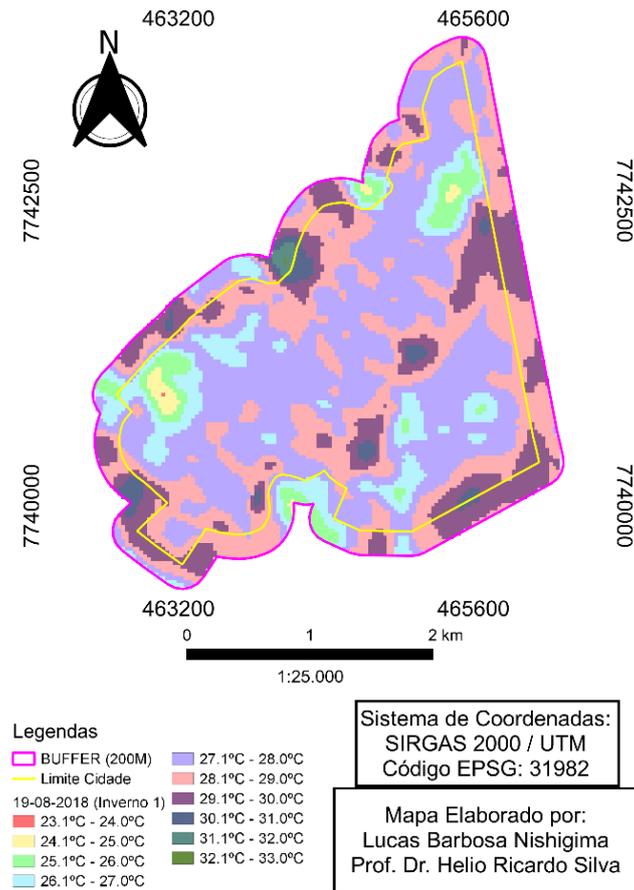
4.1 INVERNO 1

4.1.1 Ilha de Calor Urbana em 19/08/2018

Na imagem de temperatura de superfície, obtida em 19/08/2018, correspondendo a estação Inverno (Figura 8), não foi constatada a ocorrência de áreas com ICU.



Figura 8: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 19/08/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

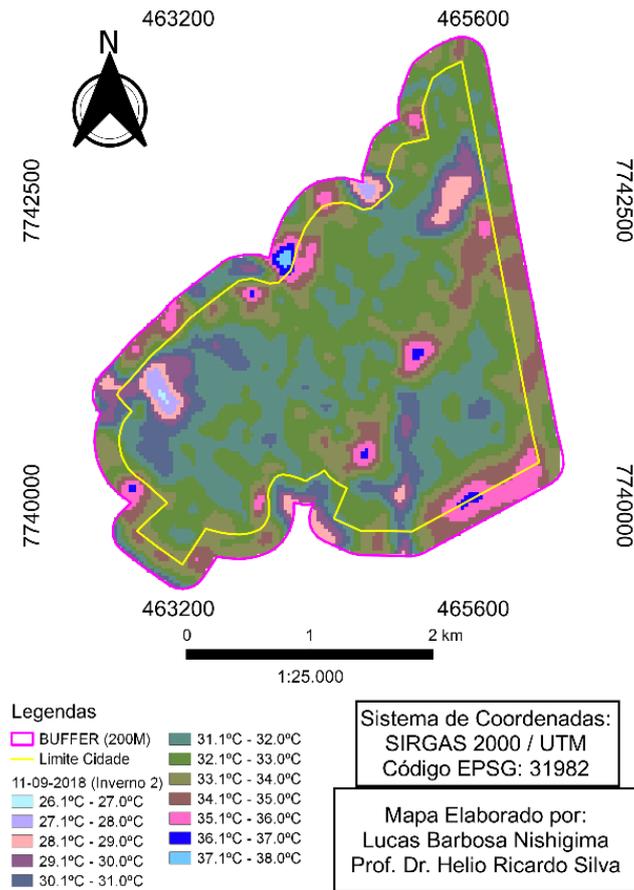
4.2 INVERNO 2

4.2.1 Ilha de Calor Urbana em 11/09/2018

Na imagem de temperatura de superfície, obtida em 11/09/2018, correspondendo a estação inverno (Figura 9), não foi constatada a ocorrência de áreas com ICU.



Figura 9: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 11/09/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

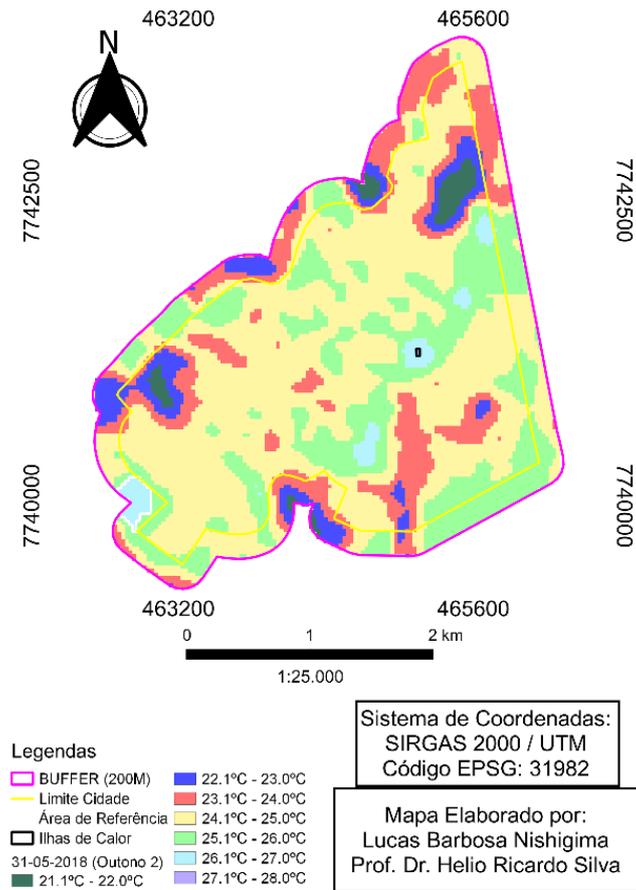
4.3 OUTONO 1

4.3.1 Ilha de Calor Urbana em 29/04/2018

Na imagem de temperatura de superfície, obtida em 29/04/2018, correspondendo a estação Inverno (Figura 10), não foi constatada a ocorrência de áreas com ICU.



Figura 11: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/05/2018



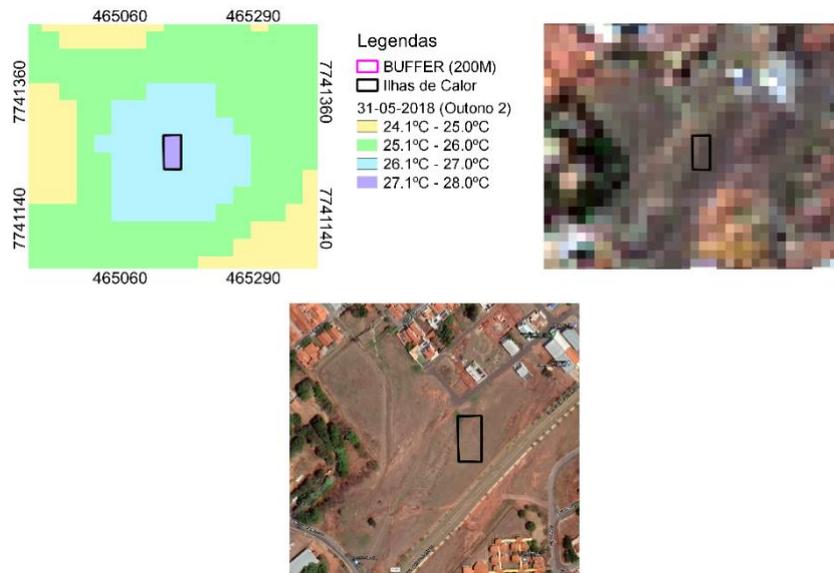
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 6: Medidas da área de ICU em 31/05/2018

| | Outono (2) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 27.1°C - 28.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,181 | 735,094 |
| Área (%) | 99,976 | 0,024 | 100 |



Figura 12: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/05/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.5 PRIMAVERA 1

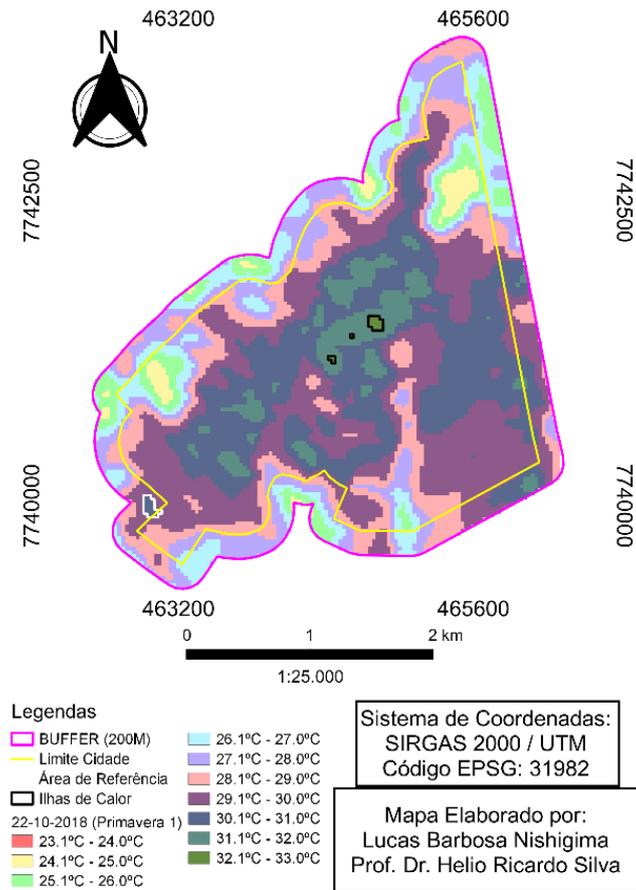
4.5.1 Ilha de Calor Urbana em 22/10/2018

De acordo com os dados obtidos em 22/10/2018 (Figura 13), foram identificadas 3 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1, 2 e 3. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 31.1 a 32°C.

Local: R. Olinda e R. Floresta (Bem-Estar Natural), Pas. Caruaru (Thai Acessório e Silva) e Pas. Juazeiro (CrTatto Studio) (Região Norte)



Figura 13: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 22/10/2018



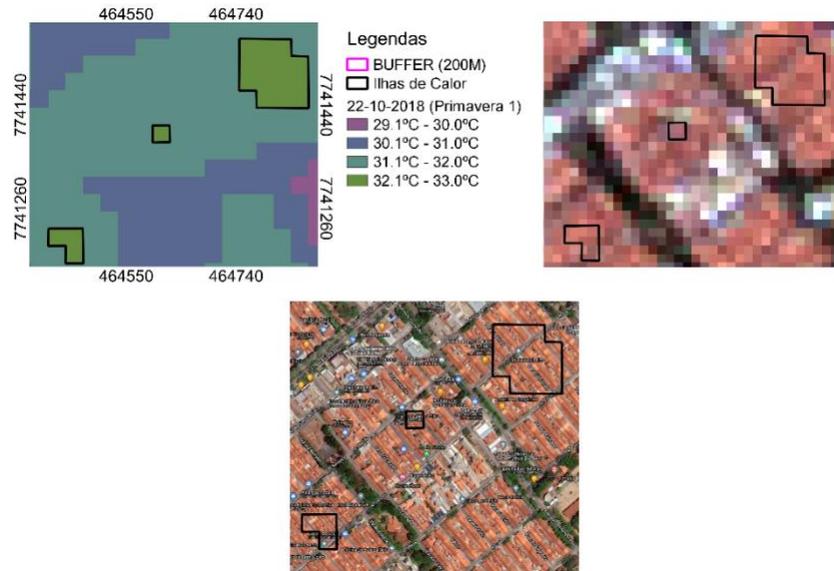
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 7: Medidas da área de ICU em 22/10/2018

| | Primavera (1) | | |
|-----------------|----------------|----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 33.0°C | Limite Urbano | Área ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 1,615 | 736,528 |
| Área (%) | 99,78 | 0,22 | 100 |



Figura 14: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 22/10/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.6 PRIMAVERA 2

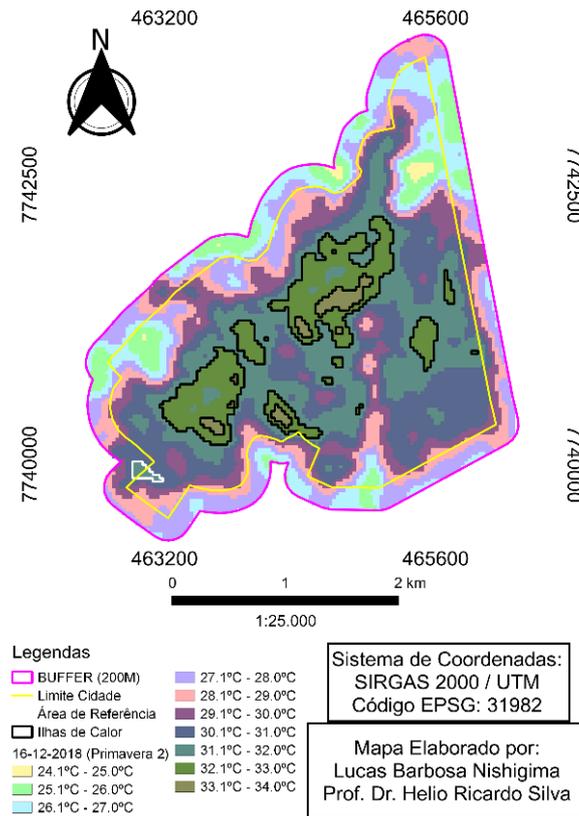
4.6.1 Ilha de Calor Urbana em 16/12/2018

De acordo com os dados obtidos em 16/12/2018 (Figura 15), foram identificadas 19 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 31.1 a 32°C.

Local: 32.1 até 33.0°C: R. Londrina, R. Curitiba, Av. Brasil Sul, Al. Santa Catarina, Pas. Laguna, Pas. Itu, Al. Paraná, R. Maringá, R. Ivaí, R. Uberaba, R. Belo Horizonte, R. Rio Paraíba, R. Cuiabá, R. Corumbá, R. Goiânia, Pas. Recife, R. Caracol, Pas. Batalha, R. Imperatriz, R. Rio Tocantins, R. Rio Carnaíba, R. São Luís, R. Icaraí, R. Manaus, R. Canindé, Pas. Oros, R. Sete de Setembro, R. 25, R. 23, R. 29, R. 31, Av. 15 de Outubro, Pas. Araras, R. Limeira, R. 9, Al. Bahia, R. Laguna, R. Sorocaba, Pas. Araras, R. Limeira, Pas. Salvador, Pas. Juazeiro, Pas. Recife, Pas. Floresta, Pas. Olinda, R. Fortaleza, Pas. Sobral, Pas. Imperatriz, Al. Bahia, Pas. Cabo, R. Recife, Pas. Caruaru, R. Olinda, R. Floresta, Pas. Sobral, R. Fortaleza, R. Salvador, R. Rio Iguaçu, Pas. Santos.



Figura 15: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



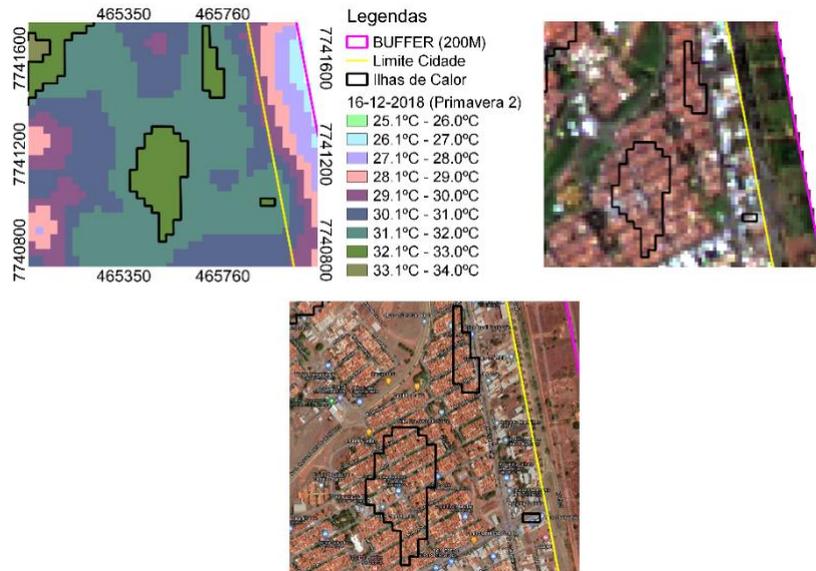
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 8: Medidas da área de ICU em 16/12/2018

| | Primavera (2) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 138 | 872,913 |
| Área (%) | 81,22 | 18,78 | 100 |

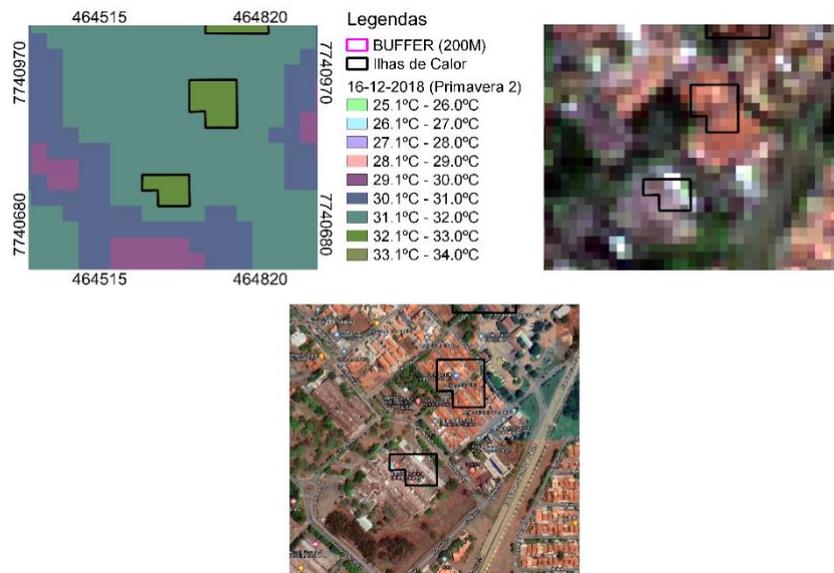


Figura 16: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

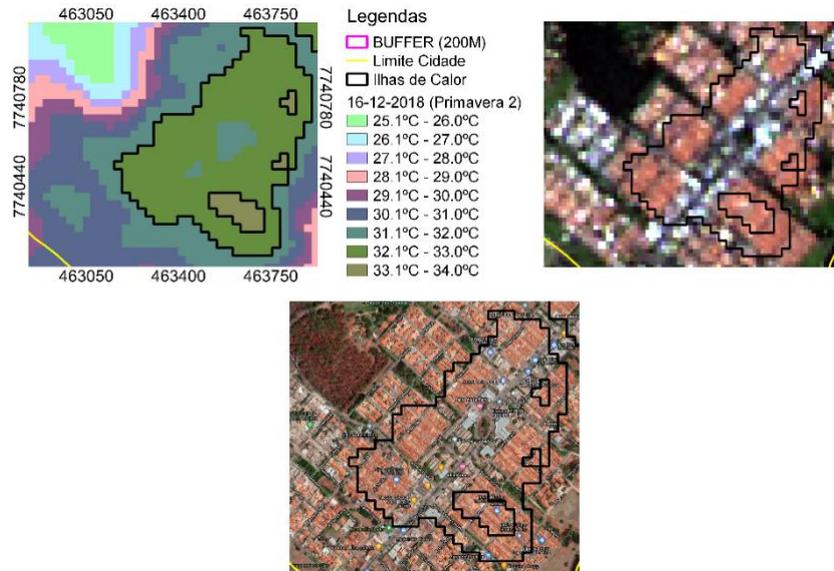
Figura 17: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

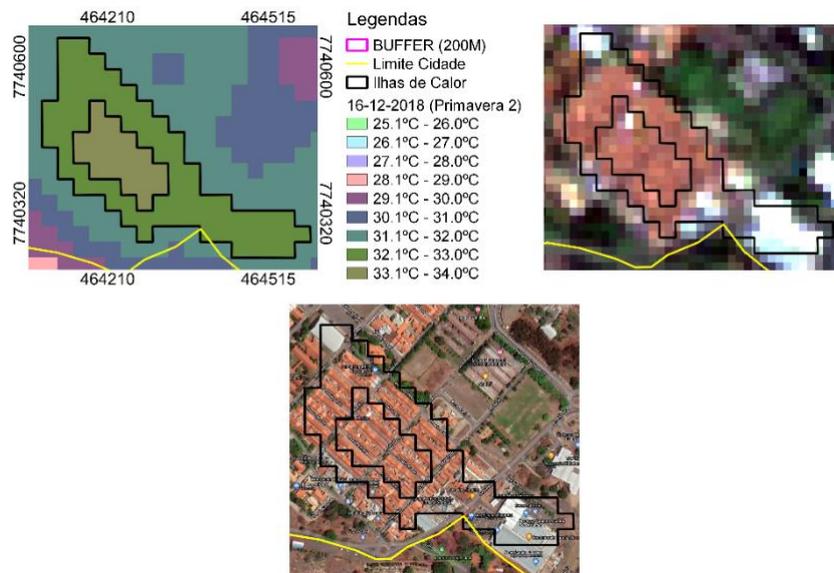


Figura 18: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

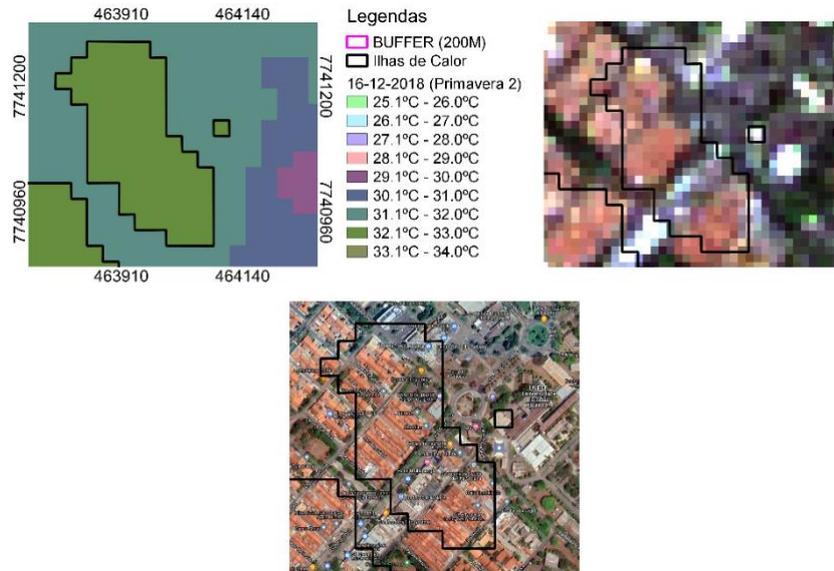
Figura 19: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

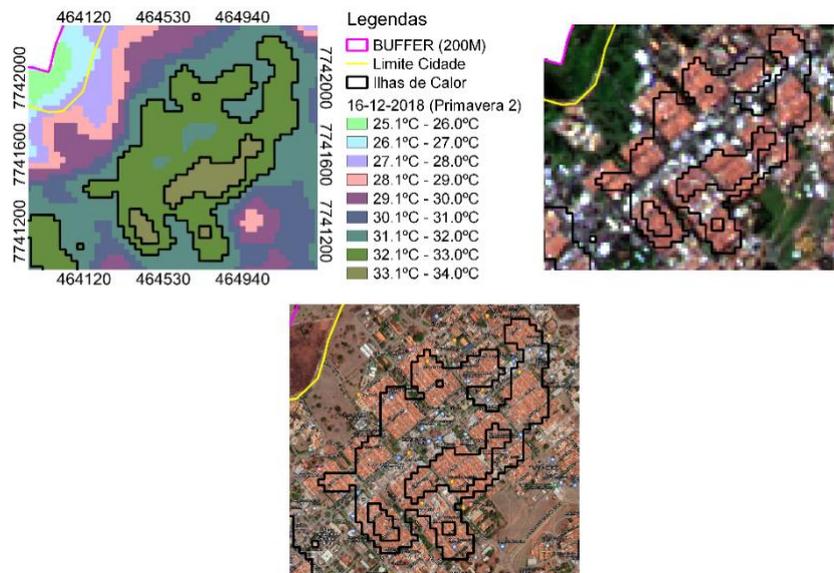


Figura 20: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 21: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/12/2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.7 VERÃO 1

4.7.1 Ilha de Calor Urbana em 22/02/2019

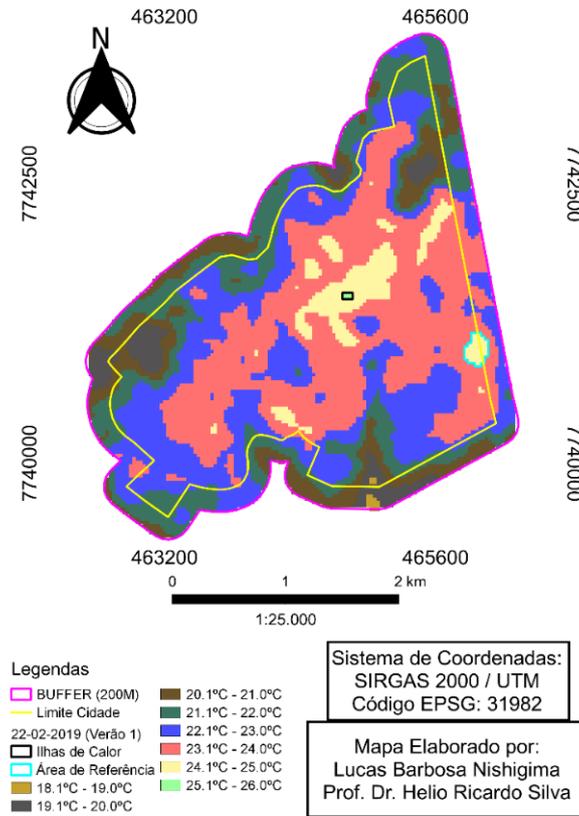
De acordo com os dados obtidos em 22/02/2019 (Figura 22), foi identificada 1 área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Área 1. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 24.1 a 25°C.

A área denominada Área 1 esteve com uma temperatura de 25.1 a 26°C, 1°C acima da área de referência.



Local: R. Olinda.

Figura 22: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 22/02/2019



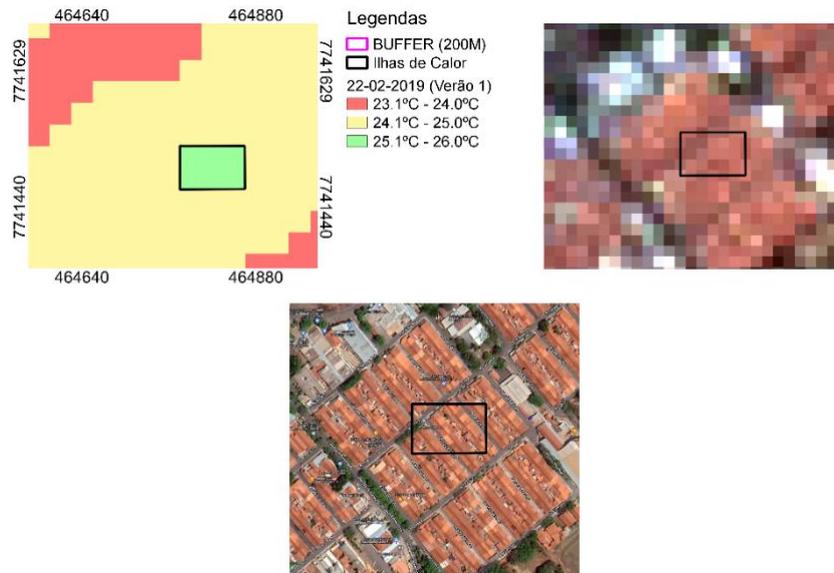
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 9: Medidas da área de ICU em 22/02/2019

| 32.1°C - 34.0°C | Verão (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,539 | 735,452 |
| Área (%) | 99,93 | 0,07 | 100 |



Figura 23: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 22/02/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.8 VERÃO 2

4.8.1 Ilha de Calor Urbana em 06/03/2019

De acordo com os dados obtidos em 06/03/2019 (Figura 24), foi identificada 17 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 29.1 a 30°C.

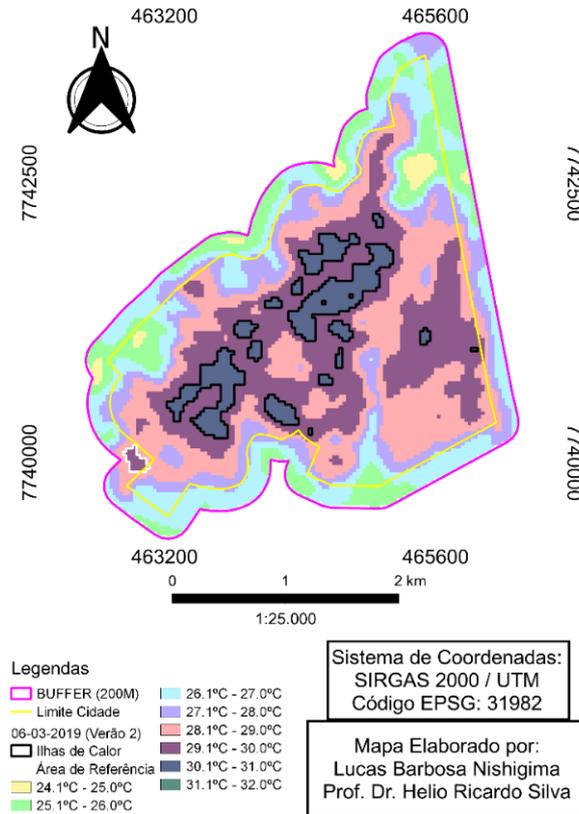
Local: 30.1°C a 31°C: R. Curitiba, Al. Paraná, R. Maringá, R. Rio Ivaí, Pas. Uberaba, R. Uberaba, Al. Minas Gerais, R. Belo Horizonte, Pas. Belo Horizonte, Pas. Caxambu, R. Rio Paraíba, Av. Brasil Sul, Al. São Paulo, Pas. Santos, R. Santos, Pas. Sorocaba, R. Sorocaba, Pas. Bauru, Pas. Laguna, R. Rio Iguaçu, R. Tijucas, Pas. Tijucas, Al. Santa Catarina, Pas. Corumbá, R. Marília, Pas. Marília, Pas. Limeira, R. Limeira, Pas. Araras, R. Piracicaba, R. Guanabara, R. Jequié, Pas. Jequié, R. Salgueiro, Pas. Salgueiro, Pas. Cabo, R. Nazaré, R. Ilhéus, Pas. Ilhéus, R. Juazeiro, Pas. Juazeiro, R. Salvador, Pas. Salvador, R. Rio São Francisco, Pas. Recife, R. Recife, Pas. Caruaru, R. Caruaru, Pas. Floresta, R. Floresta, R. Olinda, Pas. Olinda, R. Rio Ipanema, Al. Pernambuco, R. Fortaleza, Pas. Fortaleza, Pas. Sobral, R. Sobral, Al. Ceará, Pas. Canindé, Pas. Icaraí, R. Icaraí, Av. Brasil Norte, Pas. Imperatriz, R. Imperatriz, R. Colinas, Pas. Colinas, Pas. Monção, Al. Maranhão, R., Arati, Pas. São Luís, R. São Luís, R. Manaus, Pas. Manaus, R. Onelio Buttarello, R. Vinte e Quatro,

R. Sete de Setembro, Av. Quinze de outubro, R. Goiânia, Pas. Cristalina, Pas. Goiânia, Pas. Barras, R. Teresina., Pas. Caracol, Pas. Batalha, R. Caracol, R. Batalha, Pas. Correntes, R. Correntes.

31.1°C a 32°C: R. Recife, Pas. Floresta



Figura 24: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



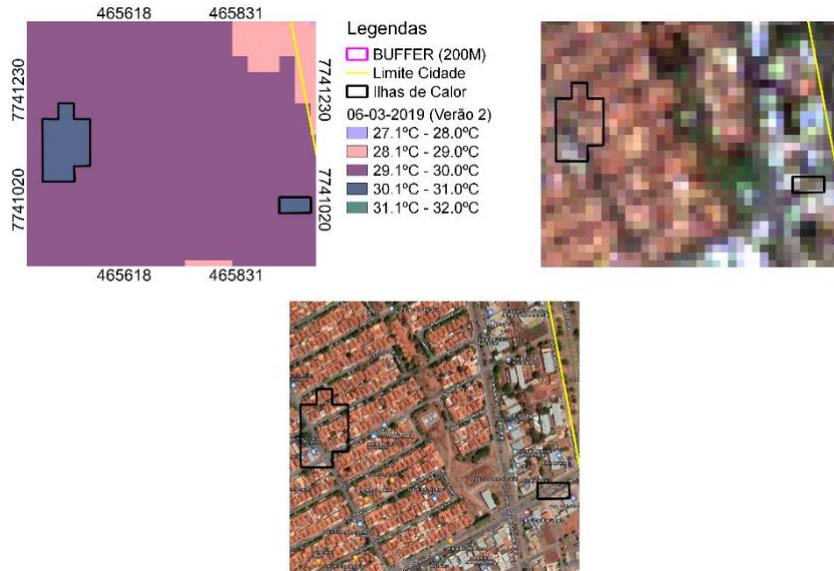
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 10: Medidas da área de ICU em 06/03/2019

| | Verão (2) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 30.1°C - 32.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 74,339 | 809,252 |
| Área (%) | 89,88 | 10,12 | 100 |

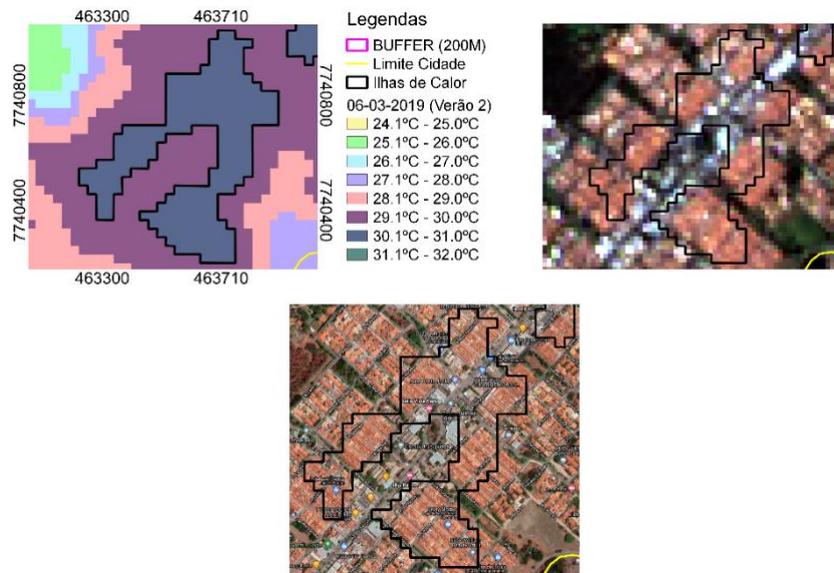


Figura 25: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

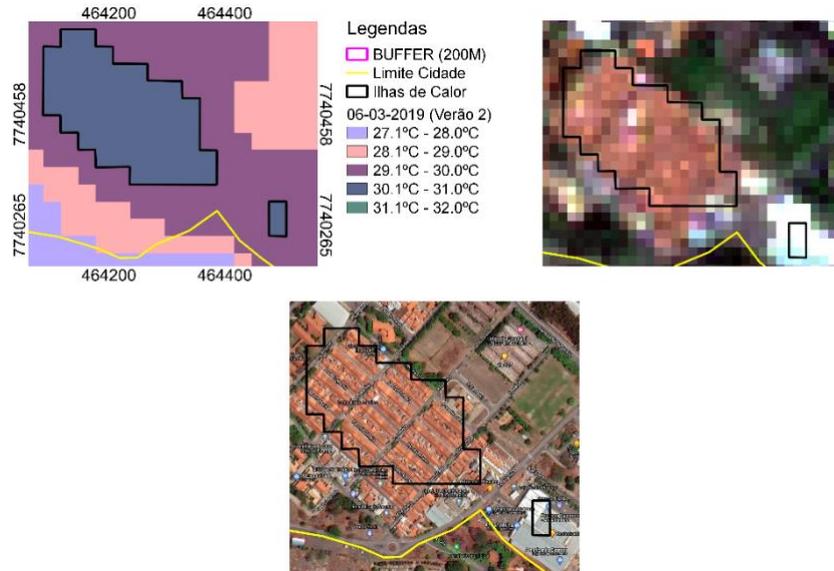
Figura 26: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

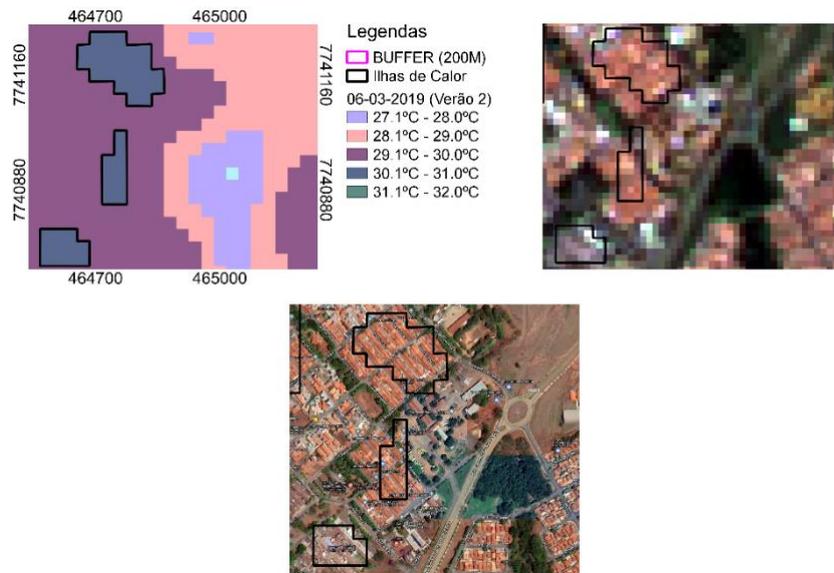


Figura 27: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

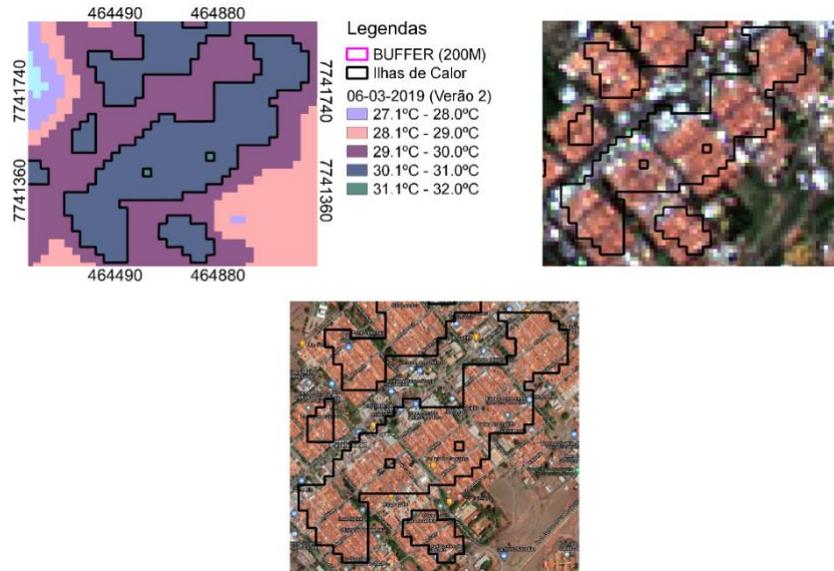
Figura 28: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

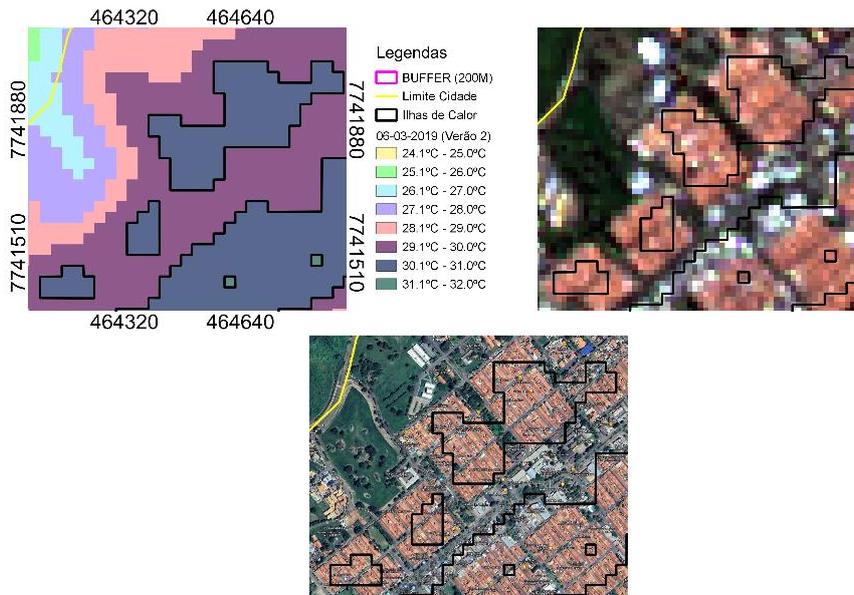


Figura 29: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

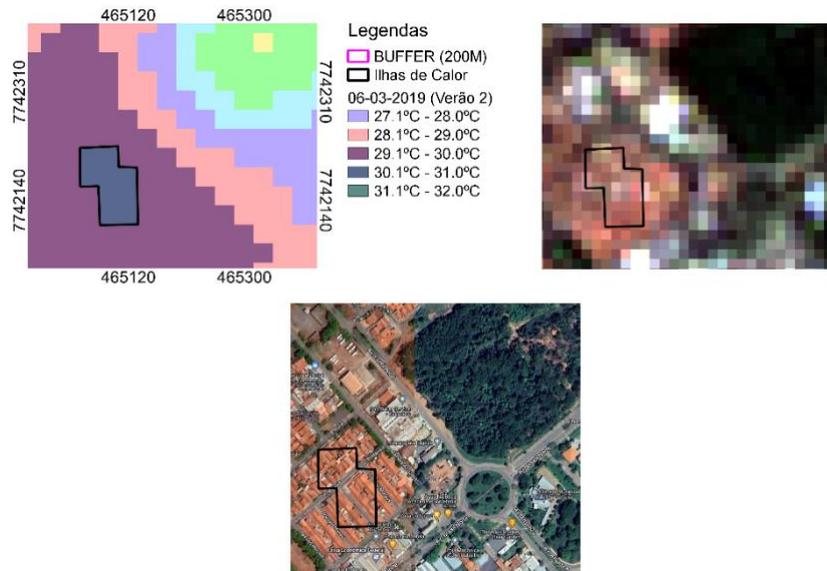
Figura 30: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor



Figura 31: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor
2019

4.9 INVERNO 1

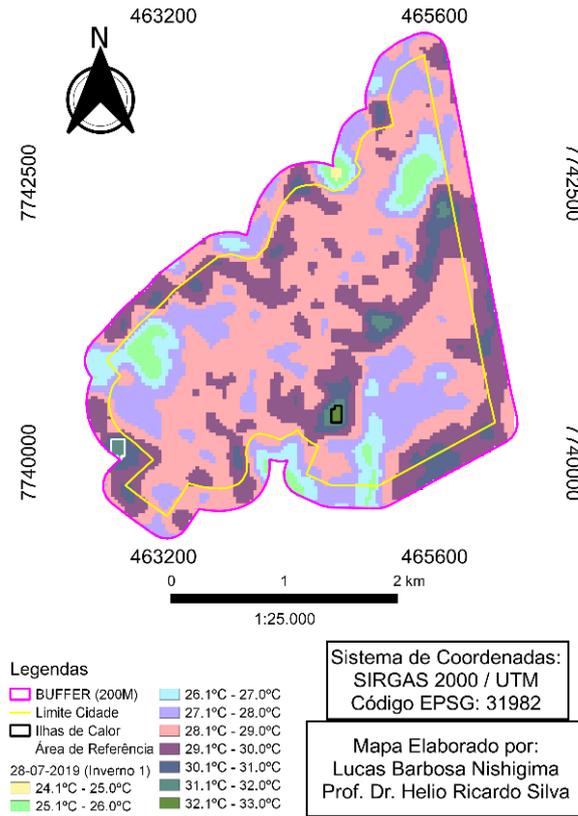
4.9.1 Ilha de Calor Urbana em 28/07/2019

De acordo com os dados obtidos em 28/07/2019 (Figura 32), foi identificada 1 área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 31.1 a 32°C.

Local: Av. Quine de Outubro, Al. Rio de Janeiro



Figura 32: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 28/07/2019

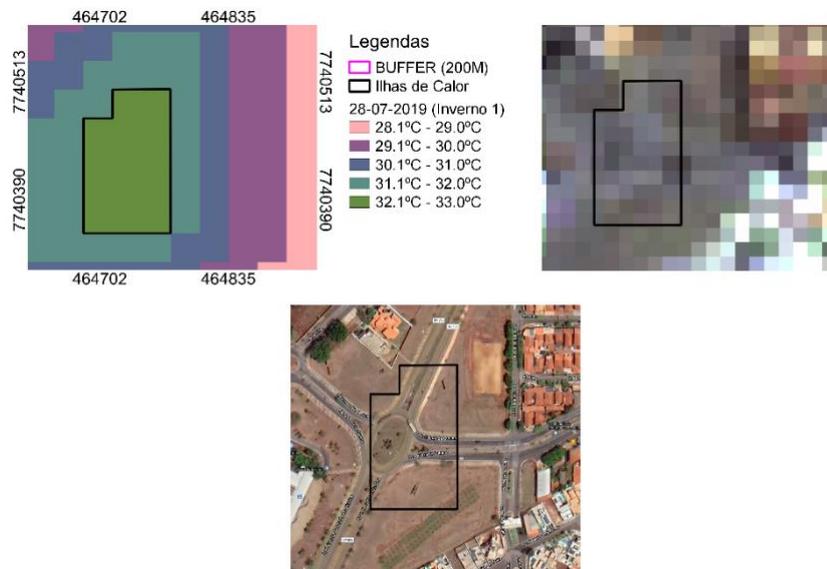


Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 11: Medidas da área de ICU em 28/07/2019

| | Inverno (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 1,26 | 736,173 |
| Área (%) | 99,83 | 0,17 | 100 |

Figura 33: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 28/07/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor



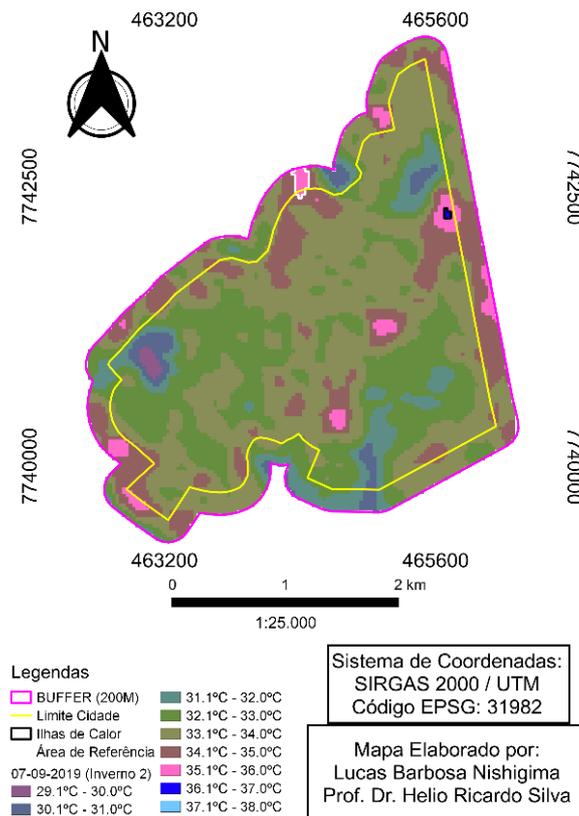
4.10 INVERNO 2

4.10.1 Ilha de Calor Urbana em 07/09/2019

De acordo com os dados obtidos em 07/09/2019 (Figura 34), foi identificada 1 área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 35.1 a 36°C.

Local: Av. Perimetral (perto da Praça das Araras)

Figura 34: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 07/09/2019



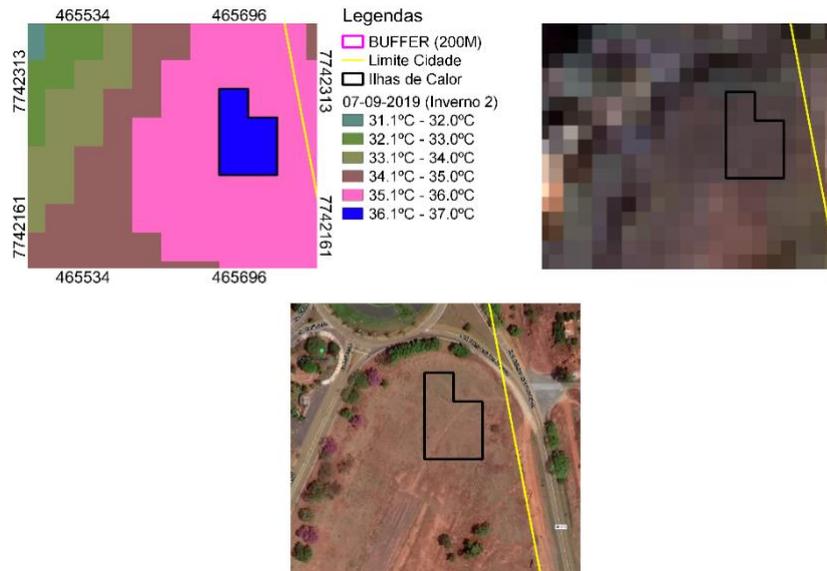
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 12: Medidas da área de ICU em 07/09/2019

| | Inverno (2) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,45 | 735,363 |
| Área (%) | 99,94 | 0,06 | 100 |



Figura 35: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 07/09/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.11 OUTONO 1

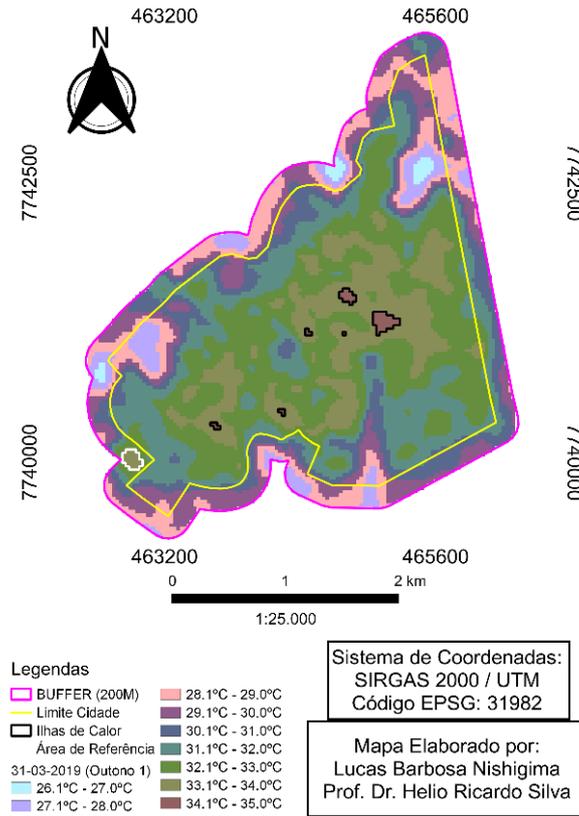
4.11.1 Ilha de Calor Urbana em 31/03/2019

De acordo com os dados obtidos em 31/03/2019 (Figura 36), foram identificadas 6 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1, 2, 3, 4, 5, 6. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 33.1 a 34°C.

Local: Pas. Tijucas, R. Tijucas, Pas. Limeira, R. Limeira, Pas. Ilhéus, R. Juazeiro, Pas. Salgueiro, Rod. Gerson Dourado de Oliveira, Pas. Olinda, R. Olinda, Pas. Floresta, Floresta.



Figura 36: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019

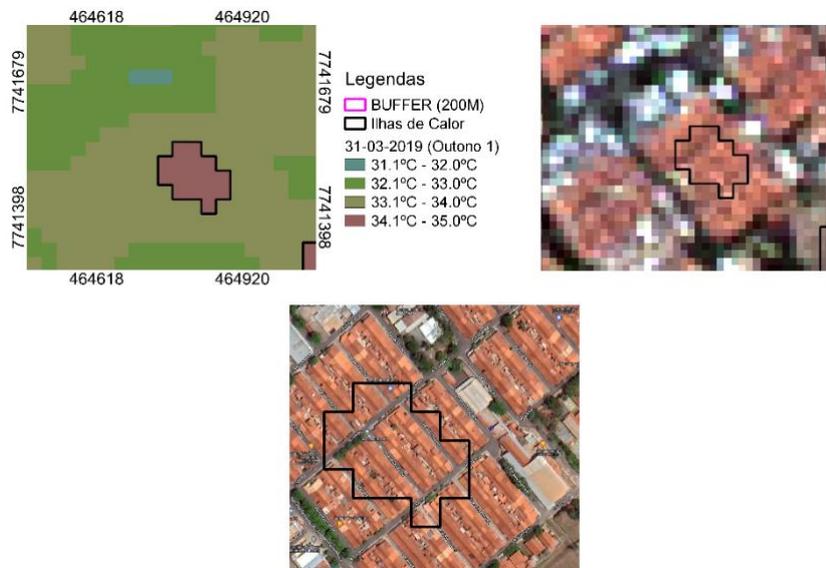


Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 13: Medidas da área de ICU em 31/03/2019

| | Outono (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 5,583 | 740,496 |
| Área (%) | 99,24 | 0,76 | 100 |

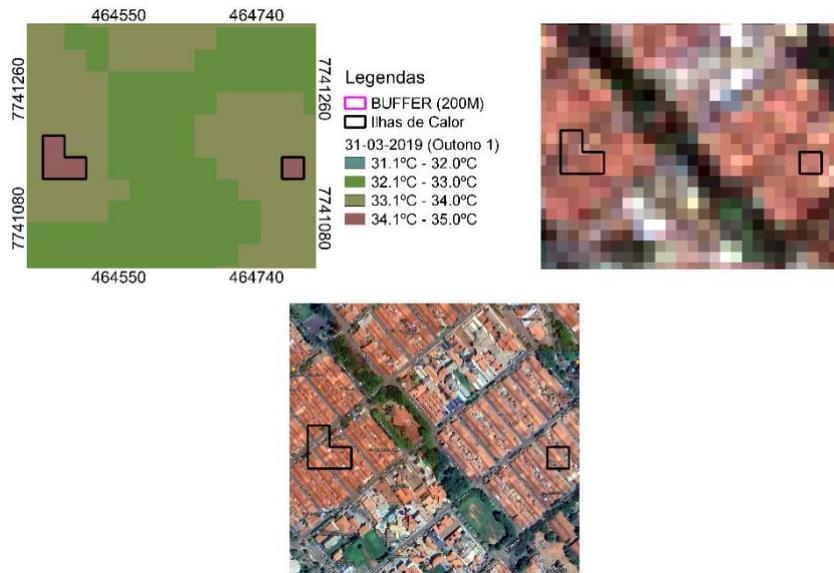
Figura 37: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

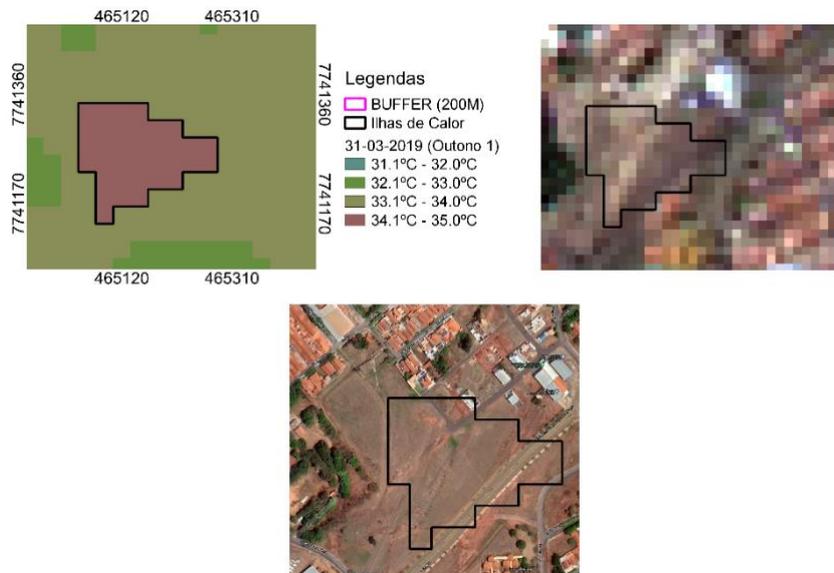


Figura 38: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

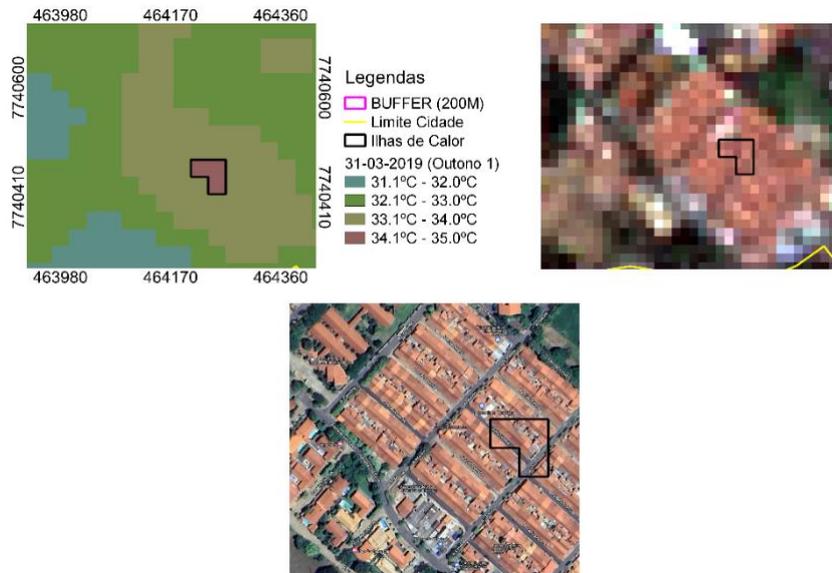
Figura 39: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

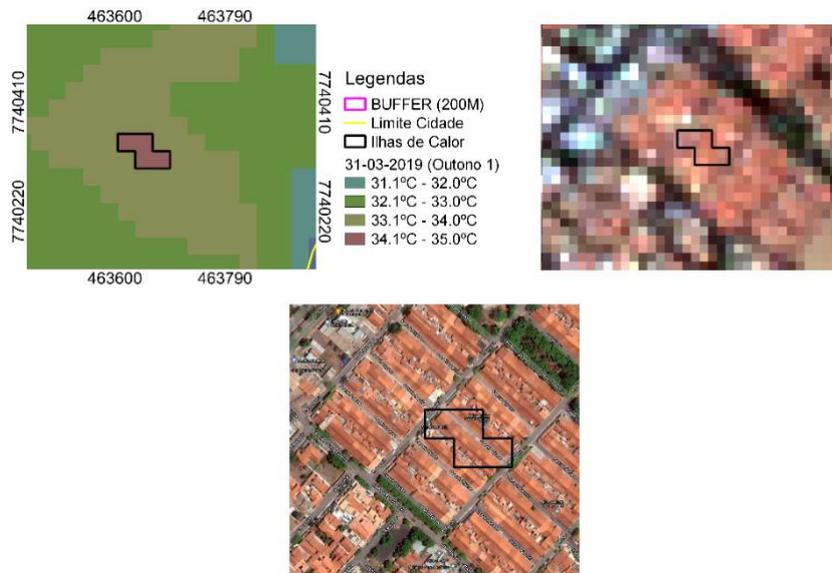


Figura 40: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 41: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 31/03/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

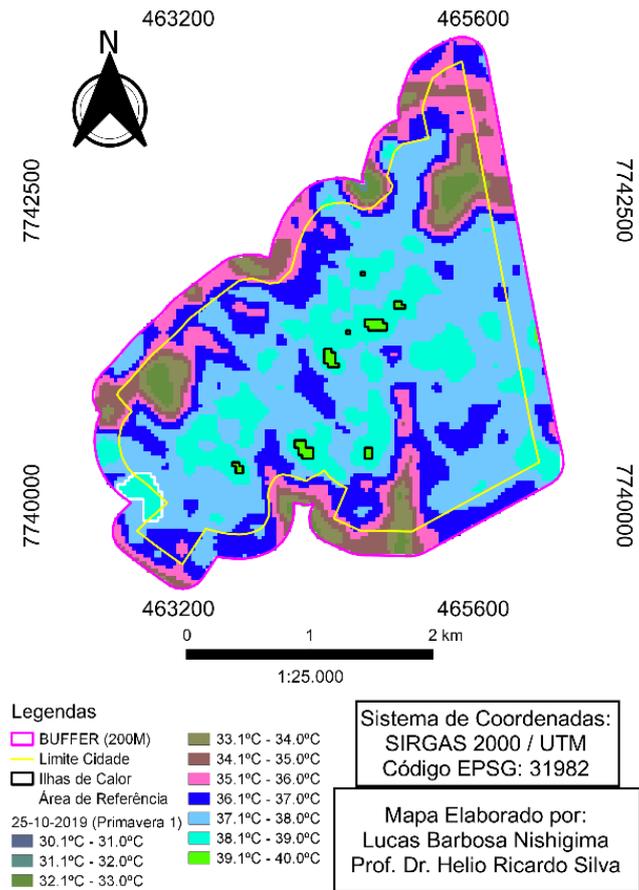
4.12 OUTONO 2

4.12.1 Ilha de Calor Urbana em 10/06/2019

De acordo com os dados obtidos em 10/06/2019 (Figura 42), não foram identificadas áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 43: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



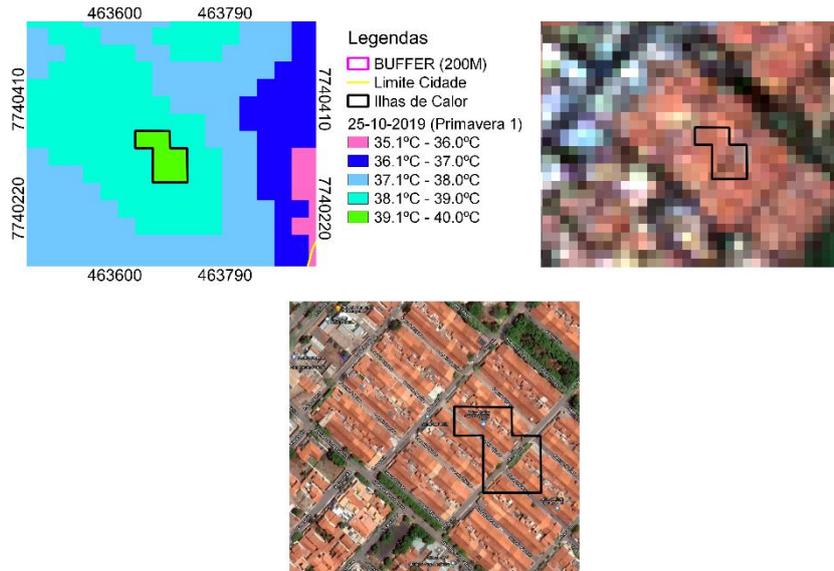
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 14: Medidas da área de ICU em 25/10/2019

| 32.1°C - 34.0°C | Primavera (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 5,938 | 740,851 |
| Área (%) | 99,19 | 0,81 | 100 |

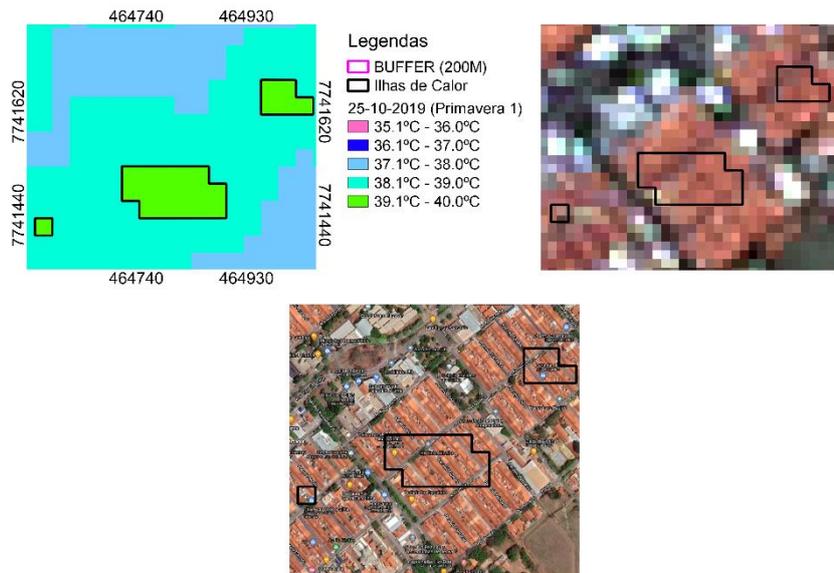


Figura 44: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

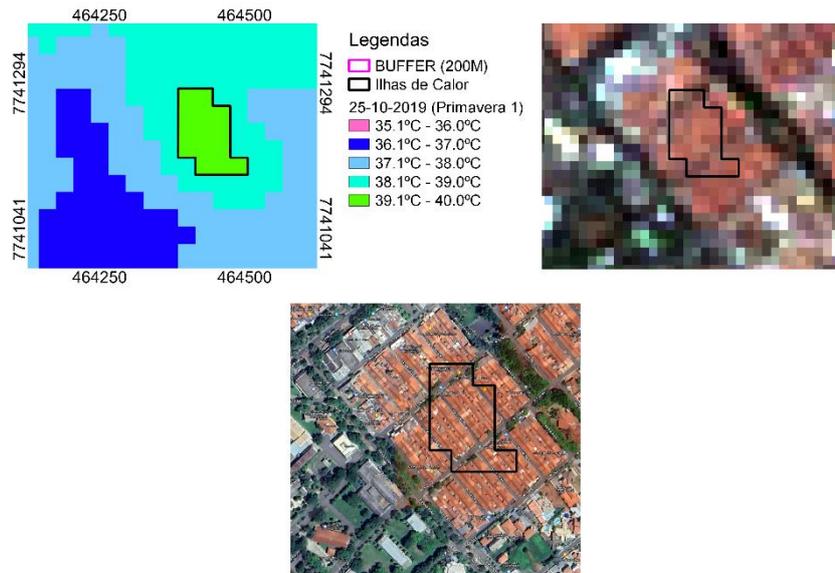
Figura 45: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

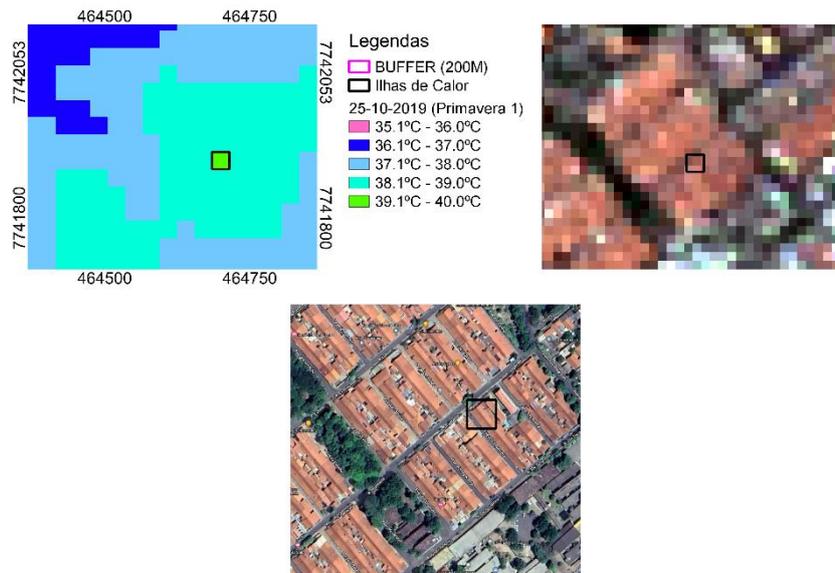


Figura 46: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

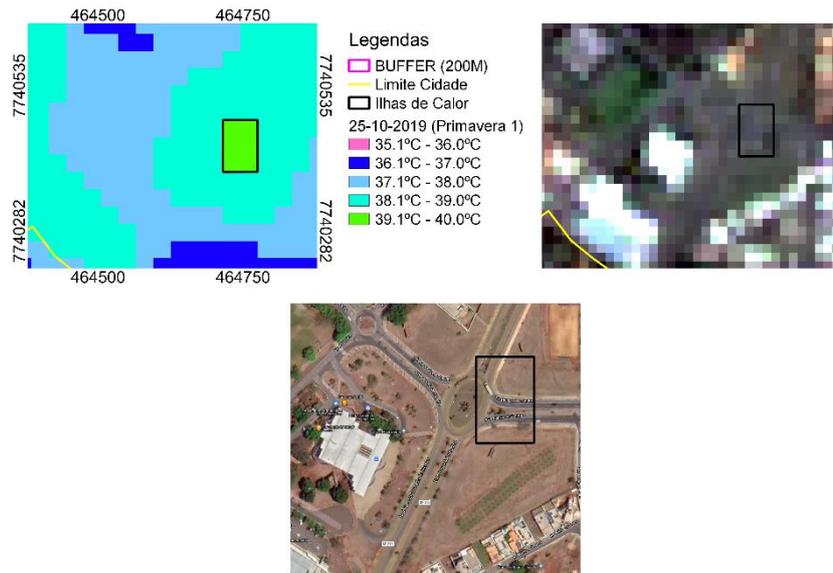
Figura 47: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor



Figura 48: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.14 PRIMAVERA 2

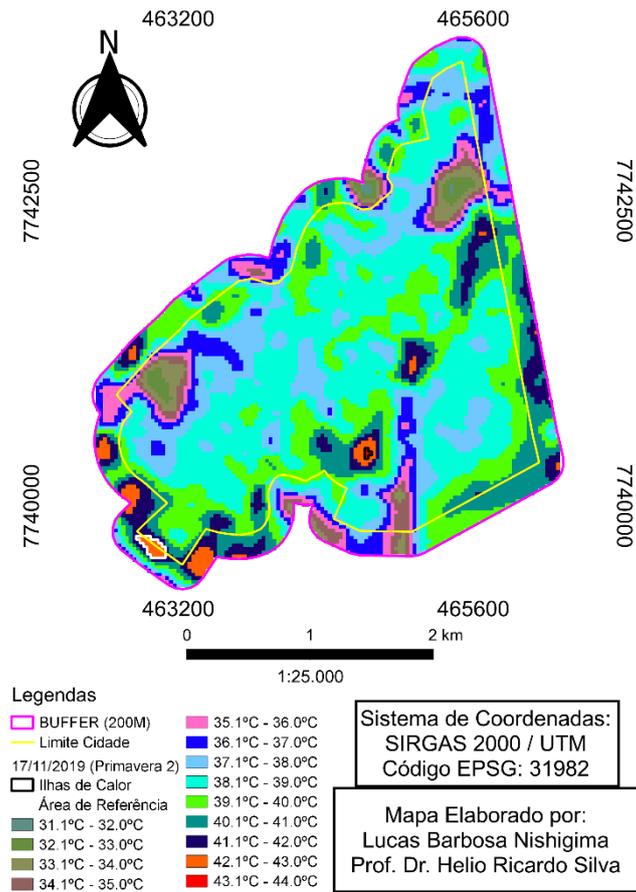
4.14.1 Ilha de Calor Urbana em 17/11/2019

De acordo com os dados obtidos em 17/11/2019 (Figura 49), foi identificada 1 área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 42.1 a 43°C.

Local: Av. Quinze de Outubro



Figura 49: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 25/10/2019



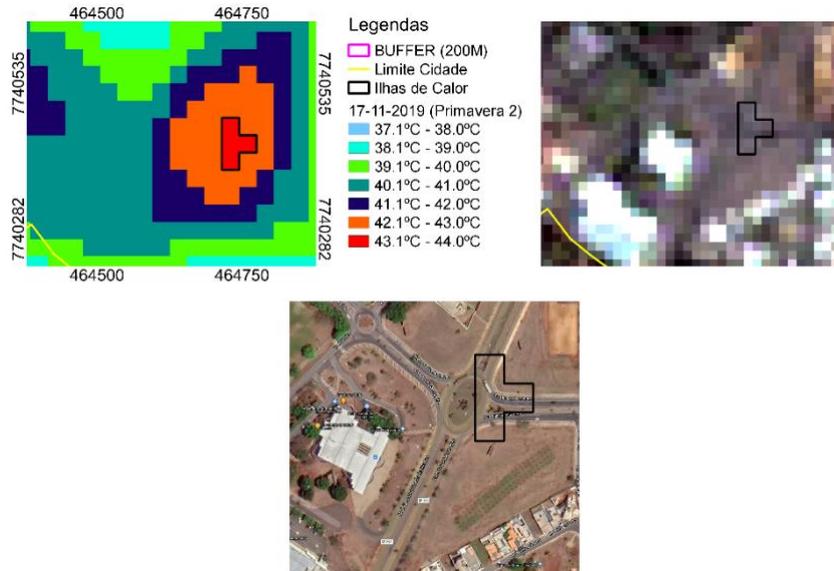
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 15: Medidas da área de ICU em 17/11/2019

| | Primavera (2) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 32.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,36 | 735,273 |
| Área (%) | 99,95 | 0,05 | 100 |



Figura 50: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 17/11/2019



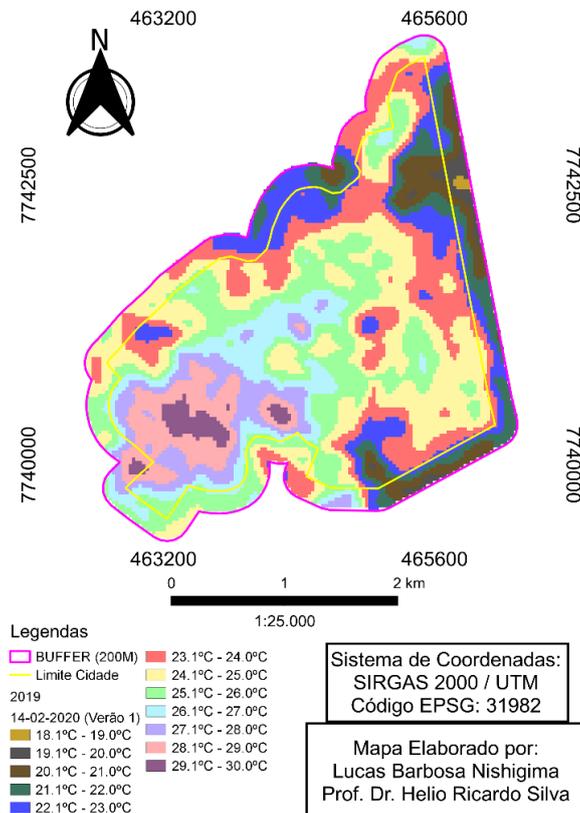
Fonte: Elaboração do próprio autor

4.15 VERÃO 1

4.15.1 Ilha de Calor Urbana em 14/02/2020

De acordo com os dados obtidos em 14/02/2020 (Figura 51), não foram identificadas áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.

Figura 51: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 14/02/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

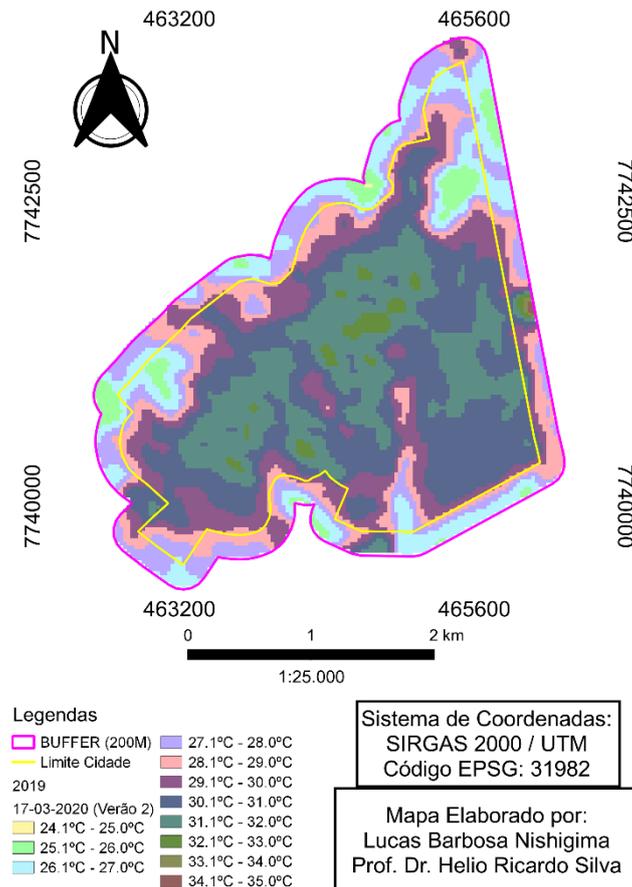


4.16 VERÃO 2

4.16.1 Ilha de Calor Urbana em 17/03/2020

De acordo com os dados obtidos em 17/03/2020 (Figura 52), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.

Figura 52: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 17/03/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor
2020

4.17 INVERNO 1

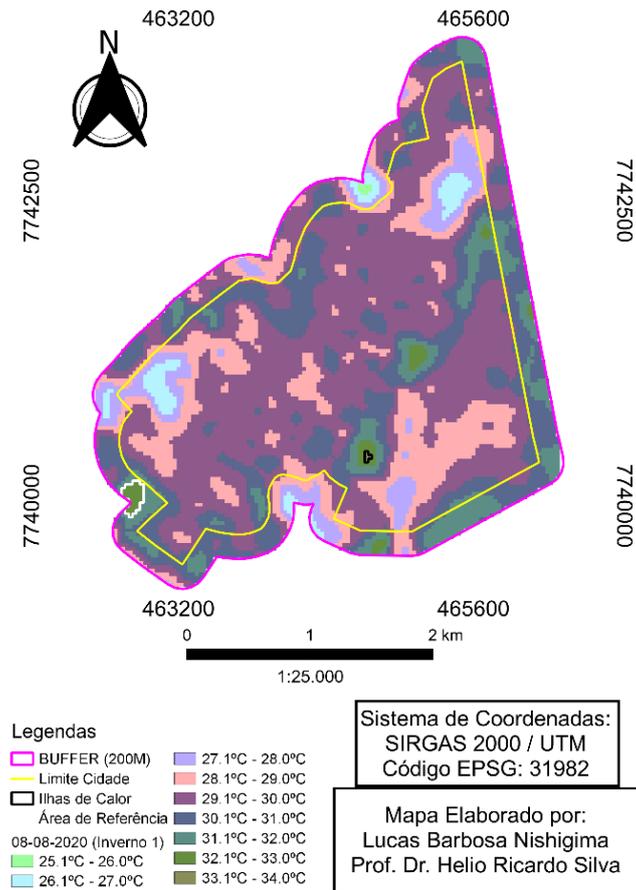
4.17.1 Ilha de Calor Urbana em 08/08/2020

De acordo com os dados obtidos em 08/08/2020 (Figura 53), foi identificada 1 área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 32.1 a 33°C.

Local: Av. Quinze de Outubro



Figura 53: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 08/08/2020



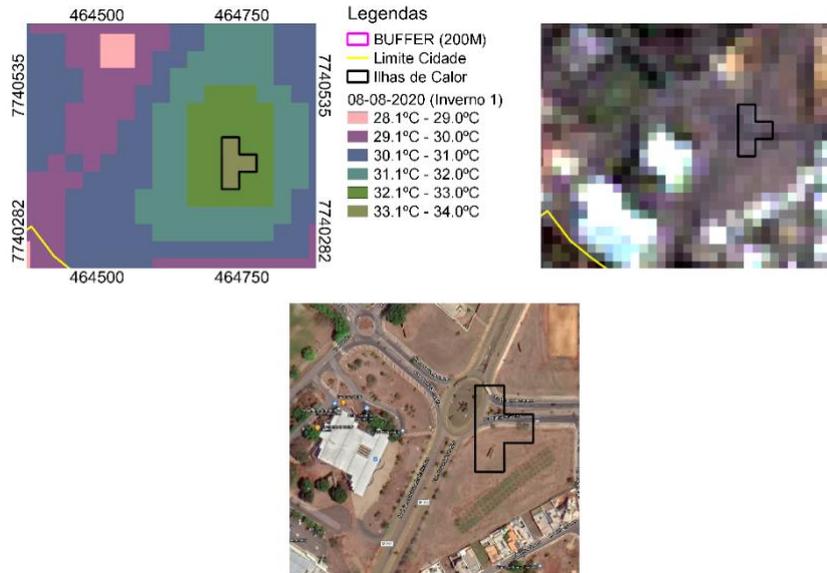
Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 16: Medidas da área de ICU em 08/08/2020

| | Inverno (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 33.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,36 | 735,273 |
| Área (%) | 99,95 | 0,05 | 100 |



Figura 54: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 08/08/2020



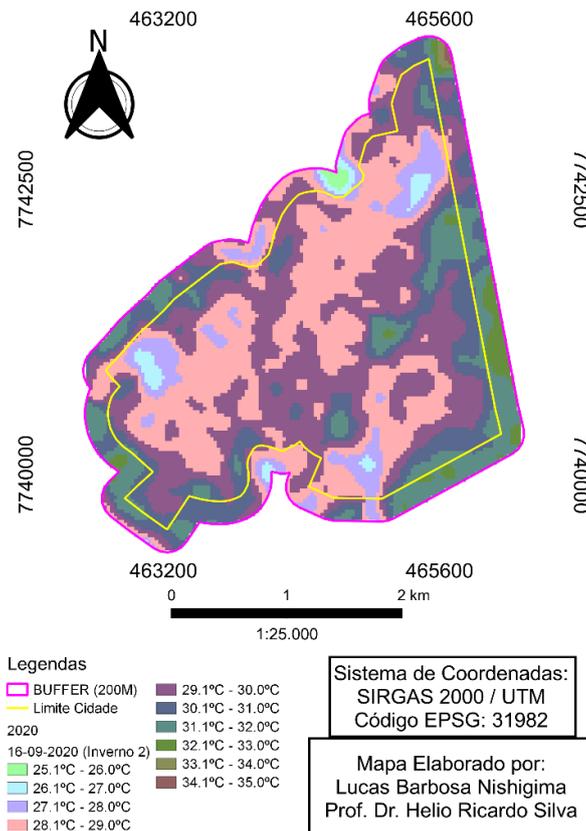
Fonte: Elaboração do próprio autor

4.18 INVERNO 2

4.18.1 Ilha de Calor Urbana em 16/09/2020

De acordo com os dados obtidos em 16/09/2020 (Figura 55), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.

Figura 55: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 16/09/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor



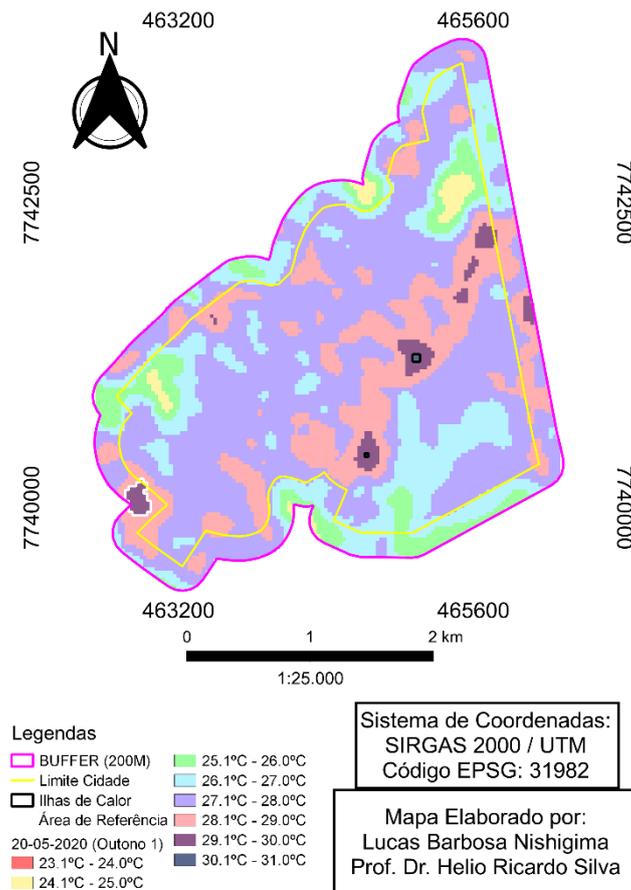
4.19 OUTONO 1

4.19.1 Ilha de Calor Urbana em 20/05/2020

De acordo com os dados obtidos em 20/05/2020 (Figura 56), foram identificadas 2 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1 e 2. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 29.1 a 30°C.

Local: Av. Quinze de Outubro, Rod. Gerson Dourado de Oliveira

Figura 56: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 20/05/2020

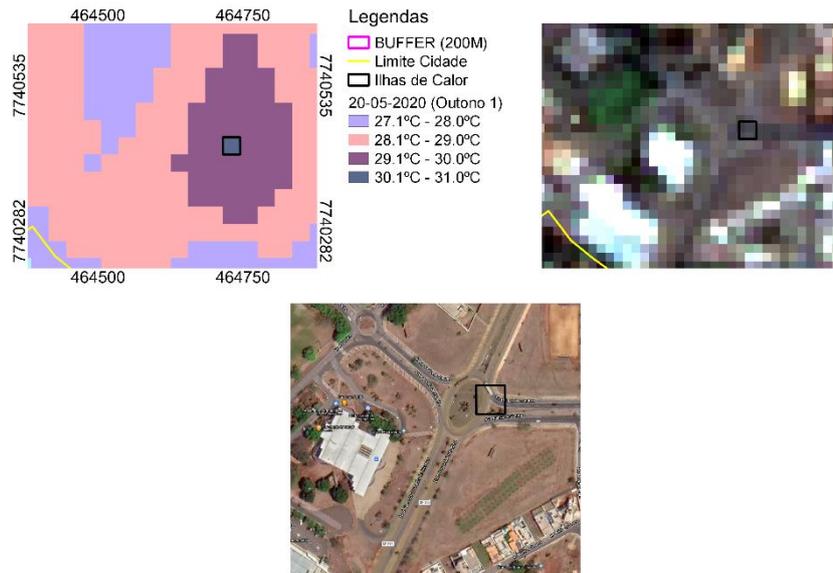


Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 17: Medidas da área de ICU em 20/05/2020

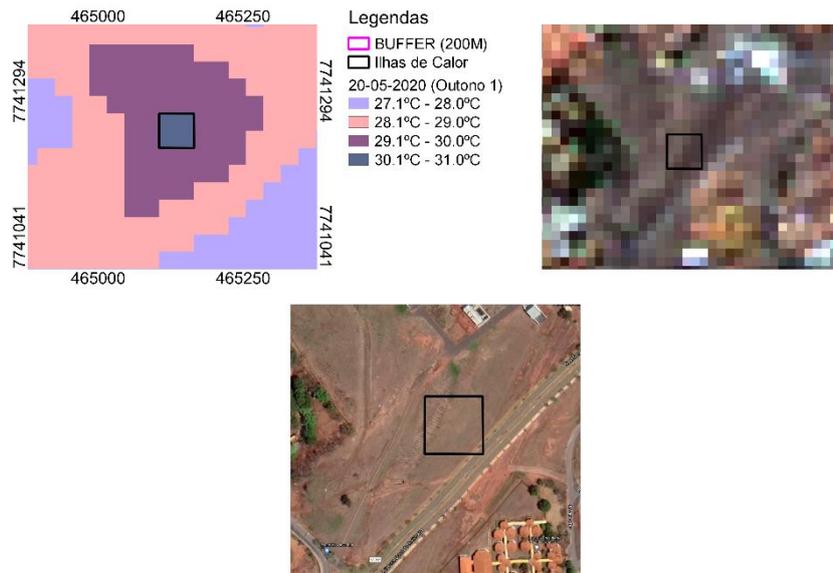
| | Outono (1) | | |
|-----------------|----------------|-----------|---------|
| | Ilhas de Calor | | |
| 30.1°C - 31.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 0,451 | 735,364 |
| Área (%) | 99,94 | 0,06 | 100 |

Figura 57: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 20/05/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 58: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 20/05/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

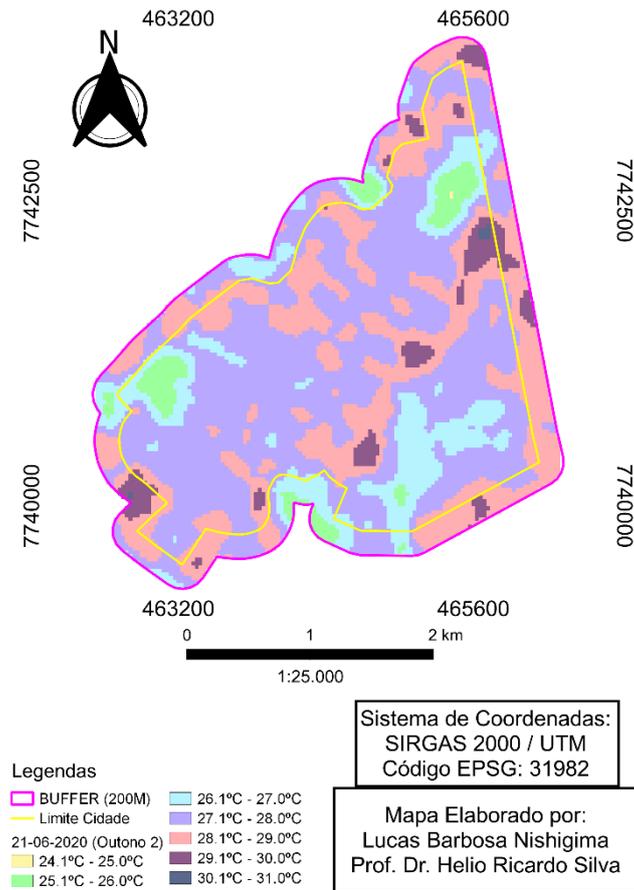
4.20 OUTONO 2

4.20.1 Ilha de Calor Urbana em 21/06/2020

De acordo com os dados obtidos em 21/06/2020 (Figura 59), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 59: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 21/06/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

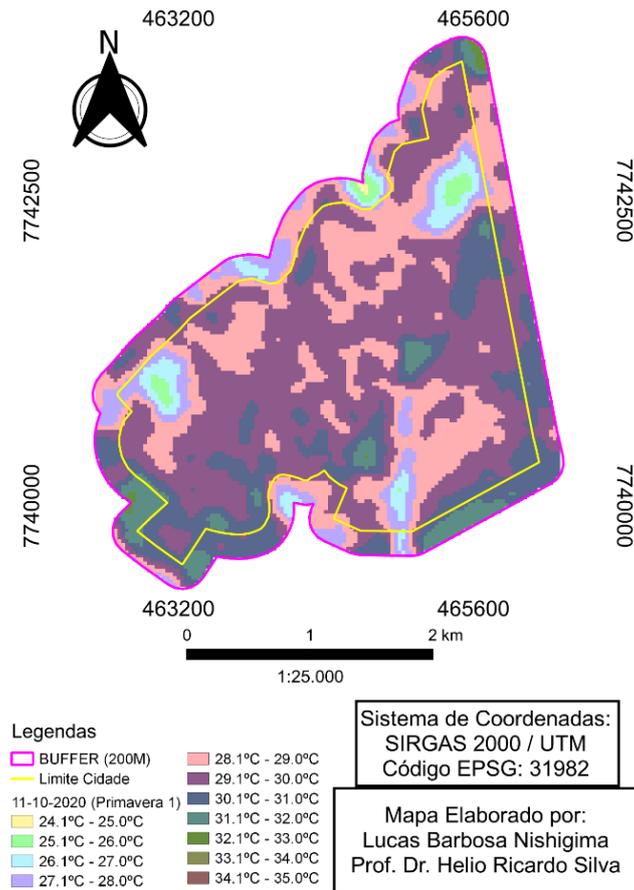
4.21 PRIMAVERA 1

4.21.1 Ilha de Calor Urbana em 11/10/2020

De acordo com os dados obtidos em 11/10/2020 (Figura 60), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 60: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 11/10/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

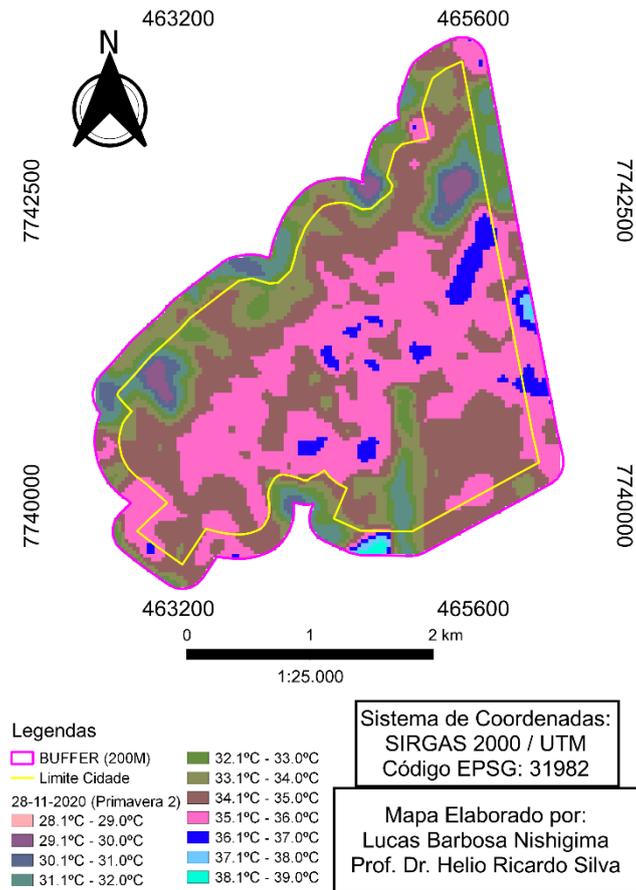
4.22 PRIMAVERA 2

4.22.1 Ilha de Calor Urbana em 28/11/2020

De acordo com os dados obtidos em 28/11/2020 (Figura 61), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 61: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 26/11/2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

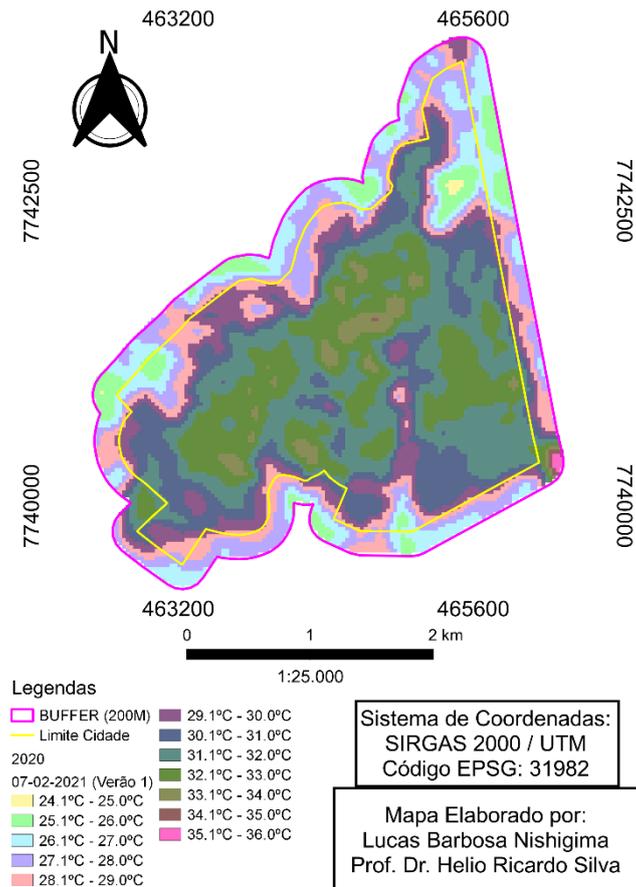
4.23 VERÃO 1

4.23.1 Ilha de Calor Urbana em 07/02/2021

De acordo com os dados obtidos em 07/02/2021 (Figura 62), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 62: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 07/02/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

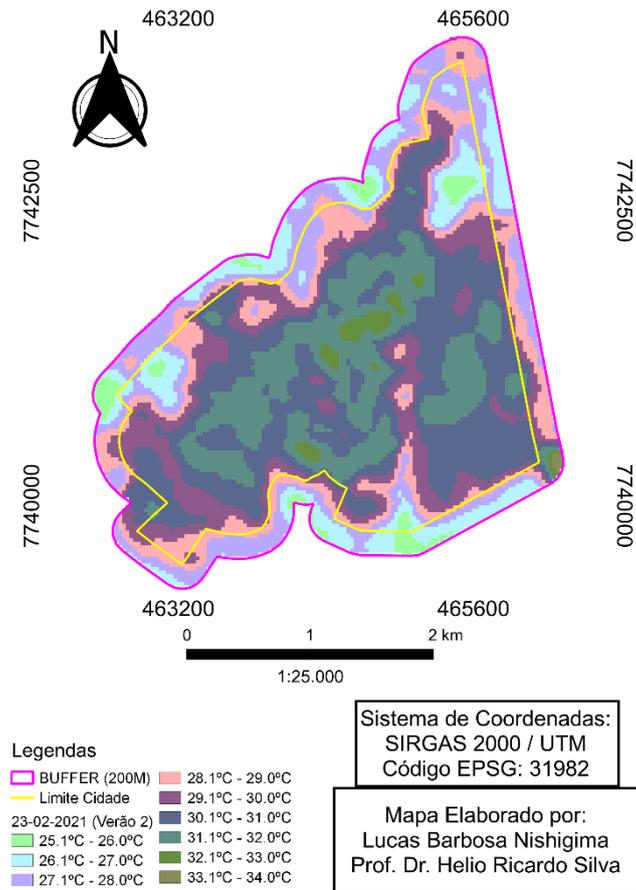
4.24 VERÃO 2

4.24.1 Ilha de Calor Urbana em 23/02/2021

De acordo com os dados obtidos em 07/02/2021 (Figura 63), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 63: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 23/02/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor
2021

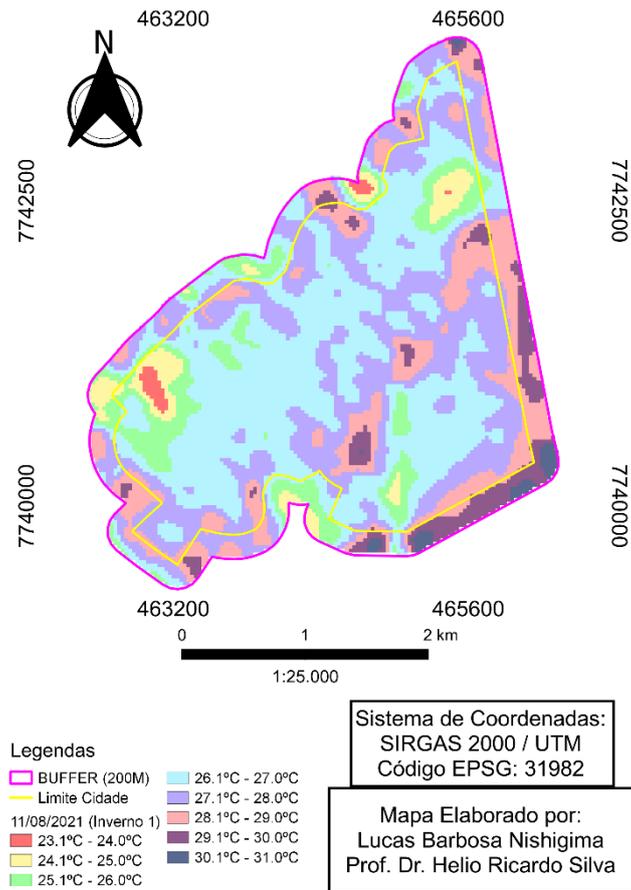
4.25 INVERNO 1

4.25.1 Ilha de Calor Urbana em 11/08/2021

De acordo com os dados obtidos em 11/08/2021 (Figura 64), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 64: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 11/08/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

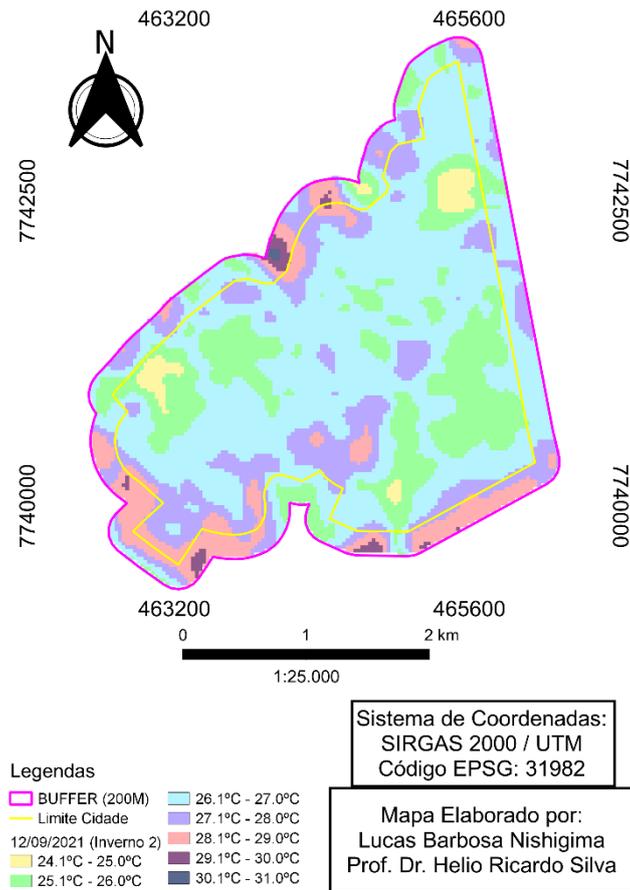
4.26 INVERNO 2

4.26.1 Ilha de Calor Urbana em 12/09/2021

De acordo com os dados obtidos em 12/09/2021 (Figura 65), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 65: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 12/09/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

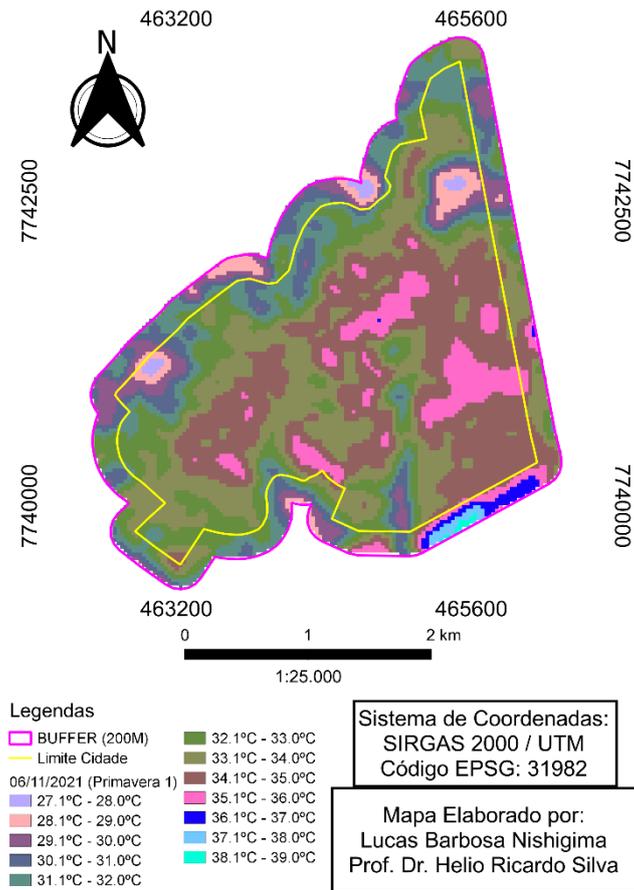
4.27 OUTONO 1

4.27.1 Ilha de Calor Urbana em 21/04/2021

De acordo com os dados obtidos em 21/04/2021 (Figura 66), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 68: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 06/11/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

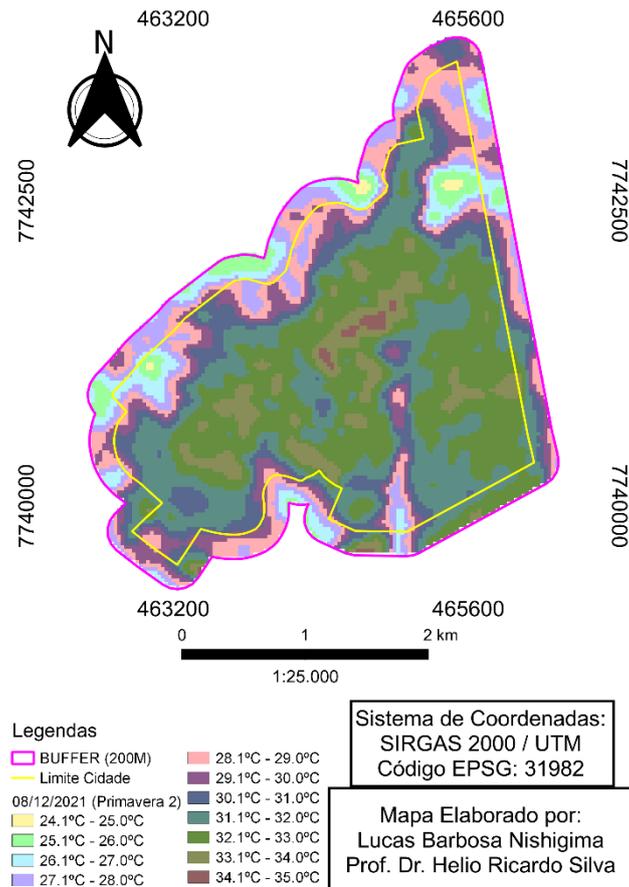
4.30 PRIMAVERA 2

4.30.1 Ilha de Calor Urbana em 08/12/2021

De acordo com os dados obtidos em 08/12/2021 (Figura 69), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 69: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 08/12/2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

4.31 VERÃO 1

4.31.1 Ilha de Calor Urbana em 10/02/2022

De acordo com os dados obtidos em 10/02/2022 (Figura 70), foram identificadas 7 áreas com ilhas de calor dentro do perímetro urbano, denominadas como Áreas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14. A área dentro do limite de 200m (entorno) utilizada como referência para identificação das ICU esteve sob a temperatura de 31.1 a 32°C.

Local: Pas. Laguna, R. Laguna, Pas. Tijuca, R. Tijuca, Pas. Recanto, Pas. Marília, R. Marília, Pas. Limeira, R. Limeira, Pas. Araras, R. Sorocaba, Pas. Sorocaba, Al. São Paulo, Pas. Santos, R. Rio Paraíba, Av. Brasil Sul, Pas. Belo Horizonte, Pas. Uberaba, R. Rio Doce, Pas. Niterói, R. Goiânia, Pas. Goiânia, Pas. Cristalina, R. Teresina, Pas. Teresina, Pas. Batalha, R. Caracol, Pas. Caracol, R. Colinas, Pas. Colinas, R. Imperatriz, Pas. Imperatriz, R. Rio Tocantins, R. Icaraí, Pas. Icaraí, Al. Ceara, Pas. Canindé, Pas. Fortaleza, R. Fortaleza, Pas. Sobral, R. Sobral, Pas. Olinda, R. Olinda, Pas. Floresta, R. Floresta, Pas. Palmares, Al. Pernambuco, R. Recife, Pas. Recife, Pas. Caruaru, R. Caruaru, Rua Salvador, Pas. Salvador, Pas. Juazeiro, R. Juazeiro, Pas. Ilhéus, Pas. Cabo, R. Cabo, Pas. Salgueiro.



Figura 70: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022

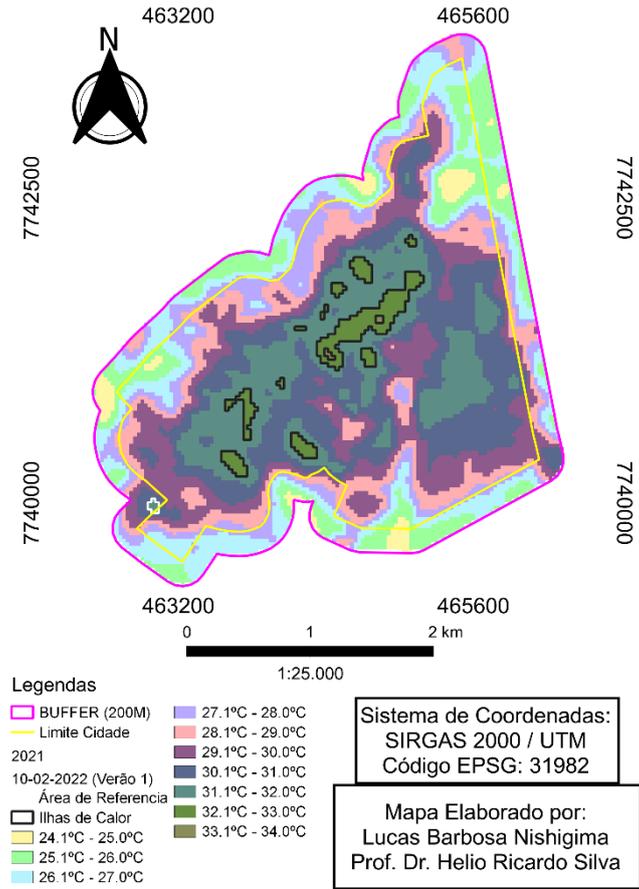
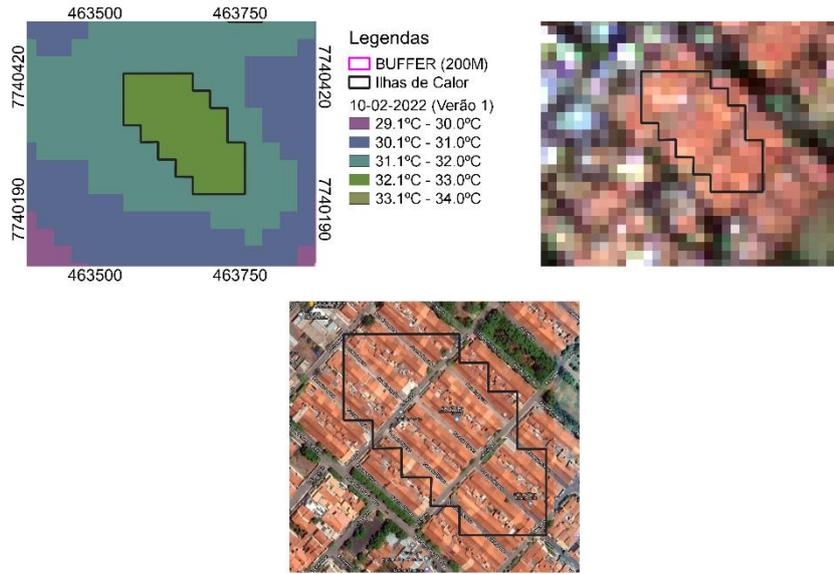


Tabela 18: Medidas da área de ICU em 10/02/2022

| Verão (1) | | | |
|-----------------|---------------|-----------|---------|
| Ilhas de Calor | | | |
| 33.1°C - 34.0°C | Limite Urbano | Áreas ICU | TOTAL |
| Área (ha) | 734,913 | 35,1 | 770,013 |
| Área (%) | 95,95 | 4,05 | 100 |

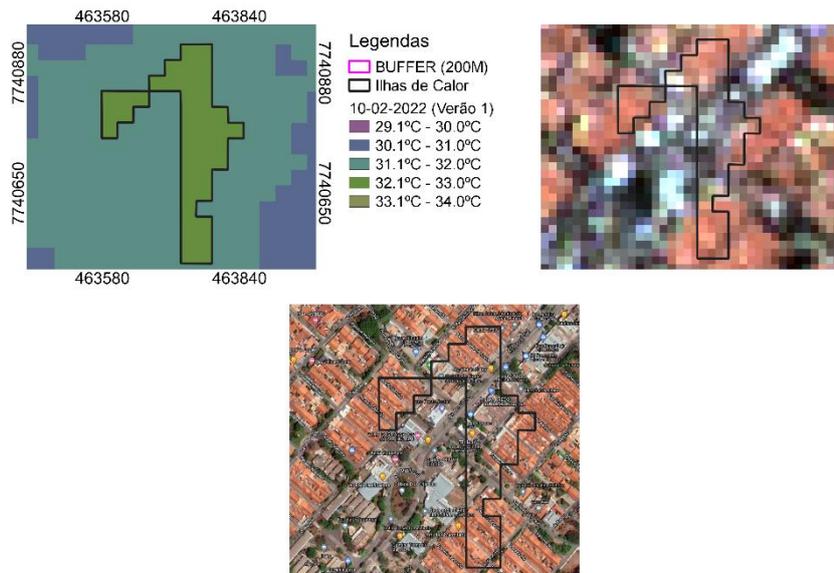


Figura 71: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

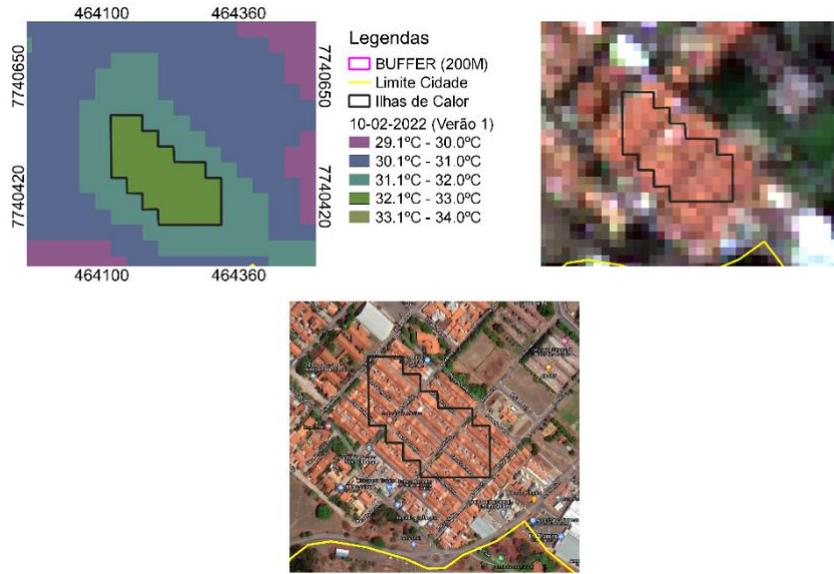
Figura 72: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

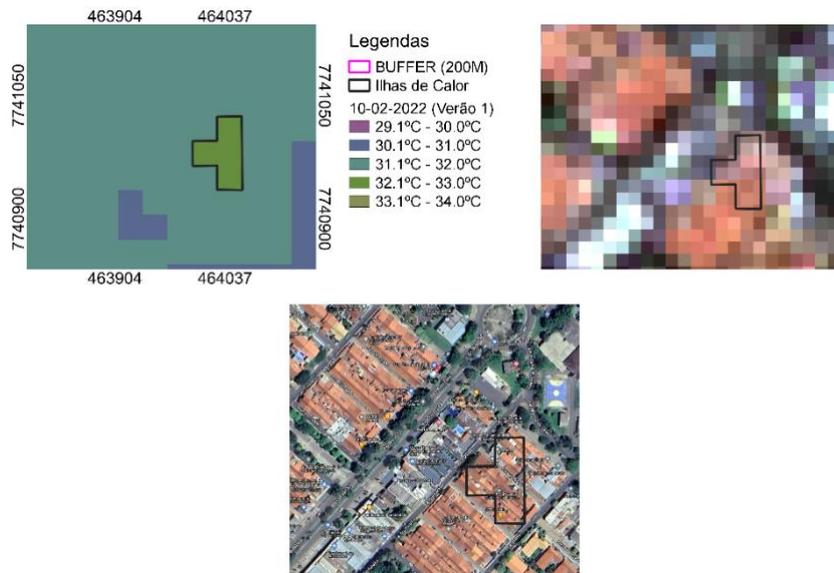


Figura 73: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

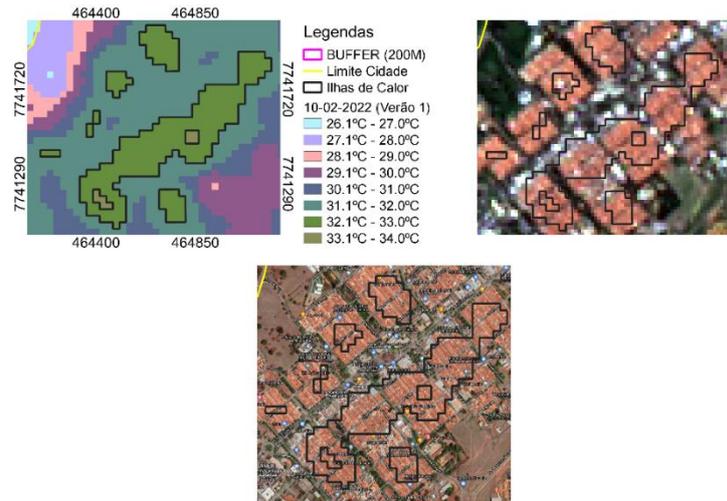
Figura 74: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

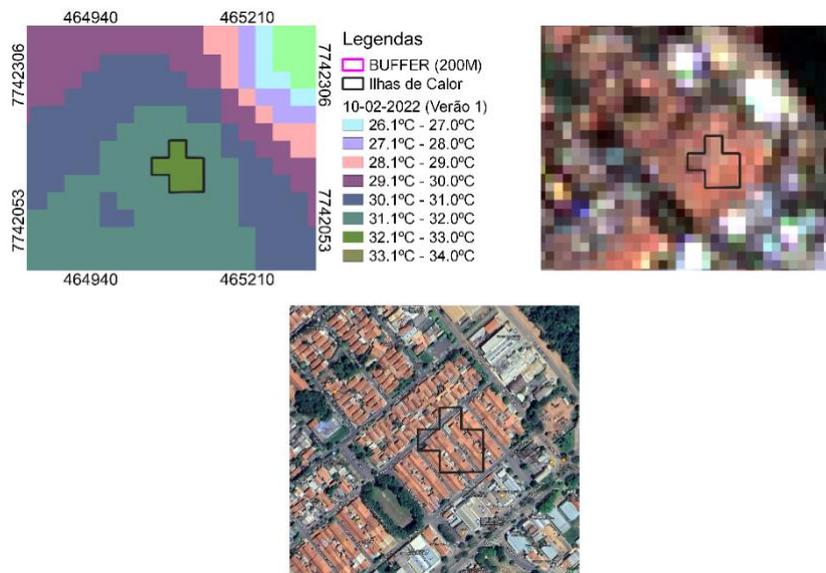


Figura 75: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 76: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 10/02/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

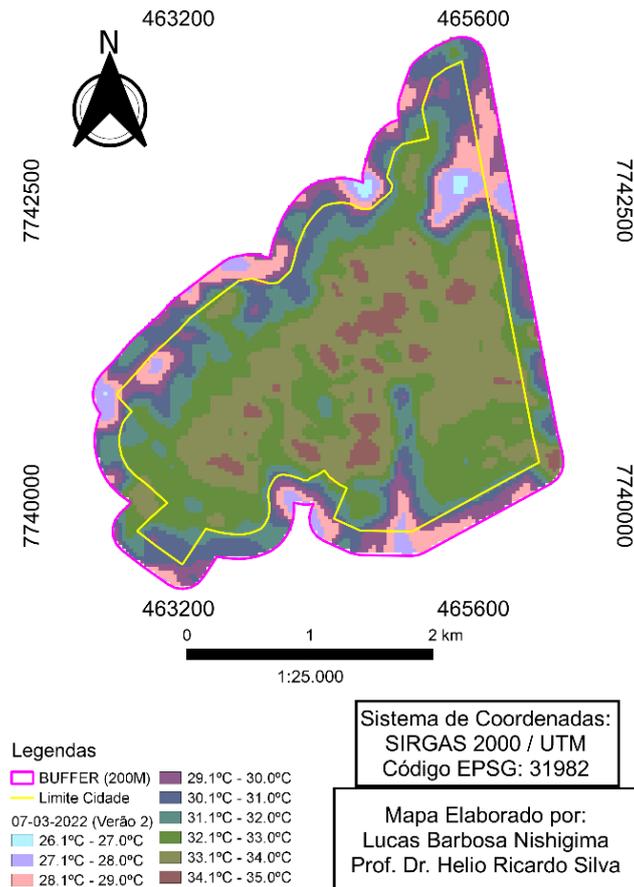
4.32 VERÃO 2

4.32.1 Ilha de Calor Urbana em 07/03/2022

De acordo com os dados obtidos em 07/03/2022 (Figura 77), não foi identificada área com ilhas de calor dentro do perímetro urbano.



Figura 77: Mapa de Ilhas de Calor Urbana em Ilha Solteira – SP, em 07/03/2022



Fonte: Elaboração do próprio autor

5 DISCUSSÃO

Após as análises dos mapas foram feitas tabelas e gráficos comparativos anuais para saber se houve ou não reduções das ICU's aos longos dos anos de 2018 a 2021, para isso foi utilizado parâmetros como: Quantidade de ICU's, Velocidade dos Ventos, e em qual estação foi identificada.

Para o ano de 2018 e 2019 na (Tabela 19 e 20) podemos ver que as ICU's foram bem distribuídas ocorrendo a partir de Outono 2 até Verão (2) (2018) e nas estações Inverno (1) até Outono (1) e Primavera (1 e 2) (2019), podemos dizer que grande parte desse acontecimento pode ter acontecido por causa das queimadas, velocidade dos ventos, presença de carros e atividade industrial ao redor, podendo haver até influência de outros municípios.

Tabela 19: Tabela Comparativa de presença de ICU entre estações de 2018

| Ano | Mês | Estação do ano | Qtd. de ICU | Ampl. de ICU - °C | Magnitude de ICU | % de ICU | Vel. do vento m/s | Escala de Beaufort | Figura | Presença ICU |
|------|----------|----------------|-------------|-------------------|------------------|----------|-------------------|--------------------|--------|--------------|
| 2018 | Agosto | Inverno (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8 | Fraca | 8 | |
| 2018 | Setembro | Inverno (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | Fraca | 9 | |
| 2018 | Abril | Outono (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | Fraca | 10 | |
| 2018 | Maio | Outono (2) | 1 | 1°C | Fraca | 0,024 | 1,5 | Fraca | 11 | |



| | | | | | | | | | | |
|------|-----------|---------------|----|-----|-------|-------|-----|-------|----|--|
| 2018 | Outubro | Primavera (1) | 3 | 1°C | Fraca | 0,22 | 1,5 | Fraca | 13 | |
| 2018 | Dezembro | Primavera (2) | 19 | 2°C | Fraca | 18,78 | 0,6 | Fraca | 15 | |
| 2019 | Fevereiro | Verão (1) | 1 | 1°C | Fraca | 0,07 | 0,8 | Fraca | 22 | |
| 2019 | Março | Verão (2) | 17 | 2°C | Fraca | 10,12 | 1,1 | Fraca | 24 | |

*Cor vermelha: Não apresentaram ICU's

**Cor Verde: Apresentaram ICU's

Tabela 20: Tabela Comparativa de presença de ICU entre estações de 2019

| Ano | Mês | Estação do ano | Qtd. de ICU | Ampl. de ICU - °C | Magnitude de ICU | % de ICU | Vel. do vento m/s | Escala de Beaufort | Figura | Presença ICU |
|------|-----------|----------------|-------------|-------------------|------------------|----------|-------------------|--------------------|--------|--------------|
| 2019 | Agosto | Inverno (1) | 1 | 1°C | Fraca | 0,17 | 1 | Fraca | 32 | |
| 2019 | Setembro | Inverno (2) | 1 | 1°C | Fraca | 0,06 | 2,6 | Fraca | 34 | |
| 2019 | Abril | Outono (1) | 6 | 1°C | Fraca | 0,76 | 0,8 | Fraca | 36 | |
| 2019 | Maio | Outono (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8 | Fraca | 42 | |
| 2019 | Outubro | Primavera (1) | 7 | 1°C | Fraca | 4,05 | 0,9 | Fraca | 43 | |
| 2019 | Dezembro | Primavera (2) | 1 | 1°C | Fraca | 0,05 | 1,8 | Fraca | 49 | |
| 2020 | Fevereiro | Verão (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | Fraca | 51 | |
| 2020 | Março | Verão (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | Fraca | 52 | |

*Cor vermelha: Não apresentaram ICU's

**Cor Verde: Apresentaram ICU's

Já no ano de 2020 e 2021 (tabela 21 e 22) houve uma grande redução das ICU's uma das teorias é que a pandemia da Covid – 19 tenha ajudado na redução da emissão de gases de efeito estufa, principalmente Gás Carbônico, o que contribuiu pra essa significativa redução. Uma outra possível teoria foi que os anos de 2020 e 2021 foi um ano atípico na climatologia onde não havia um tempo muito definido d calor e frio.

Tabela 21: Tabela Comparativa de presença de ICU entre estações de 2020

| Ano | Mês | Estação do ano | Qtd. de ICU | Ampl. de ICU - °C | Magnitude de ICU | % de ICU | Vel. do vento m/s | Escala de Beaufort | Figura | Presença ICU |
|------|-----------|----------------|-------------|-------------------|------------------|----------|-------------------|--------------------|--------|--------------|
| 2020 | Agosto | Inverno (1) | 1 | 1°C | Fraca | 0,05 | 0,8 | Fraca | 32 | |
| 2020 | Setembro | Inverno (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Fraca | 34 | |
| 2020 | Abril | Outono (1) | 2 | 1°C | Fraca | 0,06 | 1,3 | Fraca | 10 | |
| 2020 | Maio | Outono (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | Fraca | 11 | |
| 2020 | Outubro | Primavera (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,4 | Fraca | 13 | |
| 2020 | Dezembro | Primavera (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,1 | Fraca | 15 | |
| 2021 | Fevereiro | Verão (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 | Fraca | 22 | |
| 2021 | Março | Verão (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | Fraca | 24 | |

*Cor vermelha: Não apresentaram ICU's

**Cor Verde: Apresentaram ICU's

Tabela 22: Tabela Comparativa de presença de ICU entre estações de 2021

| Ano | Mês | Estação do ano | Qtd. de ICU | Ampl. de ICU - °C | Magnitude de ICU | % de ICU | Vel. do vento m/s | Escala de Beaufort | Figura | Presença ICU |
|------|----------|----------------|-------------|-------------------|------------------|----------|-------------------|--------------------|--------|--------------|
| 2021 | Agosto | Inverno (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,4 | Fraca | 64 | |
| 2021 | Setembro | Inverno (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | Fraca | 65 | |
| 2021 | Abril | Outono (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,1 | Fraca | 66 | |



| | | | | | | | | | | |
|------|-----------|---------------|---|-----|-------|------|-----|-------|----|--|
| 2021 | Maio | Outono (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | Fraca | 67 | |
| 2021 | Outubro | Primavera (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | Fraca | 68 | |
| 2021 | Dezembro | Primavera (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,7 | Fraca | 69 | |
| 2022 | Fevereiro | Verão (1) | 1 | 1°C | Fraca | 4,05 | 0,9 | Fraca | 70 | |
| 2022 | Março | Verão (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | Fraca | 77 | |

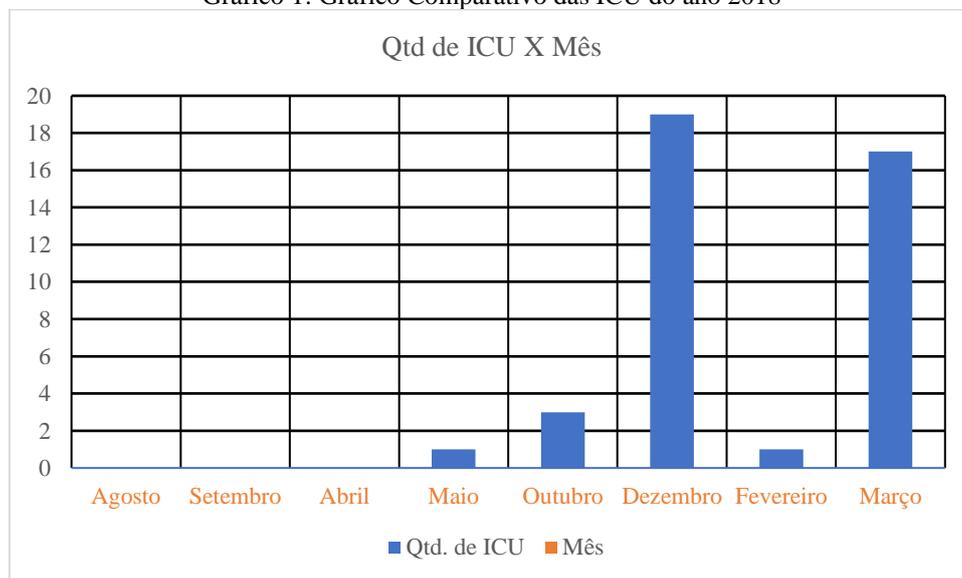
*Cor vermelha: Não apresentaram ICU's

**Cor Verde: Apresentaram ICU's

Comparando os dados obtidos com dados feitos anteriormente feito por outros alunos

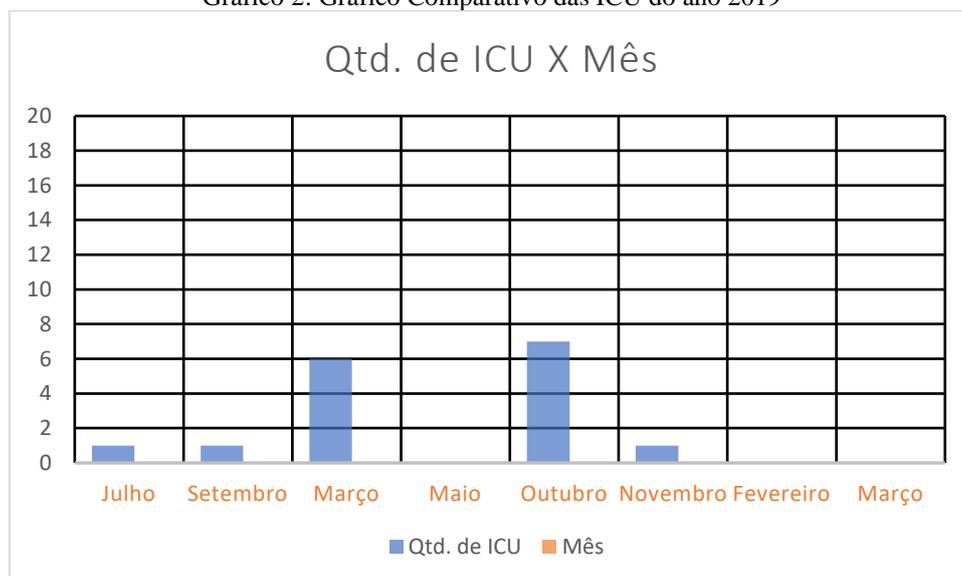
Após analisar os gráficos foram feitas tabelas para ilustrar melhor o que foi discutido anteriormente e os resultados podem ser vistos a seguir (Gráfico 1; 2; 3 e 4).

Gráfico 1: Gráfico Comparativo das ICU do ano 2018



Fonte: Elaboração do próprio autor

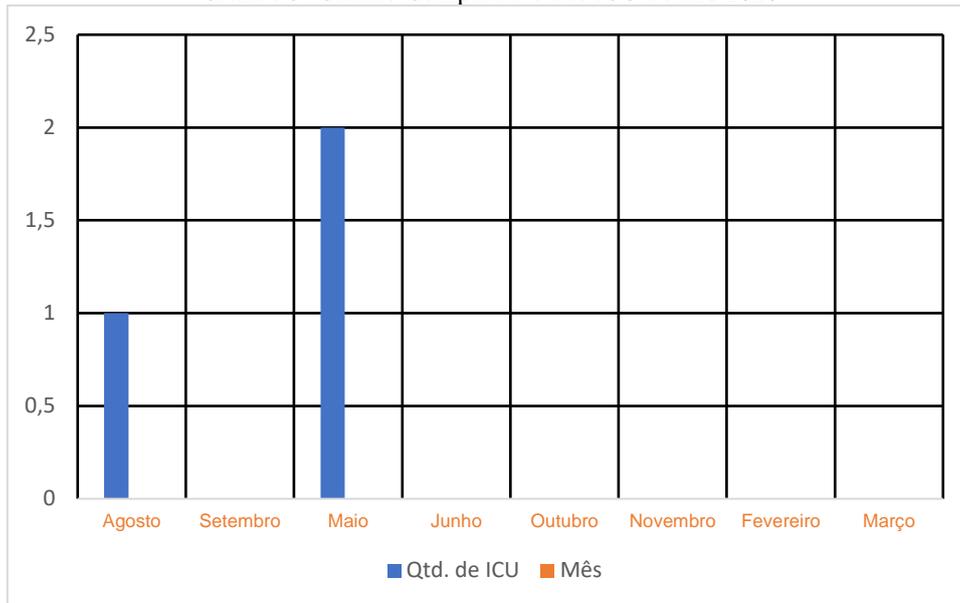
Gráfico 2: Gráfico Comparativo das ICU do ano 2019



Fonte: Elaboração do próprio autor

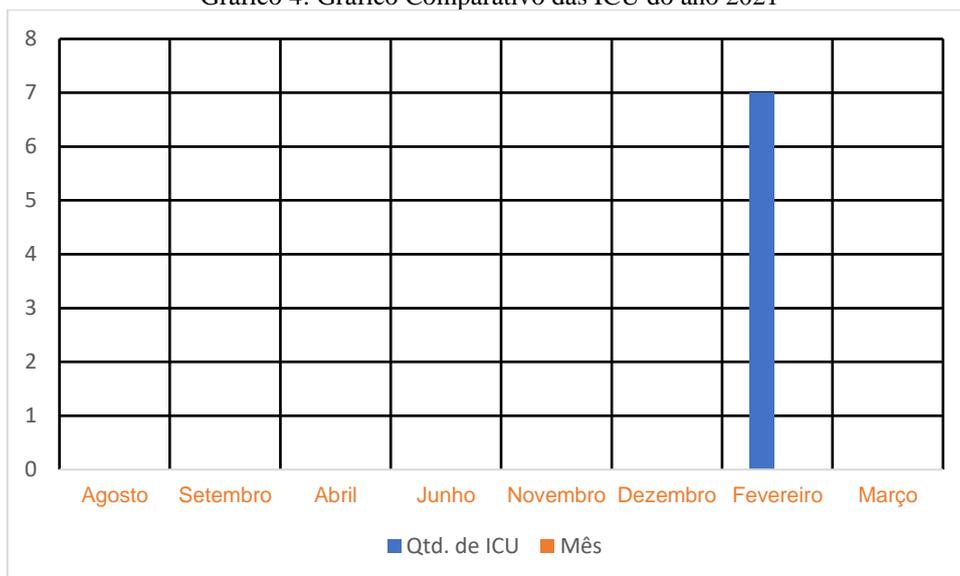


Gráfico 3: Gráfico Comparativo das ICU do ano 2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

Gráfico 4: Gráfico Comparativo das ICU do ano 2021



Fonte: Elaboração do próprio autor

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus pais Edelves e Flávio que sempre me apoiaram nas minhas decisões e que sempre me ajudaram aos meus irmãos Beatriz e Mateus que sempre foram minha fonte de apoio emocional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos Rodrigo, Nitah, Norris, Naty, Giovanni e a tantos outros que me ajudaram durante a graduação.



Queria agradecer aos meus “irmãos” Brendow, Flavinho e Dara que mesmo de longe sempre torceram por meu sucesso.

Também queria agradecer ao meu grandioso orientador Helio Ricardo que foi como um segundo pai para mim durante a graduação, sempre me ajudando e me incentivando a alcançar meus objetivos.

Queira agradecer também a Associação Atlética Acadêmica de Ilha Solteira, onde tive oportunidade de aprender mais sobre mim, convivi momentos inesquecíveis com o pessoal e queria agradecer especialmente a Daniel (Boladona), que sempre me incentivou a fazer as coisas direito.

E por último a Empresa Junior BIOMAS, onde conheci pessoas maravilhosas que me ensinaram o significado de trabalho em equipe, queria agradecer especialmente a Lana Avelar, que me apoiou dentro da empresa apontando meus erros e defeitos. E também ao Pedro Oliveira e a Caroline que me incentivaram a participar dos processos seletivos



REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P; COUTINHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. *VÉRTICES*, Campos dos Goytacazes/RJ, v.16, n.1, p. 173-198, jan. /abr. 2014
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v.5, p.91 - 104, 2017.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 11º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2006. 332p.
- BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. “Estudos de Ilha de Calor Urbana por meio de Imagens do Landsat 7 Etm+: Estudo de Caso em São Carlos (SP)”. *Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia*, v. 6, n. 3, set. /dez. 2009. Disponível em: Acesso em: 17 dez. de 2021.
- BARROS, M. P. Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
- CDC – CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Heat-Related Deaths – United States, 1993-2003. 2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5529a2.htm>>. Acesso em 19 dez 2021.
- COLTRI, P.P. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.
- CORRÊA, P.B. et al. Heat Island in Manaus city: study with remote sensing Data, Modeling and Meteorological Data. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 31, n. 2, p. 167-176, 2016.
- COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010.
- GAMARRA, N. L. R.; CORRÊA, M. P.; TARGINO, A. C. L. Utilização de sensoriamento remoto em análises de albedo e temperatura de superfície em Londrina-PR: contribuições para estudos de ilha de calor urbano. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 29, n. 4, p. 537-550, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v29n4/07.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- GARCÍA, F. F. Manual de climatología aplica: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, 1996. 285 p.
- GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GIORDANO, D. E.; KRÜGER, E. L. Potencial de redução da temperatura de superfície pelo aumento do albedo nas diversas regiões brasileiras. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, Brasília, DF, n. 11, p. 13-22, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12080/8465>>. Acesso em: 16 dez. 2021.



GOMES BRASILEIRO, F. M.; ZANELLA, M. E. Occurrence of heat islands in urban space: reflections in the context of the city of Sobral, Ceará. *Geopauta, [S. l.]*, v. 5, n. 4, p. e9499, 2021. DOI: 10.22481/rg.v5i4.e2021.e9499. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/9499>. Acesso em: 9 feb. 2022.

Hernandez, F.B.T. Análise agroclimática da área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Ilha Solteira: UNESP, FEPISA e SEAP/PR (Convênio 80/2005), 2007. 27 p.

HU, Y.; JIA, G. Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data. *International Journal of Climatology*, Chichester, v. 30, n. 9, p. 1382 - 1395, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos municípios brasileiros. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades: 2010, Censo demográfico. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 dez. 2021.

KEGLER, J. J.; WOLLMANN, C. A.; BANDEIRA, B. C. O SISTEMA TERMODINÂMICO DE CIDADES PEQUENAS: CONFIGURAÇÃO URBANO-RURAL COM USO DE TRANSECTOS MÓVEIS EM AGUDO/RS, SITUAÇÃO VERANIL DE JANEIRO DE 2016. *Caminhos de Geografia, [S. l.]*, v. 18, n. 62, p. 32–48, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/34799>. Acesso em: 18 dez. 2021.

LANDSBERG, H. E The Climate of towns. In: LANDSBERG Man's role in changing the face of Earth. Chicago: The Wenner Grem Foundation Anthropological Research. The University of Chicago Press, 2006. p. 10-15

MASHIKI, M. Y. Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia noções básicas e climas do Brasil. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2007. 206p.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: Universidade de Brasília –UNB, 2012.

MORAES, E. C. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos –SP: INPE, 2002. Capítulo 1.

MOREIRA, J. C.; SENE, E. Geografia Geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2004. 275 p.

NAKATA-OSAKI, Camila Mayumi e SOUZA, Léa Cristina Lucas De e RODRIGUES, Daniel Souto. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 3, p. 73–87, 2016.

Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acessado em/18/12/2021



PARANHOS-FILHO, A. C; LASTORIA, G; TORRES, T. G. Sensoriamento Remoto ambiental aplicado: Introdução as Geotecnologias. Ed. UFMS, Campo Grande/MS, 2008.

POPULATION BULLETIN. Word Population Highlights: Key findings from PRB's 2007 World population data sheet. Population Reference Bureau. v. 62, nº 3, 2007. Disponível em: <https://assets.prb.org>. Acesso em: 18 dez. 2021.

PORANGABA, Gislene Figueiredo Ortiz e AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Geotecnologias Aplicadas à Análise de Ilhas de Calor de Superfície em Cidades do Interior do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 6, p. 2041, 2019.

PRB (Population Reference Bureau). Disponível em: www.prb.org> acessado em 18 dez. 2021

RIBEIRO, Helena e PESQUERO, Célia Regina e DE SOUSA ZANOTTI STAGLIORO COELHO, Micheline. Clima urbano e saúde: Uma revisão sistematizada da literatura recente. Estudos Avançados, v. 30, n. 86, p. 67-85, 2016

ROTH, M. Urban heat islands. Handbook of environmental fluid dynamics. Volume two: systems, pollution, modeling, and measurements. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 143-160, 2013.

SAYDELLES, A. P. Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria - RS. 2005. 219f. Dissertação (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005. Disponível em: Acesso em: 17. dez. de 2021.

THE WORLD BANK. Urban Development. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, New York, v. 86, p. 370-384, 2003.