



## ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS EM COARI-AM

Luciomar da Silva Almeida Filho <sup>1</sup>  
Larissa Kristyne Campos dos Santos <sup>2</sup>  
Natacha Cintia Regina Aleixo <sup>3</sup>

### RESUMO

Na contemporaneidade, as cidades assumem papel importante no desenvolvimento da sociedade e produzem alterações diretas no ambiente natural. Partindo do referencial teórico-metodológico da climatologia geográfica e dos estudos de clima urbano realizados sobre zonas climáticas locais, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de classificação de zonas climáticas locais para a cidade de Coari, localizada no Amazonas, estado do norte do Brasil. A metodologia consistiu na aplicação de software classificador baseado no sistema de LCZs, na decomposição da malha urbana por meio das quadras da cidade a partir do arruamento disponibilizado pelo IBGE e em seguida realização de fotointerpretação de imagens de satélite em ambiente SIG associada ao mapeamento da vegetação por meio do NDVI e validação em campo, o que possibilitou a comparação das técnicas utilizadas. Os resultados demonstraram que em Coari predominam zonas climáticas do tipo construtivo compacto de baixa e média elevação, são seis as classes observadas na cidade, apontando para as áreas onde o balanço de energia tem sido alterado devido a substituição da superfície natural pela artificial.

**Palavras-chave:** Clima urbano, Amazônia, ilhas de calor urbanas.

### ABSTRACT

In contemporary times, cities play an important role in the development of society and produce direct changes to the natural environment. Based on the theoretical-methodological framework of geographic climatology and urban climate studies carried out on local climate zones, the aim of this work is to present a proposal for classifying local climate zones for the city of Coari, located in Amazonas, a state in northern Brazil. The methodology consisted of the application of classification software based on the LCZ system, the decomposition of the urban network into city blocks based on the street layout provided by the IBGE and then the photointerpretation of satellite images in a GIS environment associated with the mapping of vegetation using NDVI, which made it possible to compare the methods used. The results showed that in Coari there is a predominance of low and medium elevation climate zones of the compact constructive type, with six classes observed in the city, pointing to areas where the energy balance has been altered due to the replacement of the natural surface with an artificial one.

**Keywords:** Urban climate, Amazon, urban heat island.

---

<sup>1</sup> Estudante de Mestrado do Programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Amazonas, luciomar.almeida13@gmail.com;

<sup>2</sup> Estudante de Doutorado do Programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Amazonas, lskristyne@gmail.com;

<sup>3</sup> Doutora em Geografia, Docente nos cursos de graduação e pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, natachaaleixo@ufam.edu.br.



## INTRODUÇÃO

As cidades são a representação do máximo de alteração no ambiente natural causada pelos seres humanos, possuem características físicas que as tonam diferentes do seu entorno do ponto de vista climático. Com a produção da cidade surgem fenômenos físicos que são intrínsecos ao processo de urbanização, como as ilhas de calor (ICU), resultantes das propriedades físicas dos materiais construtivos e das atividades humanas, que afetam a atmosfera imediata, gerando um clima próprio (Fialho, 2012).

As ilhas de calor são o principal fenômeno característico do clima urbano e podem ser identificadas a partir das escalas e processos responsáveis por sua formação, ou ainda, por meio dos métodos e instrumentos empregados na sua observação. Mesmo que todos os tipos estejam conectados através das trocas de matéria, energia e dinâmica, cada tipo envolve diferentes processos, sistemas de medição, escalas temporais e espaciais. Em suma, as ICU são classificadas em ilhas de calor de superfície e atmosféricas (Stewart, 2011).

Zonas climáticas locais, com a sigla em inglês *LCZ (Local Climate Zone)* é uma proposta metodológica para o estudo de Ilhas de calor urbanas (ICU), que tem a finalidade de padronizar metadados locais para facilitar a comparação entre paisagens no intraurbano e entre cidades, possibilitando uma nova forma de quantificar a intensidade das ilhas de calor (Stewart; Oke, 2012).

A proposta permite explicações fundamentadas na relação entre a temperatura, morfologia e material de superfície, tornando a ICU um fenômeno composto por partes locais com diferentes possibilidades de combinações entre as *LCZs* da área de estudo (Pinton et al., 2021).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de classificação de zonas climáticas locais em Coari, classificando a paisagem da cidade quanto a morfologia e cobertura da terra, e identificando as zonas climáticas locais (ZCL) da cidade com ferramentas de mapeamento automáticas e manuais.

No Brasil a urbanização envolve uma gama de processos sociais e conflitos de interesse, o que resulta em problemas complexos de desigualdade, a partir desse entendimento fica claro que os diferentes grupos sociais vão dispor de mais ou menos equipamentos para enfrentamento do desconforto térmico ocasionado pela produção de uma clima urbano que ignora questões relacionadas a desigualdade (Sant' Anna Neto, 2011).

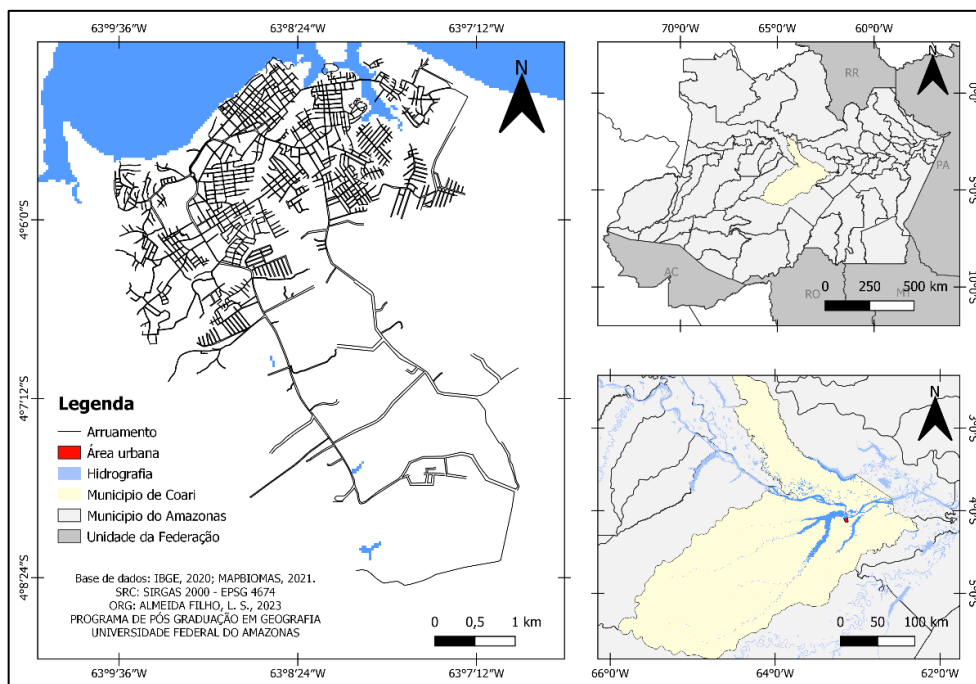


## METODOLOGIA

A cidade de Coari é a sede do município de Coari, fica localizada na região do Médio Solimões, no centro geográfico do estado do Amazonas, a história do povoamento na região do município data do século XVIII, a população de Coari é de 70.496 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

A cidade de Coari, localiza-se no centro geográfico do estado do Amazonas (Mapa 1), cerca de 350 km de Manaus e constitui um importante nó na rede urbana do Amazonas, principalmente devido ao início da exploração de petróleo e gás natural na área do município, na província petrolífera de Urucu a partir de 1988 (Brasil, 2007).

Mapa 1 – Localização da área urbana de Coari

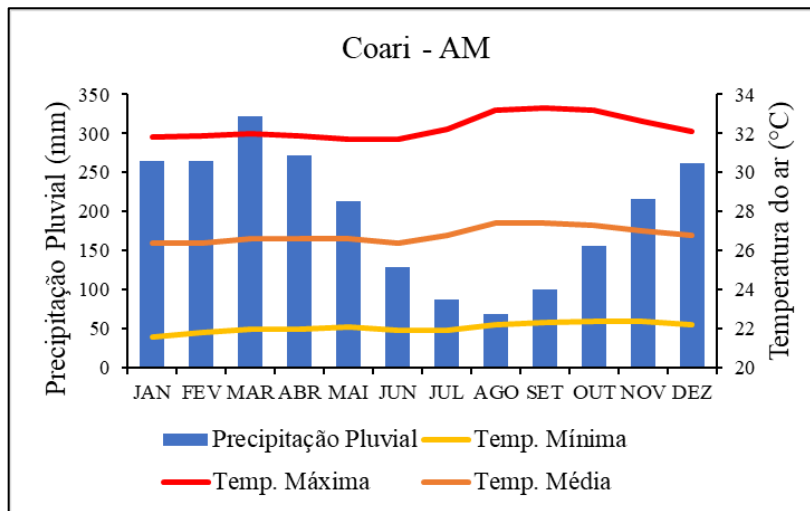


Fonte: IBGE, 2020; MapBiomas, 2021. Organizado por: ALMEIDA FILHO, L. S., 2023.

A cidade está localizada em tipo climático equatorial quente úmido, com médias mensais e anuais acima dos 18 °C, com estação seca curta se comparada com o período chuvoso (IBGE, 2002). De acordo com a normal climatológica para Coari (NCB 1981-2010) os totais pluviométricos anuais giram em torno dos 2.357,2 mm, com temperatura média de 26,8 °C, média da máxima de 32,3 °C e mínimas médias de 22,1 °C, a umidade relativa do ar média anual é de 82,7 % (INMET, 2018) conforme o gráfico 1.



Gráfico 1 – Normal Climatológica de Coari (NCB - 1981-2010)



Fonte: INMET

A fundamentação metodológica da pesquisa parte do referencial teórico da climatologia geográfica e do Sistema Clima Urbano (SCU) proposto por Monteiro (1975). As *LCZs* foram definidas em Coari baseadas nas adequações metodológicas realizadas por Cardoso (2015) e Pinton et al. (2021), assim as classes de zonas climáticas inicialmente foram identificadas através da interpretação visual de imagem de satélite e em seguida validadas em campo.

A definição das *LCZs* consistiram no reconhecimento da diversidade paisagística, a partir das definições das classes foi realizado o mapeamento das *LCZs* no software Qgis 3.16. Com a malha urbana decomposta, a partir das quadras delimitadas com base no arruamento disponibilizado pelo IBGE, na tabela de atributos foi atribuído valor da classe correspondente a cada Zona Climática Local segundo Stewart e Oke (2012) para as áreas em zona urbana.

Para o rural próximo foi calculado o índice de vegetação da diferença normalizada, com a sigla em inglês *NDVI*, utilizando as bandas do vermelho (*Red*) e do infravermelho próximo (*near-infrared*) da constelação de nanossatélites Planet, que possuem resolução espacial de 4,77 metros, disponibilizadas gratuitamente por meio da Iniciativa Internacional para o Clima e as Florestas da Noruega (*NICFI Program*) (Planet, 2022), os quadros baixados são de setembro de 2021.

Também, foi empregado o software *Local Climate Zones Generator (LCZ Generator)* da *World Urban Database (WUDAPT)* para a cidade de Coari, a fim de verificar como a classificação automatizada divide a paisagem urbana da cidade.



O *LCZ Generator* é uma aplicação *web* de um algoritmo classificador, o qual realiza uma classificação supervisionada pixel a pixel de forma automática. Com o treinamento de áreas utilizando o *Google Earth* são obtidas informações visuais e numéricas para extrair informações de imagens do satélite *Landsat 8*, com o método *Random forest* o programa categoriza a área de interesse tomando como base os tipos de zonas climáticas locais (Demuzere; Kittner; Bechtel, 2021).

O algoritmo foi desenvolvido por Demuzere, Kittner e Betchel (2021) e é utilizado pela WUDAPT e é disponibilizado no portal da organização com o principal objetivo de criar um mapeamento global robusto baseado no sistema de classificação em zonas climáticas locais (WERNECK, 2022).

As etapas para o uso da aplicação consistem, primeiro na criação das áreas para treinamento de máquina no *Google Earth PRO*, segundo a submissão no *LCZ generator*, são gerados as *LCZs* por meio do processamento em nuvem através do *Google Earth Engine*, e por fim são enviados por e-mail os resultados ao usuário, bem como os resultados dos testes de acurácia para cada tentativa, Werneck (2022) sintetiza as etapas no fluxograma a seguir.

Fluxograma 1 – Etapas da utilização do *LCZ Generator*



Fonte: WERNECK, 2022

## REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste trabalho toma como base o referencial teórico e metodológico da climatologia geográfica, pautada principalmente no Sistema Clima Urbano de Monteiro (1975) e no sistema de classificação das zonas climáticas locais (*LCZs*) proposto por Stewart (2011) e Stewart e Oke (2012).



Monteiro (1975) define o clima urbano como o clima de um dado espaço terrestre relacionado com a sua urbanização, portanto, é uma derivação ambiental que pode ser entendido a partir das trocas de energia e matéria que ocorrem a partir do núcleo central que é a cidade.

Para Monteiro (1975) o ser humano deve ser o referencial dos problemas e valores de fatos geográficos, dessa forma os elementos que caracterizam a participação urbana no desenvolvimento do sistema são reconhecidos a partir dos canais de percepção humana, com isso, o SCU pode ser subdividido em três subsistemas, são eles: o termodinâmico, o hidrometeorológico e o físico-químico, que devem ser entendidos como o conjunto de variáveis que o ser humano percebe no dia a dia.

O enfoque da pesquisa está no subsistema termodinâmico e tem como canal de percepção o conforto térmico que é expresso por meio do calor, ventilação e umidade que são as variáveis usadas para mensurações no subsistema. Representa o mais sensível ao ser humano, afeta a todos e seus repercute desde o desconforto até questões relacionadas a doenças, evidenciando resultados complexos (Monteiro, 1975).

As Zonas climáticas locais foram definidas, com a finalidade de compreender a dinâmica climática do urbano de Coari. O sistema de classificação é proposto inicialmente por Stewart (2011), já o conceito é formalmente definido por Stewart e Oke (2012), basicamente se refere a regiões com cobertura da superfície, materiais construtivos e atividades humanas uniformes que se estendem por dezenas de metros ou milhares de quilômetros horizontalmente no espaço.

A classificação divide a paisagem de acordo com a influência que suas características causam no campo termodinâmico, levando em conta a estrutura (espaçamento e altura das construções e da vegetação) e a cobertura da superfície (se permeável ou impermeável) causam no campo termodinâmico (Pinton, et al., 2021)

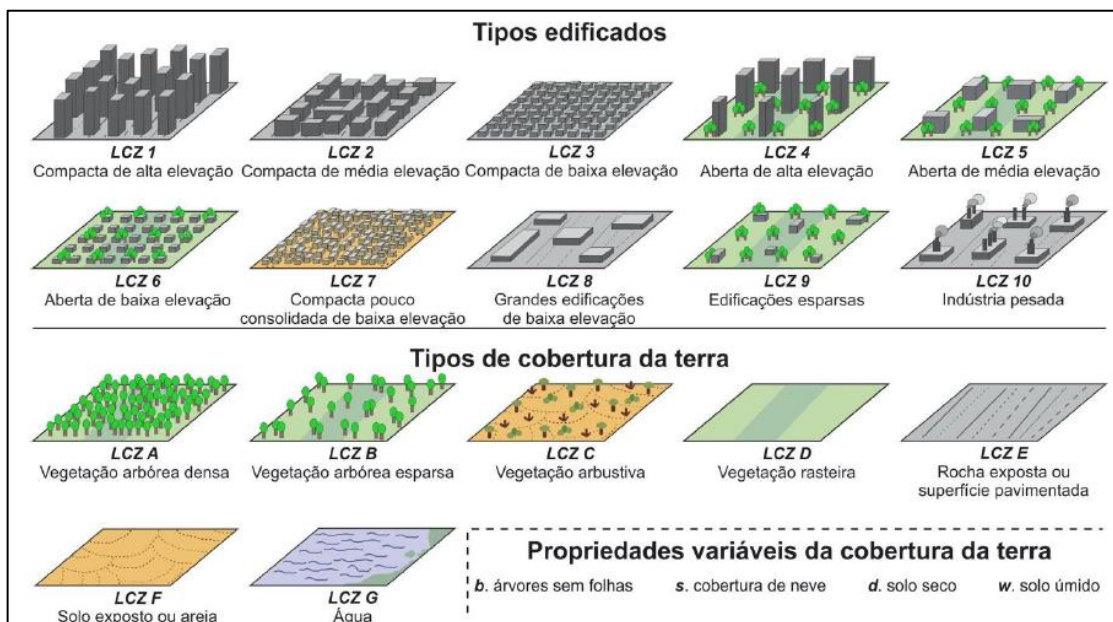
O primeiro parâmetro afeta o clima local modificando o fluxo de ar e o transporte de calor, o segundo parâmetro afeta o albedo, a disponibilidade de umidade e o potencial de aquecimento do solo (Stewart, 2011; Cardoso, 2015).

Sendo assim, as combinações dos parâmetros resultam em um conjunto de 17 classes, que são divididas em dois grupos: os tipos edificados e os tipos de cobertura da terra, de acordo com a ilustração da figura 1. As classes não possuem um rigor de classificação e permitem



subclassificações a fim de atender as necessidades de cada estudo, fatores como sazonalidade e propriedades efêmeras podem conter na classificação (Pinton, 2021).

Figura 1 - Esquema ilustrativo das Zonas Climáticas Locais



Fonte: Stewart; Oke, 2012 (Tradução de Pinton, et al., 2021)

Outra contribuição do sistema de classificação das *LCZs* diz respeito a mensuração da magnitude das ilhas de calor, que no bojo da proposta de Stewart (2011) é feita com base na diferença de temperatura entre as classes e não como tradicionalmente tem sido realizado, baseados na diferença entre o rural próximo.

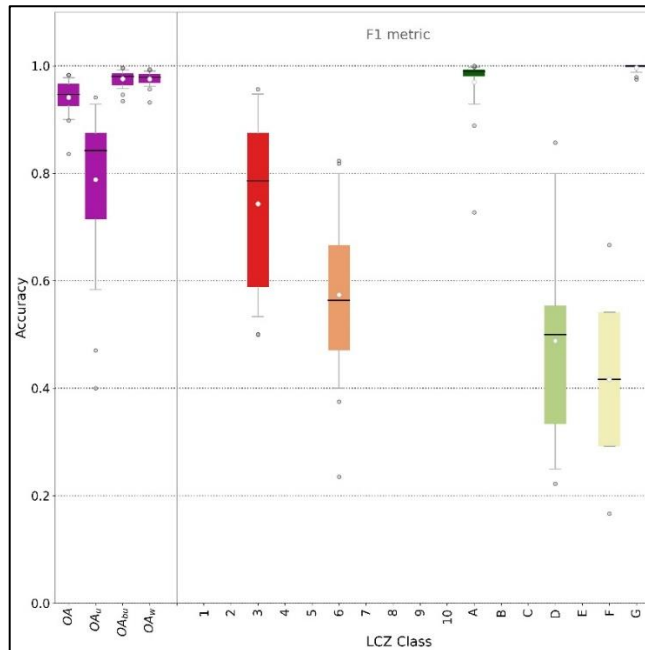
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio do *LCZs Generator* podem ser observados a seguir, a acurácia geral obtida foi de 0,94% (*OA*), com relação as classes de ocupação urbana (*OAU*) a acurácia foi de 0,79%, no quesito classes urbanas *versus* naturais (*OABu*) a acurácia atingida foi de 0,98% e a acurácia ponderada (*OAW*) foi de 0,98%.

Na comparação entre as classes, as zonas com melhor acurácia são as de vegetação (*LCZ A*) e de área urbana (*LCZ 3*) isso se deve por conta da facilidade de generalização, haja vista que são as classes em maior quantidade por km<sup>2</sup>. Já as classes de vegetação rasteira (*LCZ D*) e de solo exposto (*LCZ F*) foram as que obtiveram menor acurácia, isso ocorre principalmente por conta das confusões que podem ocorrer devido a assinatura espectral dos alvos, os resultados comparados da acurácia podem ser observados no gráfico 2.



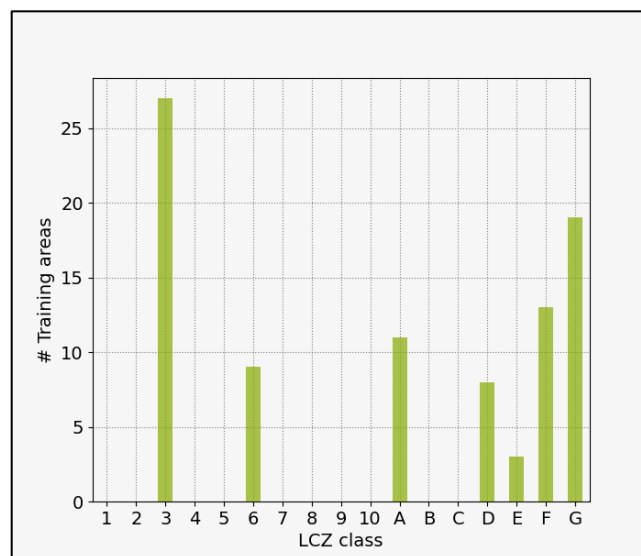
Gráfico 2 - Acurácia geral e por classe de zona climática para Coari



Fonte: WUDAPT, 2023

O conjunto de polígonos usados como área de treinamento possui um total de 90 polígonos que juntos perfazem um total de 15,61 km<sup>2</sup> de área, o que corresponde a 58,90% da área urbana de Coari, medidas obtidas por meio de SIG. Foram identificadas em Coari sete (7) tipos de zonas climáticas, sendo dois duas zonas do tipo edificado e cinco de superfície da terra, o gráfico 3 apresenta o total de polígonos por classe identificada por fotointerpretação de imagens de satélite.

Gráfico 3 - Distribuição de frequência das áreas de treinamento



Fonte: WUDAPT, 2023

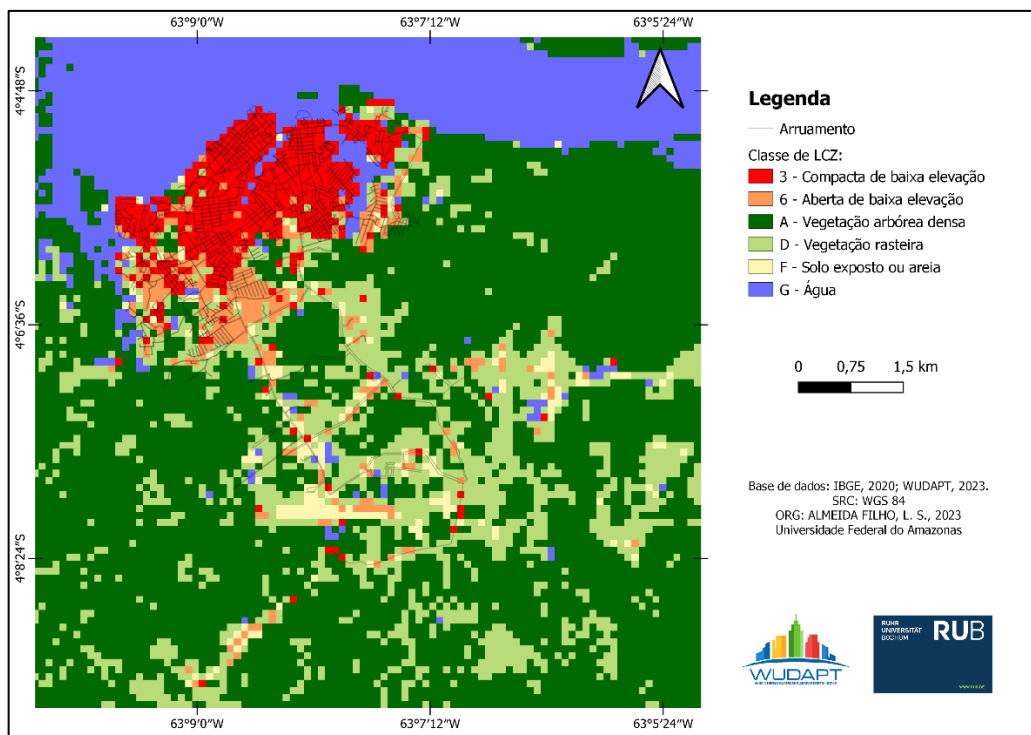




A classificação realizada para Coari por meio do *LCZ generator*, possibilitou a identificação de seis classes, sendo duas classes do tipo edificado e cinco de acordo com a permeabilidade da superfície, é importante destacar que os polígonos identificados como *LCZ E* que correspondem a superfície pavimentada foram mapeadas pelo algoritmo como solo exposto ou areia (*LCZ F*), como é o caso da pista de pouso do aeroporto na porção sul da cidade, dessa forma a classe não aparece na legenda do mapa.

No mapa 2 é possível verificar que grande parte da cidade de Coari foi mapeada como zona climática do tipo 3, ou seja, compacta de baixa elevação, isso de fato reflete a realidade para a maioria das áreas, mas generalizou completamente áreas de outros tipos edificados, como as de grandes construções a Oeste do centro geográfico da cidade, portanto, não refletindo a diversidade paisagística da cidade, o que é válido para a classe de construções esparsas de baixa elevação que em campo foram observadas construções compactas.

Mapa 2 – Distribuição espacial das *LCZs* em Coari



Fonte: WUDAPT, 2023

Demuzere, et al. (2022) ressaltam que as classes que representam o tipo de permeabilidade da superfície não dão conta da heterogeneidade das paisagens naturais existentes no planeta Terra e que a subclassificação pode oferecer uma melhor descrição da

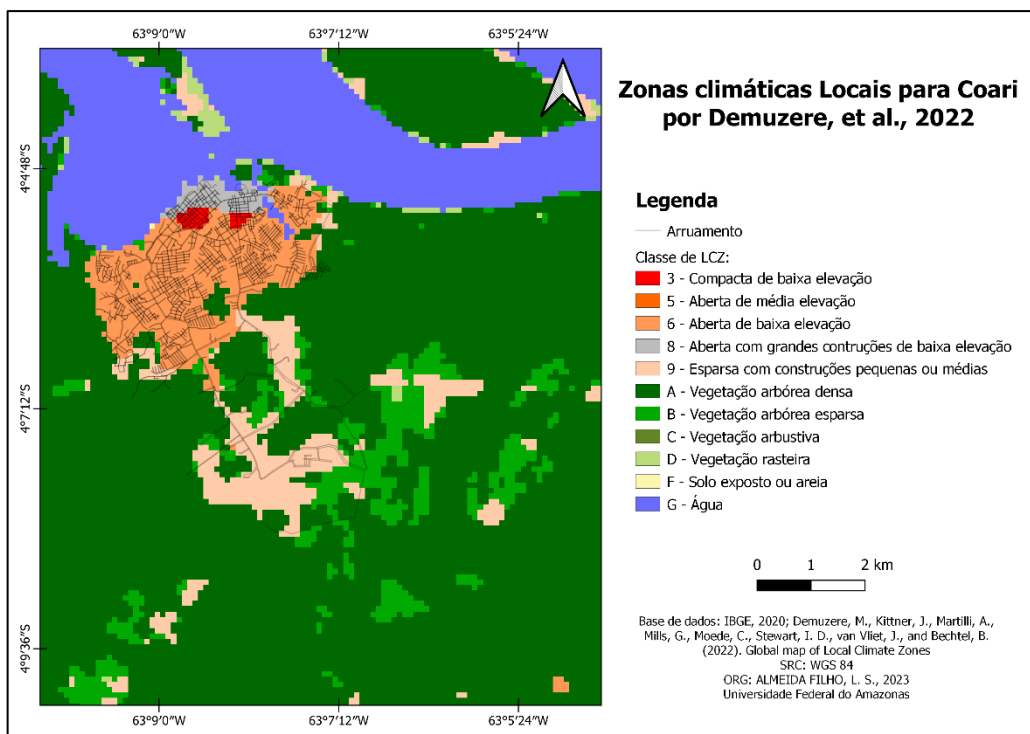


diversidade a depender do objetivo da aplicação do sistema. Os autores também realizaram a classificação em escala global da superfície terrestre baseados na tipologia das *LCZs*.

O mapeamento é realizado utilizando dados de código aberto da superfície terrestre e se baseia na metodologia WUDAPT e os resultados da pesquisa estão disponíveis para acesso livre no portal da organização. Para Coari, o mapeamento identificou 11 classes, sendo cinco do tipo edificado e seis referentes a cobertura/permeabilidade da superfície (Mapa 3).

A espacialização organizada por Demuzere, et al. (2022) identificou classe de construções grandes com padrão aberto de baixa elevação na área central da cidade próximo ao porto e grande parte da área contruída da cidade como de construção com padrão de distribuição aberto, e que validadas em campo não refletem a realidade. Esses resultados demonstram o grau de generalização do sistema classificador e das possíveis confusões que podem ocasionar, a aplicação irá variar de acordo com o objetivo e o tamanho da cidade e reclassificações podem ser requeridas, conforme se observa em Werneck (2022).

Mapa 3 – Zonas Climáticas Locais em Coari



Fonte: Demuzere, et al., 2022. Organização: Almeida Filho, 2023.

Os resultados iniciais para definição das zonas climáticas locais a partir das quadras da cidade demonstram uma diversidade paisagística significativa, foi utilizado o potencial

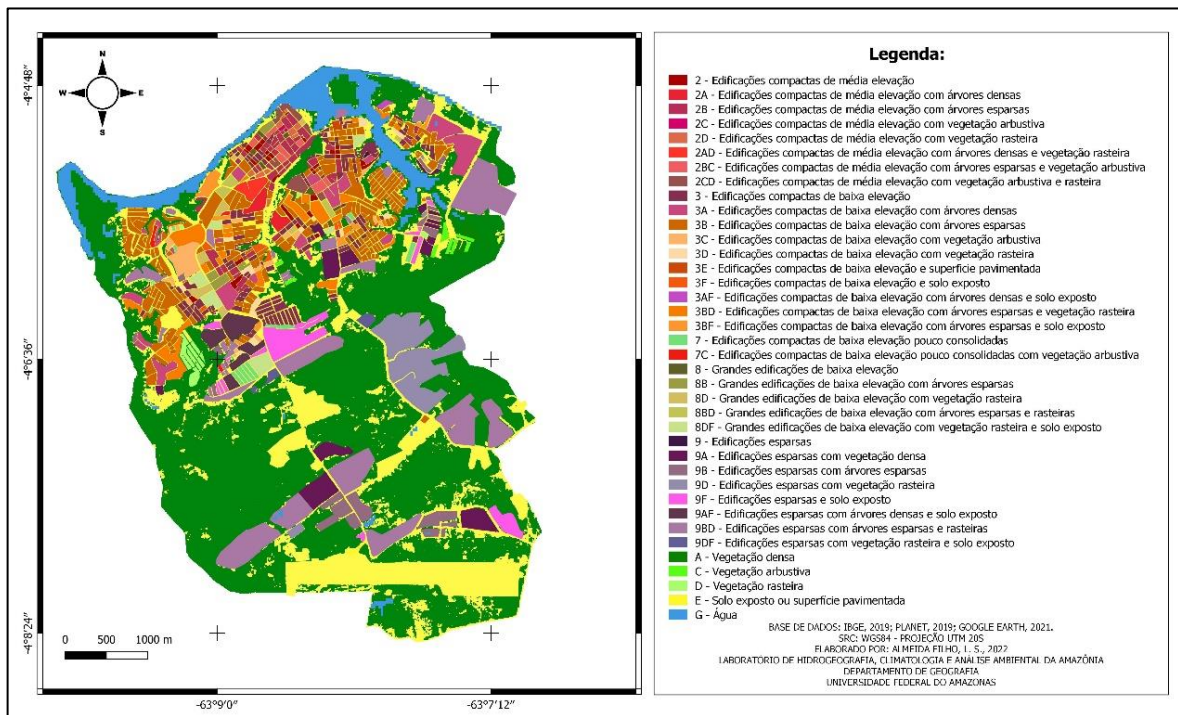


especializador do sistema de classificação por meio das subclasses, com a finalidade de explicar a estrutura urbana de Coari.

Assim, no mapa 4 é possível visualizar 38 zonas climáticas locais, demonstrando a variação de condições microclimáticas da cidade, porém, vale ressaltar que o sistema de classificação é pensado para estudo do clima em escala local, ou seja, as generalizações a partir do conjunto de subclasses devem ser consideradas como ponto mais importante ao se classificar a paisagem com vistas a parâmetros climáticos.

As 38 zonas climáticas locais podem ser agrupadas nas classes de média e baixa elevação, com áreas com construções compactas e esparsas, também com grandes edificações, conforme se afasta da área central que fica ao norte.

Mapa 4 -Zonas Climáticas para Coari utilizando as opções de subclasses



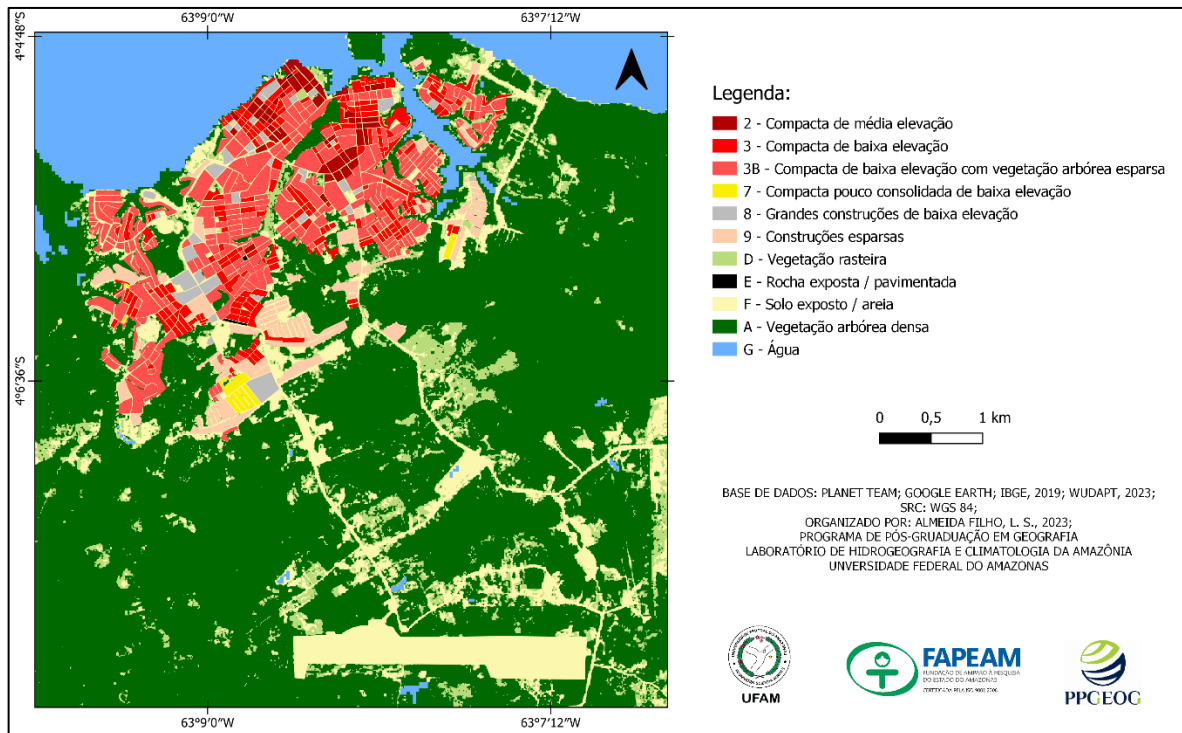
Fonte: IBGE, 2019; Planet 2019; Google Earth, 2021; STEWART, 2011.

Com o objetivo de tornar o mapeamento das zonas climáticas locais em Coari comparável com outras cidades do mundo, a atribuição dos valores correspondentes das LCZs foi seguida de acordo com Stewart; Oke, (2012) e demais estudos realizados com base na metodologia (Cardoso, 2015; Cardoso; Amorim, 2021; Pinton, et al., 2021; Demuzere, et al., 2021; Demuzere, et al., 2022; Werneck, 2022; entre outros).



Foram identificadas e validadas em campo, conforme proposição de Stewart; Oke (2012), dez classes e uma subclasse de zonas climáticas locais na cidade de Coari, sendo seis do tipo edificado e cinco referentes a permeabilidade da superfície (Mapa 5).

Mapa 5 – Zonas Climáticas Locais em Coari - AM



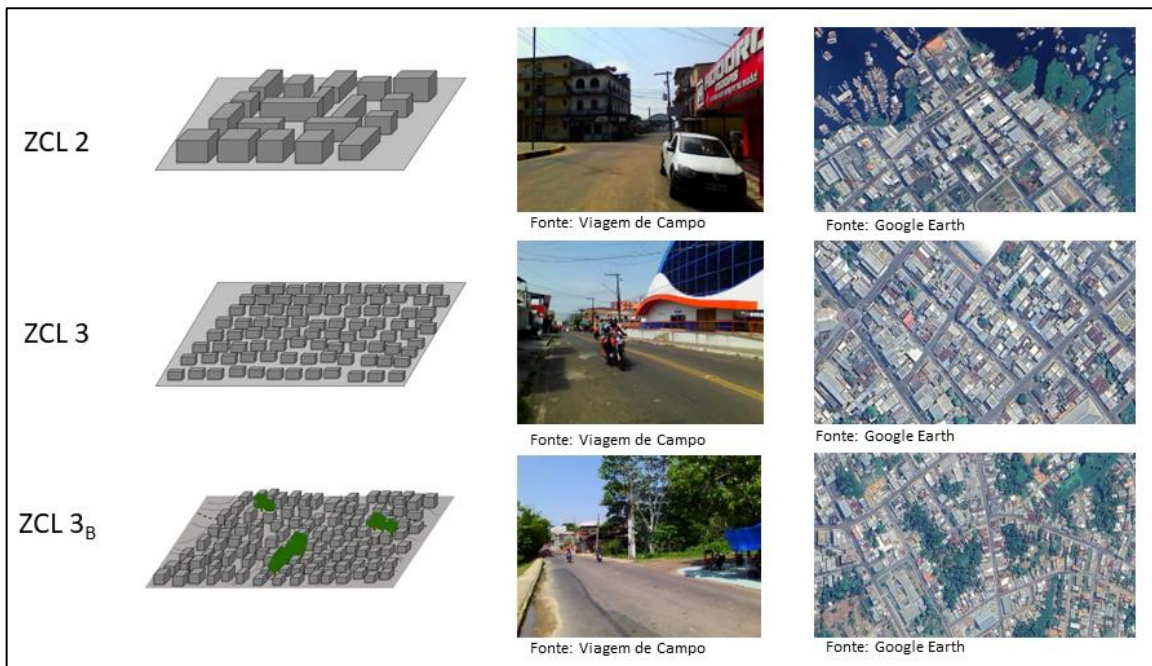
Fonte: Planet Team, 2021; Google Earth, 2023; IBGE, 2019; WUDAPT, 2023.

A diversidade paisagística de Coari pode ser sintetizada a partir das seis principais classes observadas na cidade e por meio de imagens de satélite.

Na classe 2 de *LCZ* predominam edificações de até 5 pavimentos e representam áreas consolidadas de ocupação, as atividades desenvolvidas são principalmente o comércio e serviços, devido à proximidade com o porto da cidade; A *LCZ 3* predomina na área central da cidade, também é observada em área de grande concentração de comércio e serviços; Já a *LCZ3b* representa uma subclassificação necessária tendo em vista que grande parte das áreas residenciais da cidade possui padrão construtivo compacto de baixa elevação, mas com aglomerados de vegetação do tipo arbóreo entre as residências, as ilustrações das zonas são observadas no esquema da figura 2.



Figura 2 – Zonas Climáticas de Coari



Fonte: Visita de campo; Google Earth, 2022

A *LCZ 7* é observada na parte sudoeste e nordeste da área urbana de Coari, são áreas de ocupação recente se comparadas com o centro e possuem padrão construtivo compacto tomando como base o tamanho dos lotes, são áreas residenciais e os materiais construtivos são do tipo leve, como madeira. A *LCZ 8* representa uma área onde se concentram grandes construções que atendem serviços como lojas, centro cultural e escolas, a oeste do centro geográfico da cidade. A *LCZ 9* é representada principalmente por loteamentos residenciais localizados na área sul e nordeste da cidade de Coari, conforme esquema na figura 3.



Figura 3 – Zonas Climáticas Locais de Coari



Fonte: Visita de campo; Google Earth, 2022

Predomina na cidade construções em lotes compactos e de baixa elevação, vegetação de porte arbóreo dispersa ao longo da malha urbana. No Norte da cidade, o padrão das construções é de edificações de média elevação em lotes compactos, com árvores esparsadas e superfícies predominantemente pavimentadas.

A classificação das zonas climática locais, pode oferecer uma padronização das áreas urbanas ao identificar partes distintas entre si a partir de sua estrutura e cobertura da terra, oferecendo uma possibilidade de entender a dinâmica do campo termodinâmico da cidade analisada e ainda oferece elevado potencial de emprego em estudos de cidades de pequeno porte (Pinton, et al., 2021).

A descrição das unidades climáticas (*LCZs*) permitem a distinção entre as áreas da cidade o que vai viabilizar elencar os fatores que afetam o campo termodinâmico do clima urbano da cidade. E que zonas climáticas semelhantes em morfologia podem apresentar diferenças na temperatura, dependendo da quantidade de vegetação, relevo e movimento de pessoas e veículos (Cardoso, 2015) justapondo a necessidade de conhecimento da dinâmica urbana das áreas mapeadas.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados desta pesquisa mostram que mesmo em uma cidade de porte pequeno, localizada em região cercada por floresta, que está inserida em um contexto de produção de espaço urbano específico, pode apresentar padrões de construção semelhantes com outras cidades do mundo, o que permite uma classificação por meio das *LCZs*.

De maneira geral, a área central da cidade é caracterizada por apresentar ocorrência de zonas climáticas locais dos tipos 2 e 3, assim, o padrão do tipo edificado é de construções compactas de média e baixa elevação com a cobertura da superfície impermeabilizada, foi observada uma especificidade que tornou necessária a classificação a partir de uma subclasse do tipo 3 associada ao tipo de cobertura B devido a presença de aglomerados de vegetação arbórea postas de maneira dispersa ao longo da cidade.

Localizadas mais ao sul e sudeste da cidade, foram observadas zonas climáticas do tipo 7, 8 e 9, que representam áreas de ocupação mais recente, algumas ainda não consolidadas, devido a isso possuem padrão do tipo edificado pequeno e grande de baixa elevação, esparsados com pouca presença de vegetação do tipo arbóreo, quando ocorrem estão dispersas.

A aplicação da metodologia, como primeira aproximação para classificação da paisagem de Coari a partir do sistema das zonas climáticas locais, ofereceu a expressão das características da estrutura e cobertura da superfície da cidade que irão interagir com os fluxos radiativos e com isso causar alteração no balanço de energia, evidenciando uma boa alternativa para o detalhamento do sítio urbano.

Há ainda a necessidade de aprimoramento das ferramentas usadas para a classificação da paisagem. O contexto local pode oferecer facilidades ou especificidades que vão requerer melhor delineamento metodológico para evitar generalizações exageradas ou um nível de detalhamento que inviabilize a comparação entre as cidades. No caso de Coari, a decomposição da malha urbana associada ao NDVI e a fotointerpretação de imagens orbitais ofereceu resultado mais satisfatório, confirmando a necessidade do avanço nas pesquisas sobre a classificação para cidades pequenas e médias no estado do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela concessão de bolsa de Mestrado e Doutorado pelo Programa Institucional de Apoio à Pós-Graduação Stricto Sensu (POSGRAD) ao primeiro e a segunda autora respectivamente.

À FAPEAM pelo financiamento do Projeto Eventos Extremos Climáticos e Risco à Saúde em Cidades Amazônicas (Edital: 013/2022) Produtividade CT&I da FAPEAM da terceira autora.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Câmara dos deputados. **Gasoduto Coari-Manaus e província petrolífera de Urucu: um marco no desenvolvimento do país**. Brasília: Câmara dos deputados, coordenação de publicações, 2007. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cindra/publicacoes/>. Acesso: 15 jul. 2023.

CARDOSO, R. S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP**. 2015. 135 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/138512>.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil. **Investigaciones Geográficas**, n. 69, p. 107-118. 2018. <https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.07>.

DEMUZERE, M. et al. A global map of Local Climate Zones to support earth system modelling and urban scale environmental scienc. **Earth System Science Data**, v. 14, n. 8, 2022, p. 3835-3873. Disponível em: <https://essd.copernicus.org/articles/14/3835/2022/>. Acesso: 03 set. 2023.

DEMUZERE, M., et al. LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone Maps. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.637455>. Acesso em: 03 set. 2023.

FIALHO, E. S. Ilhas de calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76.

IBGE. **Base de Faces de Logradouros do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/>. Acesso: 17 out. 2021

IBGE. **Climas do Brasil**. 2002. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/>.

IBGE. **Panorama de Coari**. v. 4. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/coari/panorama>.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil (1981- 2010)**. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2018. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso: 17 jul. 2023.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/F.F.L.C.H, Tese de livre-docência, 1975. Disponível em: <https://www.abclima.ggf.br/publicacoes.php>





PINTON, L. G. et al. Magnitude do fenômeno da ilha de calor em Sacramento (MG): perspectivas de aplicação do sistema das Zonas Climáticas Locais em cidade de pequeno porte. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 161-179, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.117314>.

PLANET. Norway's **International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program**. Disponível em: <https://www.planet.com/nicfi/>. Acesso: 17 out. 2021.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social. *Revista brasileira de climatologia*, v. 8, p. 45-60 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25794>. Acesso em: 22 jul. de 2021.

STEWART, I. D. **Redefining the urban heat island**. Tese (doutorado em Geografia), University of British Columbia, 2011. Disponível em: <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0072360>.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zone for urban Temperature studies. **BAMS**, v. 93, n. 12, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.

WERNECK, D. R. **Variabilidade da temperatura de superfície diurna entre as zonas climáticas locais (LCZ): um estudo para a área urbana do Distrito Federal**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2022. Disponível em: [http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/45320/1/2022\\_DanielaRochaWerneck.pdf](http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/45320/1/2022_DanielaRochaWerneck.pdf). Acesso: 15 jul. 2023.

WUDAPT. World Urban Database – **Local Climate Generator**. Disponível em: <https://www.wudapt.org/>. Acesso: 03 set. 2023.