

**Análise do clima urbano por sensoriamento remoto no Altiplano  
peruano**

**Diana Karen Pari Quispe**

Mestra FAU, UNB, Brasil  
dia.parq@gmail.com

**Joára Cronemberger Ribeiro Silva**

Professora Doutora FAU, UNB, Brasil  
joaracronemberger@unb.br

**Caio Frederico e Silva**

Professor Doutor FAU, UNB, Brasil  
caiofreds@gmail.com

## RESUMO

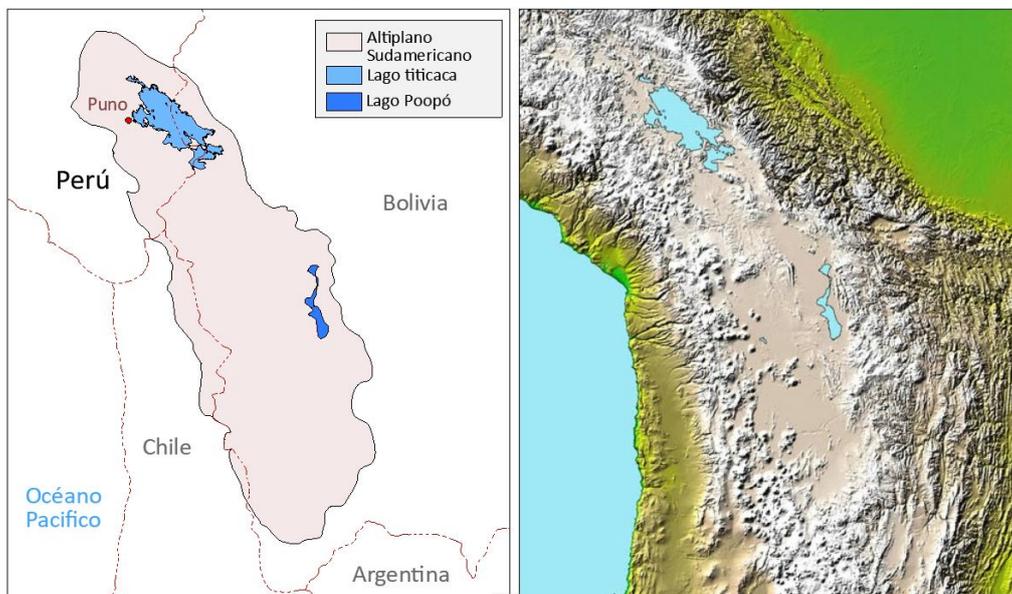
O Altiplano Sudamericano é uma vasta planície localizada a 3.800 metros acima do nível do mar, caracterizada por apresentar baixas temperaturas principalmente nos meses mais frios com grandes faixas de temperatura diária que podem chegar abaixo de 0 °C. Este artigo propõe a análise do clima urbano pelo método de sensoriamento remoto através do QGIS e da calculadora ráster para determinar a temperatura superficial e a radiação solar em um setor de habitações sociais existentes localizado às margens do Lago Titicaca. Os resultados indicam que a temperatura superficial para o mês de julho de 2019 varia de 14,63 °C a 18,95 °C e a radiação na área de estudo é de 706 W/m<sup>2</sup>. Isso indica fatores que influenciam o microclima urbano, bem como a vantagem solar presente no contexto Andino.

**PALAVRAS CHAVE:** Habitação social. Sensoriamento remoto urbano. Altiplano Sudamericano. Radiação solar.

## 1. INTRODUÇÃO

O Altiplano Sudamericano é uma extensa planície elevada a 3800 metros acima do nível do mar, cobre os territórios da Bolívia, Chile e Peru conhecido como meseta Collao ou meseta de Titicaca Figura 1.

Figura 1: Altiplano Sudamericano



Fonte: (NASA, 2003; SAYRI, 2021)

No Peru está localizado no sul do país, pertence à região Puna onde há baixa pressão atmosférica e, portanto, menor concentração de oxigênio. O clima é frio, seco e com grandes variações diárias de temperatura. “Onde os fenômenos de geada e frio são frequentes” (PCM, 2019, p. 24).

“A umidade relativa costuma ser baixa, principalmente nos meses de inverno, a precipitação, na forma de granizo ou neve, no verão, costuma acumular valores acima de 750 mm. A radiação solar é alta e constante, os ventos, geralmente de intensidade média, variam de acordo com a localização e dependendo da hora do dia” (WIESER, 2008, p. 49, tradução nossa).

Características regionais como a proximidade de corpos de água que modificam a amplitude térmica de um local (MONTERDE, 2014, p. 11). O clima urbano influencia o

microclima, neste contexto um fator que influência é o Lago Titicaca. Situado nos territórios da Bolívia e do Peru, possui uma área de 8.300 km<sup>2</sup> dos quais 56% (4.996 km<sup>2</sup>) correspondem ao Peru e 44% (3.304 km<sup>2</sup>) à Bolívia e 1.125 km de litoral; sua profundidade máxima é estimada em 281 m e sua profundidade média é estimada em 107 m. Seu nível é irregular e aumenta durante o verão austral.

As maiores áreas demográficas encontram-se na faixa costeira do Titicaca, como é o caso de muitas outras cidades onde é comum ver comunidades assentadas perto de corpos de água. Para esta pesquisa, foi identificado um setor representativo de habitações sociais existentes na cidade de Puno para a análise dos fatores que influenciam o clima urbano e, portanto, a habitação que, pelas suas características construtivas, está bastante exposta ao clima, portanto é necessário analisar os fatores que melhoram o seu estado situacional.

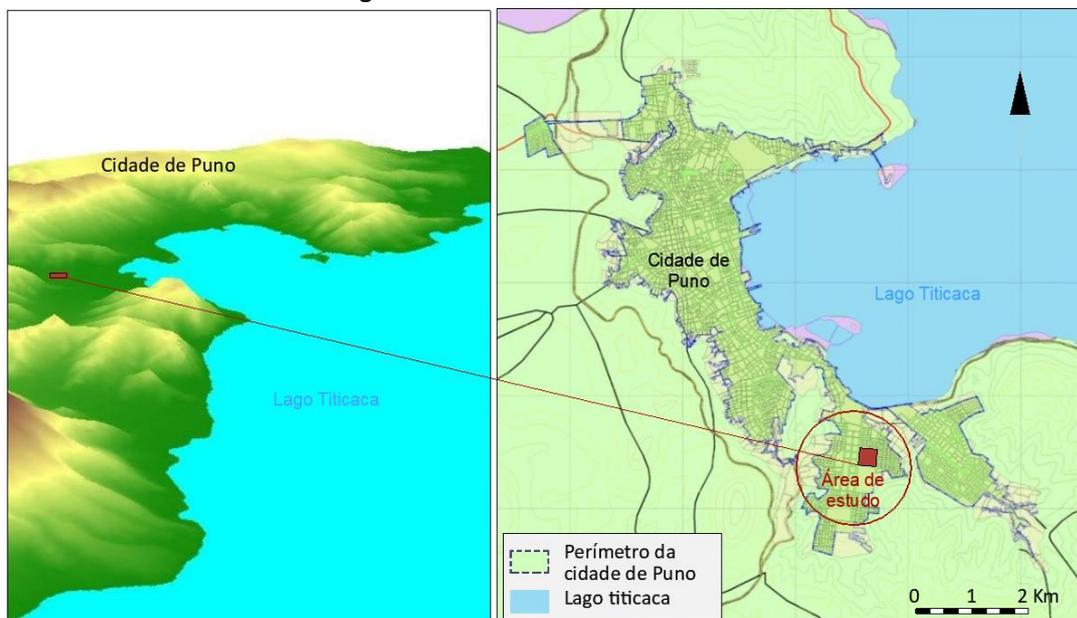
## 2. METODOLOGIA

Esta pesquisa busca analisar o clima urbano por sensoriamento remoto para determinar a temperatura superficial e a radiação solar em um setor de habitação social existente localizado às margens do Lago Titicaca. Em primeiro lugar, foi identificado um setor com habitação social na cidade de Puno. Posteriormente, a temperatura da superfície foi determinada de 20 anos atrás até o presente para denotar a influência do crescimento urbano. Por fim, foi determinada a radiação solar do setor escolhido.

### 1.1. CASOS ATUAIS

A habitação social no Altiplano Andino foi promovida pelos programas governamentais ENACE, FONAVI e nas últimas duas décadas pelo programa Techo próprio. Eles são encontrados por toda a cidade de forma dispersa. No litoral entre 1 e 2 km, foram observados 18 povoados. Lá, as habitações sociais estão localizadas bem próximas ao lago, destacando-se a cidade de Puno por ser a maior e mais populosa. Figura 2.

Figura 2: Relevo 3D e setor de estudo



Fonte: Adequado de (MPP PUNO, 2012)

Um exemplo visível é o setor 7 com a urbanização Salcedo que data de aproximadamente a década de oitenta até o presente. Neste contexto, a habitação social não sofreu grandes variações em comparação com um exemplo da cidade de Juliaca (Praderas del INKA "e o residencial Perlas del Altiplano) que apresentam características formais e construtivas muito semelhantes às casas existentes em Salcedo-Puno, mostrando assim, com o passar dos quarenta anos, as condições de moradia não apresentaram melhora com o clima.

A área de estudo apresenta moradias de bloco cerâmico de um a cinco pavimentos, com predominância em 31,0% de dois pavimentos. Com tendência a ocupar todo o lote e crescimento vertical Figura 3.

Figura 3: Setor com habitações sociais



Fonte: Elaboração própria

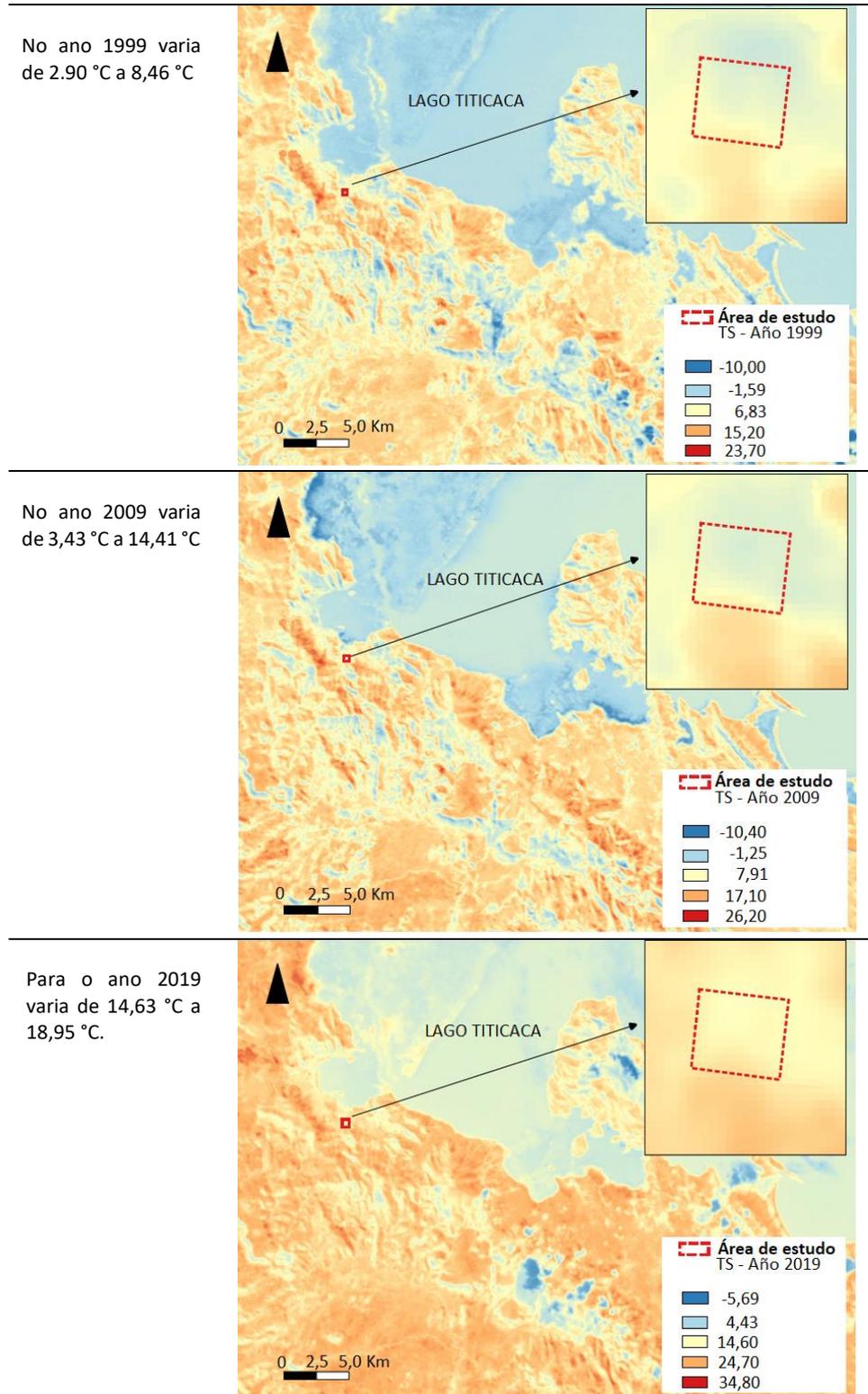
## 1.2. TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁREA DE ESTUDO

O sensoriamento remoto ou sensoriamento permite encontrar informações sobre objetos e fenômenos na superfície por meio de radiação eletromagnética, é uma forma de energia que se propaga através de ondas que viajam pelo espaço na velocidade da luz (300.000 km/s) transportando quantidades discretas de energia. Segundo (VOOGT, J. A.; OKE, 2002, p. 370) "[...] o sensoriamento remoto térmico tem sido usado em áreas urbanas para avaliar o calor urbano". Esses comprimentos de onda são caracterizados por terem comprimentos maiores que um metro. O conjunto de ondas denomina-se espectro magnético e é captado por um satélite que o interpreta e transforma em imagem, é constituído por bandas, no caso das imagens de satélite (Landsat 8 composto por 11 bandas espectrais). A combinação de bandas é o que permite obter informações de espaço e tempo, o meio mais eficaz pelo qual dados multiespectrais podem ser representados para formular algoritmos de análise quantitativa é plotá-los em um espaço padrão, ou espaço vetorial multiespectral, com tantas dimensões quanto espectrais componentes. "Neste espaço, cada pixel de uma imagem e é plotado como um ponto com coordenadas dadas pelo valor de brilho do pixel em cada componente"(RICHARDS, 2006, p. 75, tradução nossa).

O sensoriamento remoto foi usado nesta investigação para determinar a temperatura da superfície para o mês de julho, usando o QGIS e a calculadora ráster para obter a temperatura

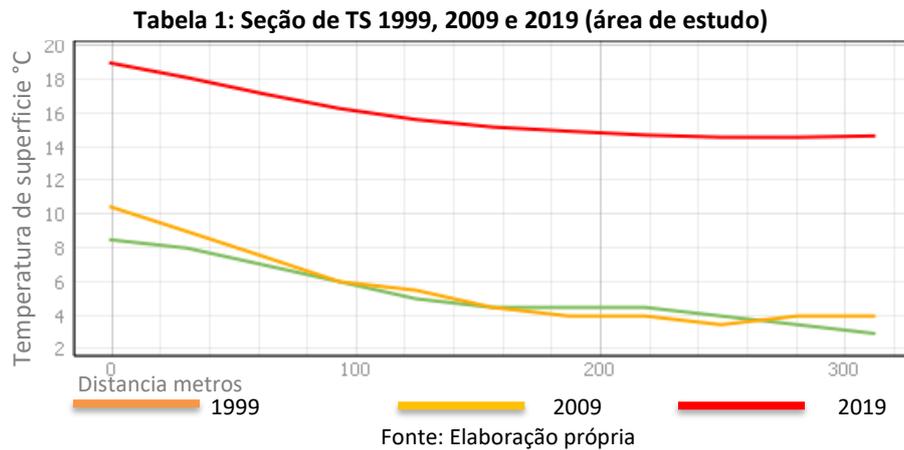
da superfície em graus centígrados. Na área de estudo, observa-se que em um período de vinte anos de 1999, 2009 e 2019 a temperatura superficial teve variações aumentando progressivamente. Figura 4.

**Figura 4: Temperatura da superfície ao longo de um período de 20 anos**



Fonte: Elaboração própria, Extraído de (USGS, 2019), processado com QGIS

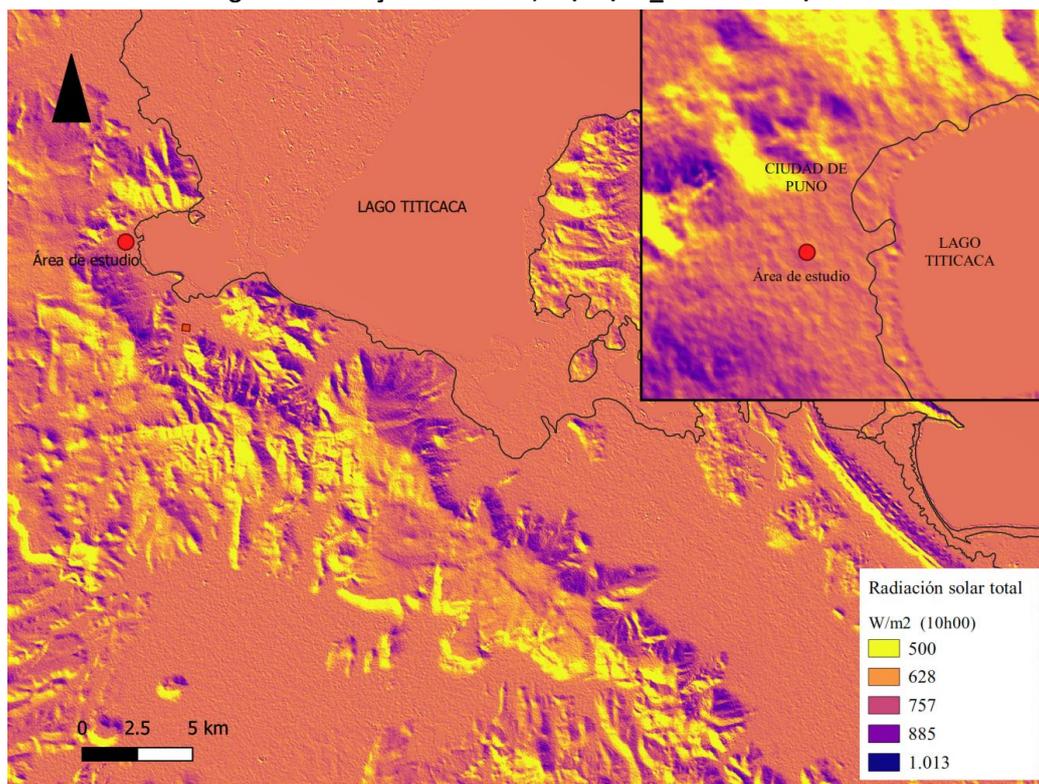
A Tabela 1 mostra um corte da temperatura superficial do setor analisado, onde se observa que a temperatura superficial aumentou principalmente na última década.



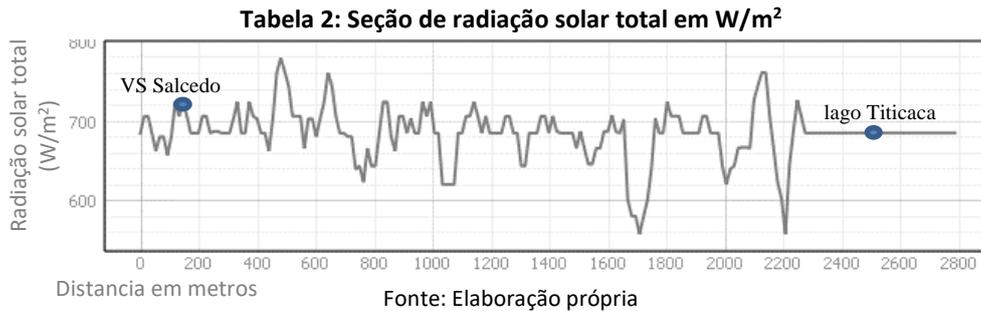
### 1.3. RADIAÇÃO SOLAR NA ÁREA DE ESTUDO

Outro fator de influência no Altiplano “são os altos valores da energia solar” (MINEM; SENAMHI, 2003, p. 20). No Altiplano, devido a sua proximidade com o Equador a radiação, afeta de forma perpendicular. No setor de estudos se encontrou, a radiação solar em  $W/m^2$  y  $KWh/m^2$ , (radiação difusa e direta), sendo o sector de estudo  $706 W/m^2$ , o Lago Titicaca  $682 W/m^2$ ) Figura 5 y Tabela 2. Assim como o valor de  $5,9 KWh/m^2$  Figura 6 y Tabela 3.

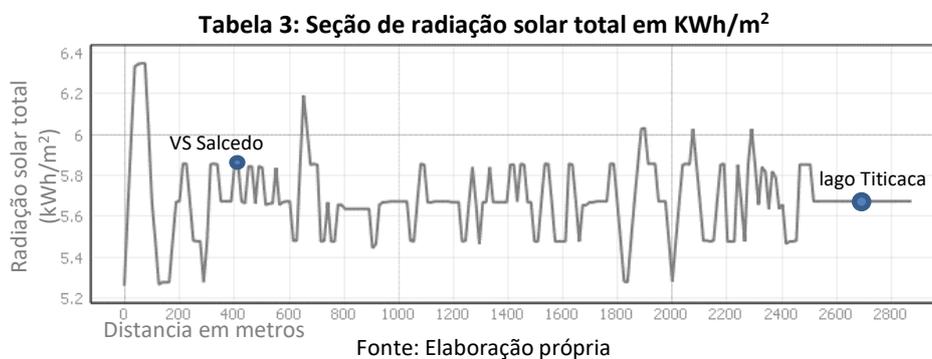
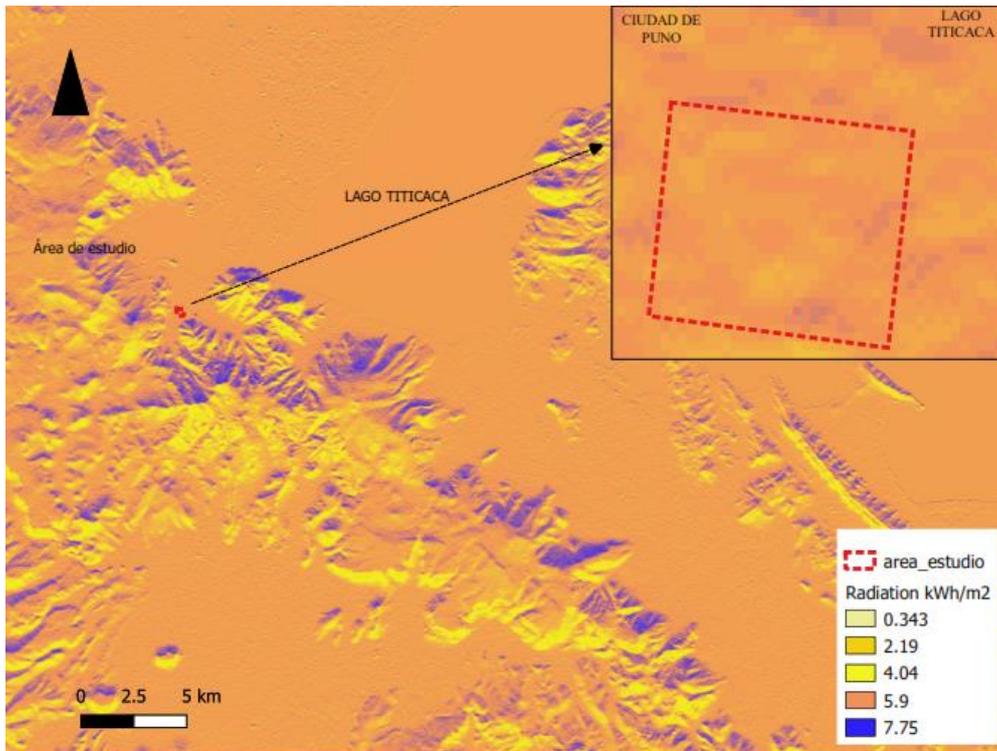
**Figura 5: Radiação solar total, 16/07/19\_10h00 em  $W/m^2$**



Fonte: Elaboração própria, Extraído de (USGS, 2019), processado com QGIS



**Figura 6: Radiação solar total, 16/07/19\_10h00 em KWh/m<sup>2</sup>**



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O adensamento urbano é um dos fatores que aumentam a temperatura superficial devido ao uso de materiais de construção como o bloco cerâmico, concreto, pavimento, metal, entre outros, que retêm o calor gerado pela radiação solar. Uma das causas observadas é a

tendência do setor analisado para a ocupação dos loteamentos de habitação de interesse social existentes e o crescimento vertical, que atualmente se verifica de forma acelerada. Isso causaria menor ganho solar aos prédios devido às ruas estreitas que variam entre 6m e 7m de largura, prejudicando o conforto da habitação social existente.

É necessário analisar o clima urbano para denotar os fatores influenciadores, passando de uma escala macro a micro, visto que constituem os fatores delimitadores quando se pretende analisar as possibilidades que cada moradia possui. Para o setor analisado, o método de sensoriamento remoto foi de grande ajuda para determinar as condições em que se encontram os setores da cidade de Puno.

A temperatura da superfície em 1999 oscilou em média 5,68 °C, em 2009 em 8,92 °C e em 2019 em 16,79 °C. Ou seja, de vinte anos para o presente, um aumento de 11,11 °C em decorrência do crescimento urbano e do adensamento, principalmente na última década, onde se observa um grande salto. A temperatura da superfície gera calor para a atmosfera e se continuar assim, contribuirá para o aquecimento das áreas urbanas, onde o altiplano andino não está isento.

#### 4. CONCLUSÃO

O clima urbano no Altiplano peruano apresenta, por um lado, desvantagens devido às condições climáticas do lugar, as variações atitudinais e a elevada amplitude térmica ao longo do dia, mas por outro lado apresenta vantagens porque no inverno o céu é claro e possui radiação solar abundante que abre possibilidades para a melhoria térmica das casas que ali se localizam, além do fato de o Lago Titicaca, por sua proximidade, cumprir a função termorreguladora, proporcionando um clima mais agradável com respeito para cidades mais distantes dela.

Os fatores apontados nesta pesquisa influenciam diretamente no microclima do setor analisado, onde se observou rápido crescimento urbano e densificação, o que tem trazido aumento da temperatura superficial, mas ao mesmo tempo impossibilitando o gerenciamento de estratégias de ganho solar passivo para habitação social em setores existentes devido ao rápido crescimento horizontal e vertical.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS; SENAMHI. **ATLAS DE ENERGÍA SOLAR**. Electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú, 2003.

MONTERDE, M. A. **Guías de estrategias de diseño pasivo para la edificación**. In: INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN (Ed.). . Foro para la edificación sostenible de la comunitat Valenciana. 1ra. ed. España: IVE, 2014. p. 66.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO. **Plan de desarrollo urbano 2012-2022, Puno-Perú**. p. 43, 2012.

NASA. **Photojournal**. Disponível em: <<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03388>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS. **Plan multisectorial ante heladas y friaje 2019-2021**. Decreto Supremo N° 015Perú, 2019.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**. 1st. ed. New York, USA: Springer, 2006.

SAYRI. **Mapa cuencas endorréicas meseta del collao**. Disponível em: <[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa\\_cuencas\\_endorréicas\\_meseta\\_del\\_collao.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa_cuencas_endorréicas_meseta_del_collao.jpg)>. Acesso em: 8 nov. 2021.

USGS. **Cience for a changing world**. Disponible em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. **Thermal remote sensing of urban climates**. Remote Sensing of Environment 86. 2002.

WIESER, M. **Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: el caso Peruano**. Arquitectura y Ciudad., v. Cuadernos, p. 93, 2008.