

Identificação de zonas climáticas locais na cidade de Rio Branco

Identification of local climate zones in the city of Rio Branco

¹Francisco Ivam Castro do Nascimento, ²Vanessa Oliveira Borges, ³João Paulo Assis Gobo, ⁴Adriana Cristina da Silva Nunes, ⁵Luiz Augusto Ferreira Monteiro

¹Doutorando em Geografia – Universidade Federal de Rondônia - ivam.nc@gmail.com;

²Mestranda em Geografia – Universidade Federal de Rondônia - oliveiraborgesv98@gmail.com;

³Doutor em Geografia – Professor Assistente no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia - joao.gobo@unir.br;

⁴ Doutora em Biologia – Professora no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Rondônia - adriananunes@unir.br;

⁵Mestre em Geografia – Universidade Federal de Rondônia - ifmonteiro.88@gmail.com

RESUMO: O crescimento populacional de Rio Branco, desde a década de 40, tem promovido mudanças no uso e ocupação da terra, provocando alteração do clima urbano. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo aplicar a metodologia das Zonas Climáticas Locais na cidade de Rio Branco-Acre, avaliar a eficácia do mapeamento e verificar as zonas LCZ's que englobam os eixos de expansão urbana. Para isso, foi utilizada a metodologia das Zonas Climáticas Locais (LCZ), que classifica as paisagens urbanas e rurais em 17 zonas climáticas conforme as características de uso e ocupação da terra. Os resultados apontam para acurácia geral (OA) do mapeamento de 67%, indicando que a metodologia se mostrou satisfatória quando comparadas com outros estudos sobre as LCZ's. A matriz de confusão aponta para uma acurácia geral do mapeamento em 70.2%, com as classes LCZ 10, LCZ A e LCZ D, obtendo aproveitamento igual ou maior que 80%. As LCZ's referente aos tipos de construções tiveram menor acurácia de mapeamento na área em estudo. Além disso, os eixos de expansão urbana se localizam principalmente nas classes LCZ A, LCZ D e LCZ G, indicando que as classes com menor temperatura está sendo substituídas por classes LCZ com maior temperatura. Conclui-se, por meio dos valores de acurácia, que a metodologia utilizada é mais eficiente em classificar classes de cobertura da terra e classes que possuem maior distribuição espacial na cidade.

Palavras Chave: Amazônia. Análise espacial; Clima Urbano.

ABSTRACT: The population growth of Rio Branco, since the 1940s, has driven changes in land use and occupation, leading to alterations in the urban climate. Given this, the objective of this research was to apply the Local Climate Zones (LCZ) methodology in the city of Rio Branco, Acre, assess the effectiveness of the mapping, and identify the LCZ zones encompassing urban expansion axes. For this purpose, the Local Climate Zones (LCZ) methodology was used, which classifies urban and rural landscapes into 17 climate zones according to land use and occupation characteristics. The results indicate an overall accuracy (OA) of the mapping of 67%, suggesting that the methodology was satisfactory when compared to other studies on LCZs. The confusion matrix points to an overall mapping accuracy of 70.2%, with LCZ classes 10, A, and D achieving an accuracy equal to or greater than 80%. The LCZs corresponding to building types showed lower mapping accuracy in the study area. Furthermore, the urban expansion axes are mainly located in LCZ classes A, D, and G, indicating that classes with lower temperatures are being replaced by LCZ classes with higher temperatures. It is concluded, based on the accuracy values, that the methodology used is more efficient in classifying land cover classes and classes with greater spatial distribution in the city.

Keywords: Amazon. Spatial analysis; Urban climate.

1. INTRODUÇÃO

A cidade constitui a forma mais evidente de transformação da paisagem natural. As diferentes formas de uso e ocupação do solo em ambiente urbano podem afetar de forma imediata os habitantes através do aumento da temperatura de superfície, temperatura do ar e da concentração de poluente.

Para Amorim (2005a, 2005b), os tipos de uso de ocupação do solo e as características do relevo estão associadas a formação de ilhas de calor urbano. Além disso, as altas temperaturas e a concentração de poluentes contribuem para colocar em risco a saúde humana

(FERREIRA et al. 2020). Nas cidades, as temperaturas podem ser potencializadas pela densidade do perímetro urbano e pelo tipo de uso do solo (JÚNIOR; MARTILLI; SILVA, 2020).

Com isso, torna-se necessário a adoção de medidas voltadas para mitigação dos impactos gerados pelo aumento da temperatura, tais como a redução de emissões de gases poluentes, e a redução da exposição de pessoas vulneráveis a eventos extremos relacionados ao clima (SILVA, 2018). Guerreiro (2020) destaca que devido às construções a temperatura do ar nas cidades podem ser até 12 °C acima da registrada no meio rural. Isso destaca a importância de pesquisas que buscam mapear os diferentes tipos construtivos, a fim de subsidiar estudos do clima urbano.

Conforme Voogt (2004) e Stewart and Oke (2012), as Ilhas de Calor são consequências da diferenciação morfológica da cidade, esse efeito se dá pelo aquecimento das superfícies urbanas e/ou da atmosfera em comparação com áreas rurais, ou menos urbanizadas. Romero et al. (2019) destaca que as mudanças climáticas, bem como as ilhas de calor, se apresentam como ameaças à saúde humana, onde as iniciativas de mitigação a esta ameaça ainda se apresentam de forma discreta.

Estudos recentes têm correlacionado as mudanças climáticas globais e locais às formas predatórias de uso dos recursos naturais e de uso e ocupação do solo. No meio urbano, estudos como o desenvolvido por Monteiro (2018) buscou investigar a relação entre a distribuição espacial da temperatura do ar e os padrões de uso e ocupação do solo no município de Campinas/SP. Além disso, áreas urbanas com maior densidade populacional demandam estudos e ações que visem reduzir os impactos decorridos das mudanças de uso do solo. Conhecer esses impactos.

A partir da compreensão do fenômeno da ilha de calor, Stewart e Oke (2012) desenvolveram um sistema de classificação das paisagens urbanas e rurais dividido em 17 zonas climáticas locais (LCZ), as quais derivam de uma divisão da paisagem em subclasses diferenciadas conforme as características do cobrimento do solo (edificações, pavimentos, albedo, fator de céu visível, rugosidade e fatores antropogênicos). Em 2015, como parte do projeto World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), foi desenvolvido um protocolo que permite o mapeamento de cidades em LCZs, usando dados e pacotes de software disponíveis gratuitamente, mas executados em instalações de computação locais (BECHTEL, 2021).

Wang et al. (2018) e Zambonato et al. (2021) destacam que as LCZ's se tornaram um parâmetro global para a identificação da morfologia urbana e de sua relação com a temperatura local. Para Huang et al. (2023) o estudo das zonas climáticas locais desempenha um papel cada vez mais importante na pesquisa climática, pois apresenta uma forma de classificação universal para paisagens urbanas. Quan e Bansal (2021) destacam que as LCZ's fornecem uma estimativa simplificada de condições do microclima urbano, contribuindo para a formulação de políticas de desenvolvimento urbano sensíveis ao clima.

O sistema de classificação da paisagem denominado *Local Climate Zone (LCZ)*, ou zona climática local, é dividida segundo as propriedades da morfologia da superfície e cobertura da terra. Assim, sabe-se que o uso e a ocupação do solo, além de gerar superfícies com diferentes rugosidades, também gera superfícies com temperaturas mais quentes e/ou mais frias (NASCIMENTO; CARVALHO; GOBO, 2023). Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo aplicar a metodologia das Zonas Climáticas Locais na cidade de Rio Branco-Acre, avaliar a eficácia do mapeamento e verificar as zonas LCZ's que englobam os eixos de expansão urbana.

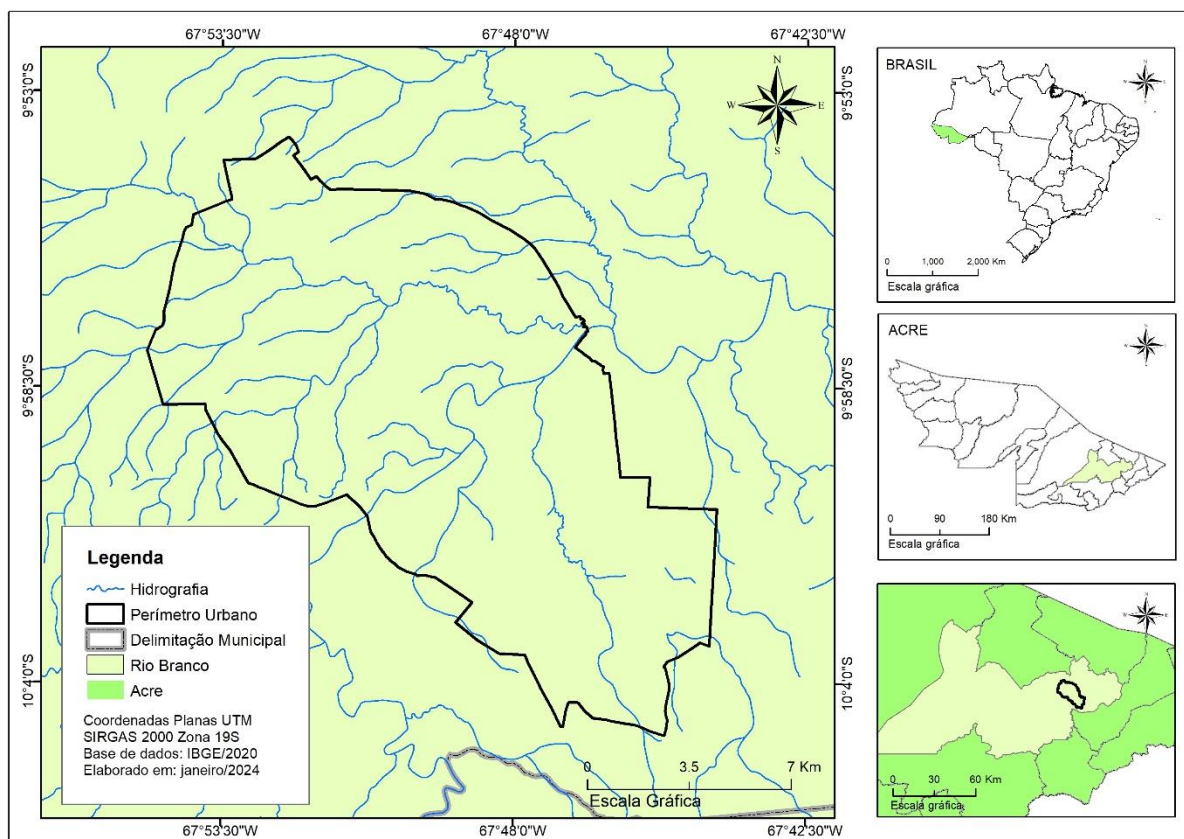
2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Área de estudo

A cidade de Rio Branco localiza-se a leste do estado do Acre. Consoante o último censo demográfico, no ano de 2024, o município possui uma população estimada em 387.852 mil habitantes (IBGE, 2024), residindo em cerca de 205 bairros. O perímetro urbano da cidade de Rio Branco possui 20590 hectares.

Ao longo das últimas décadas, percebe-se uma consolidação do adensamento urbano nas áreas centrais da cidade, além da expansão e criação de novos bairros e condomínios horizontais fechados. Na Figura 1 é possível visualizar o perímetro da área em estudo.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



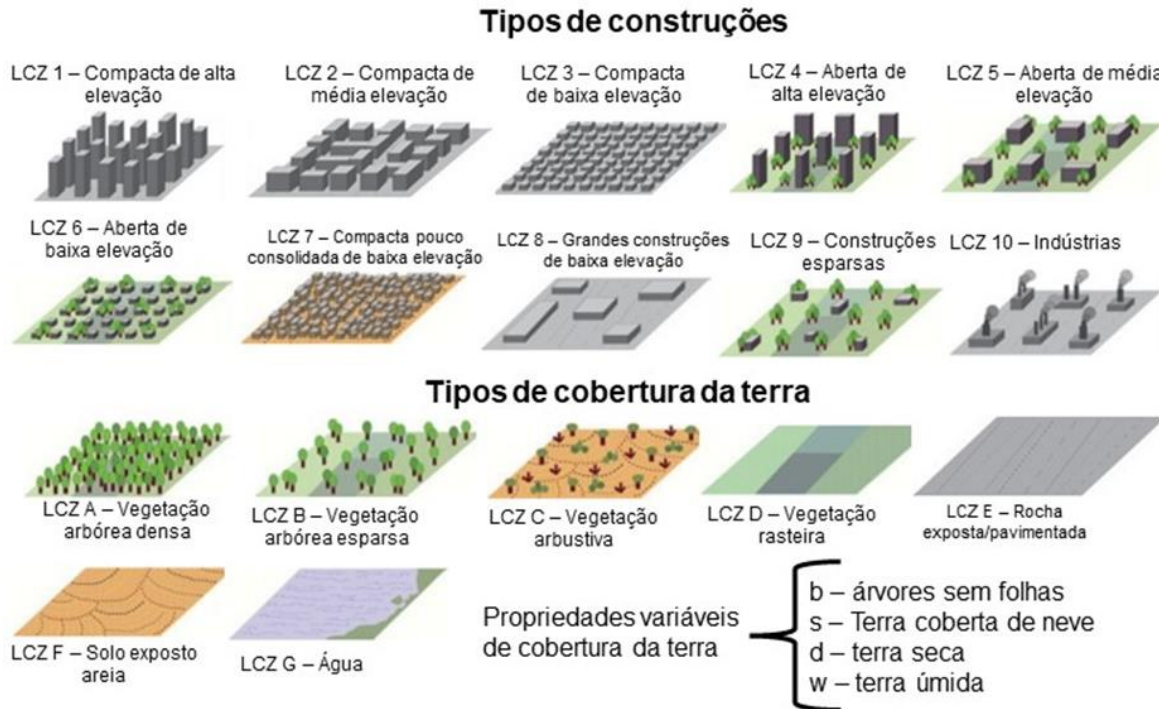
2.2. Zonas Climáticas Locais (LCZ)

As Zonas Climáticas Locais (ZCL) é uma metodologia desenvolvida por Stewart e Oke (2012), para compartimentar a paisagem urbana em classes locais com base na morfologia de uso e ocupação do solo. Demuzere et al. (2021) afirmam que esta metodologia se consolidou como um novo padrão para a caracterização das paisagens urbanas, permitindo uma nova abordagem do clima urbano a partir das características de cobertura do solo em escala local.

De acordo com Borges et al., (2022), a ZCL revela oportunidades de padronização da forma e função urbana em relação ao clima local, bem como a compreensão espacial da variabilidade da temperatura intraurbana a partir da categorização do uso e ocupação do solo por meio de zonas em uma escala local. Nessa metodologia a paisagem é compartimentada em 10 (dez) zonas LCZ com base nos tipos construtivos e 7 (sete) zonas LCZ baseadas no tipo e cobertura da terra.

O mapeamento das classes LCZ foi realizado a partir do software Google Earth por meio do *template* da área de treinamento disponibilizado no seguinte endereço eletrônico: <https://lcz-generator.rub.de/>. Na Figura 2 é possível observar as classes de LCZ segundo os tipos de construções e tipos de cobertura da terra.

Figura 2 – Sistema de Classificação das LCZs com tipos edificadas.



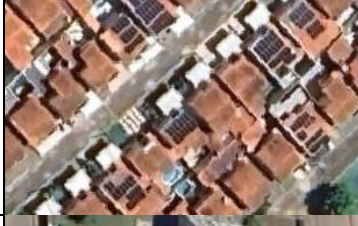






Fonte: Stewart e Oke (2012). Adaptado pelos autores, 2024.







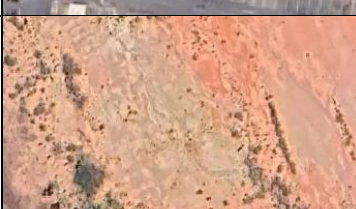
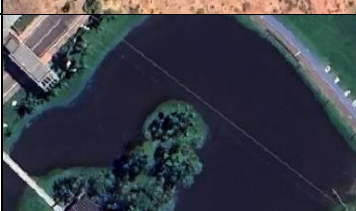
O gerador de LCZ apresenta como produtor um mapa das classes de LCZ, acurácia do mapeamento e um arquivo TIFF com as classes mapeadas para posterior tratamento dos dados em outros softwares. Nesta pesquisa, além do gerador de LCZ, foi utilizado o software QGIS para tratamento do arquivo TIFF e geração do layout do mapa. No Quadro 1 é ilustrado as áreas de treinamento utilizadas para a classificação das classes LCZ nessa pesquisa.

As amostras selecionadas para a aplicação da metodologia se concentraram nas áreas mais adensadas da cidade, compreendendo todo o perímetro urbano de Rio Branco. Ao todo foram coletadas 124 áreas de treinamento nas 15 classes identificadas. Apenas as LCZs 4 e 7 não foram identificadas.

Quadro 1 – Áreas de treinamento para a obtenção das classes LCZ.

LCZ	Amostra da classe	Descrição das classes
LCZ 1		Esta classe é composta por construções próximas e maiores que 9 pavimentos.
LCZ 2		A LCZ 2 é caracterizada por áreas compactas de média elevação. Os materiais construtivos são o aço, tijolo, concreto e vidro.
LCZ 3		A LCZ 3 é composta por construções compactas de baixa elevação. De acordo com Cardoso e Amorim (2017), os materiais construtivos desta classe incluem cimento e tijolo. São áreas altamente pavimentadas, possuindo pouca vegetação.
LCZ 5		Esta classe possui construções de média elevação, porém com maior espaçamento, sendo esses espaçamentos geralmente ocupados por árvores, ruas e praças.
LCZ 6		A apresenta padrão construtivo aberto e de baixa elevação. Nestas áreas se encontram os bairros mais afastados da cidade. As casas são construídas em alvenaria e o telhado é predominantemente de fibrocimento
LCZ 8		Classe composta por grandes construções de baixa elevação. Nesta classe encontram grandes galpões construídos para uso comercial.
LCZ 9		Construções esparsas com presença de vegetação arbustiva e/ou gramínea.

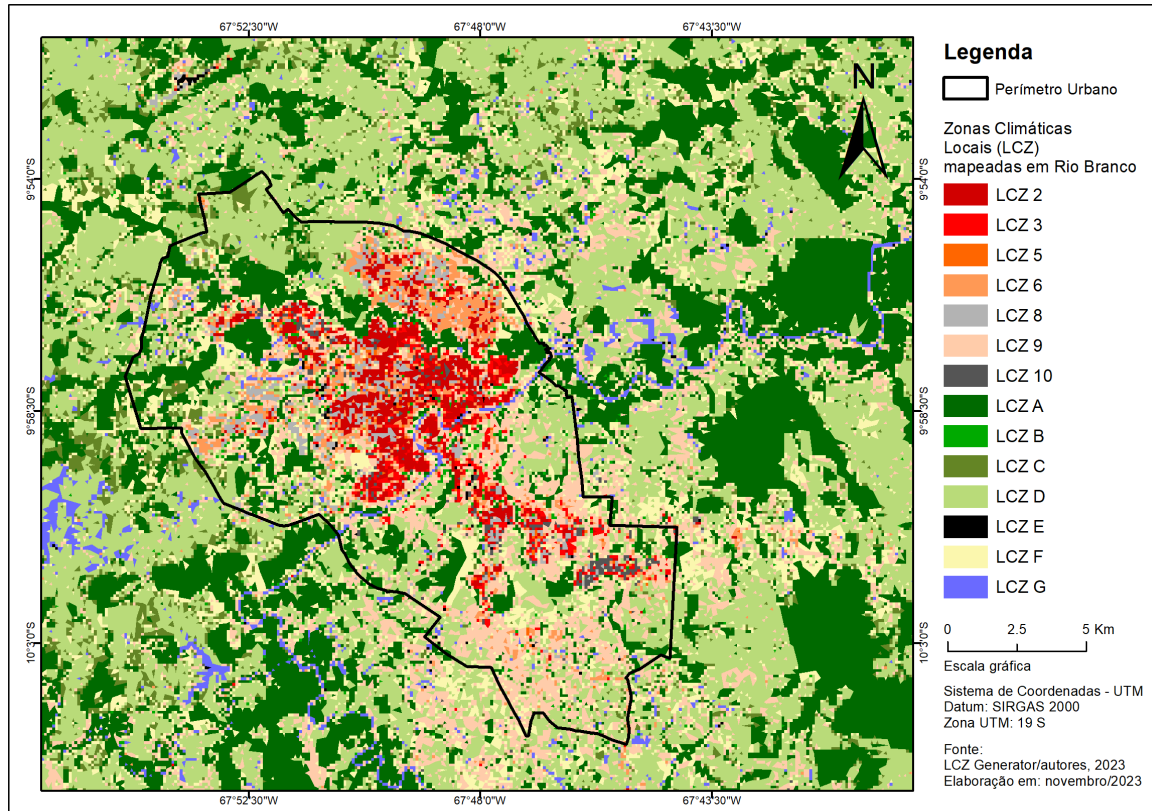
Quadro 1 – Áreas de treinamento para a obtenção das classes LCZ (continuação).

LCZ	Amostra da classe	Descrição das classes
LCZ 10		Esta classe é composta por áreas industriais, sendo representadas por grandes completos construtivos.
LCZ A		Paisagem densamente arborizada de árvores decíduas e/ou perenes.
LCZ B		Paisagem levemente arborizada de árvores decíduas e/ou perenes.
LCZ C		Arranjo aberto de arbustos, moitas e árvores baixas lenhosas.
LCZ D		Paisagem com características de grama ou plantas herbáceas.
LCZ E		Classe com características de rocha ou cobertura pavimentada em asfalto ou cimento.
LCZ F		Paisagem com características de solo exposto ou cobertura de areia.
LCZ G		Rios e lagos

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

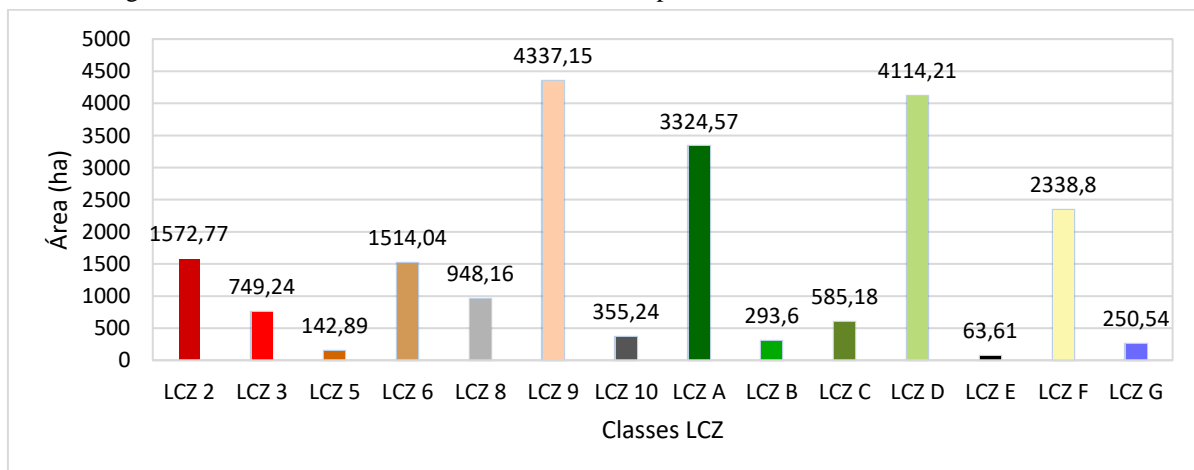
Foram identificadas quatorze zonas climáticas locais no perímetro urbano de Rio Branco. Na Figura 3 é possível visualizar as classes LCZs mapeadas. Além do seu uso para estudos de clima urbano, percebe-se que o mapa gerado com as LCZs permite a identificação de alterações na cobertura vegetal.

Figura 3 – Mapeamento das classes LCZ em Rio Branco – Acre.



Não foi possível identificar a LCZ 1 referente a construções compacta de alta elevação e LCZ 4 referentes a arranjo aberto de edifícios altos devido o número insuficiente de edifícios altos com 10 ou mais andares de altura, impossibilitando assim a caracterização desta classe pelos algoritmos responsáveis pela classificação das classes LCZ's. Na Figura 4 é possível visualizar os valores em hectares das classes LCZ.

Figura 4 – Valores em hectares das classes LCZ no perímetro urbano de Rio Branco em 2023.



Observa-se que não foi possível identificar as LCZs 4 e 7. Embora não tenha sido possível identificar estas classes, isso não significa que elas não existam no meio urbano da área de estudo. Neste caso não foi possível a coleta de amostras das LCZs 4 e 7 devido a sua baixa ocorrência. Esta situação é observada na classe LCZ 1, que mesmo com mais de duas amostras coletadas o processamento final não identificou esta classe.

A ausência da classe LCZ 7 reflete uma mudança no padrão construtivo de Rio Branco observado nos últimos trinta anos, com a substituição de casas em madeira por casas em alvenaria nos bairros periféricos. Carvalho (2018) destaca que os registros históricos apresentam um uso quase generalizado da madeira no município de Rio Branco no início de sua ocupação no final do século XIX e início do século XX. De acordo com Lima (2010) esse uso está relacionado às matrizes indígenas ou a herança dos migrantes nordestinos. Conforme Miranda (2013) a migração nordestina teve origem nas secas que ocorrem em 1877, 1888 e 1900.

As classes com maior participação foram a LCZ 9 (construções esparsas), LCZ A (vegetação arbórea densa), LCZ D (vegetação rasteira) e LCZ F (solo exposto). A LCZ 9 é semelhante a LCZ 6, no entanto, na LCZ 9 as construções são mais espaçadas, com vegetação arbórea e rasteira e geralmente se localizam em regiões mais afastadas da cidade

As classes com menor participação foram a LCZ 5 (construções abertas de média elevação) e LCZ E. Na Tabela 1 é possível visualizar o percentual obtido por cada classe LCZ dentro do perímetro urbano de Rio Branco.

Tabela 1 – Quantificação das classes LCZ

Classes LCZ	Área (ha)	%
LCZ 2	1572.77	7.6
LCZ 3	749.24	3.6
LCZ 5	142.89	0.7
LCZ 6	1514.04	7.4
LCZ 8	948.16	4.6
LCZ 9	4337.15	21.1
LCZ 10	355.24	1.7
LCZ A	3324.57	16.1
LCZ B	293.6	1.4
LCZ C	585.18	2.8
LCZ D	4114.21	20.0
LCZ E	63.61	0.3
LCZ F	2338.8	11.4
LCZ G	250.54	1.2
	20590	100

A classe LCZ 2 é visível nas áreas centrais do perímetro urbano de Rio Branco. Essa classe é caracterizada por comportar uma densa mistura de edifícios médios, entre 3 e 9 andares. São áreas que possuem pouca cobertura vegetal e solo pavimentado. Nessa classe, as construções são feitas preferencialmente com tijolo, telha e concreto. Conforme Luz et al. (2015), essa característica contribui com a redução da umidade do ar, aumento da temperatura e mudanças na direção do vento devido ao corredor formado pelas construções.

Destaca-se que Rio Branco possui áreas compactas de média elevação, porém, estas áreas também possuem vegetação dificultando a identificação pelo algoritmo, sendo necessária sua adaptação para a realidade da região em estudo. A mesma dificuldade de mapeamento foi observada para as classes LCZ B (vegetação arbórea esparsa) e LCZ F (solo

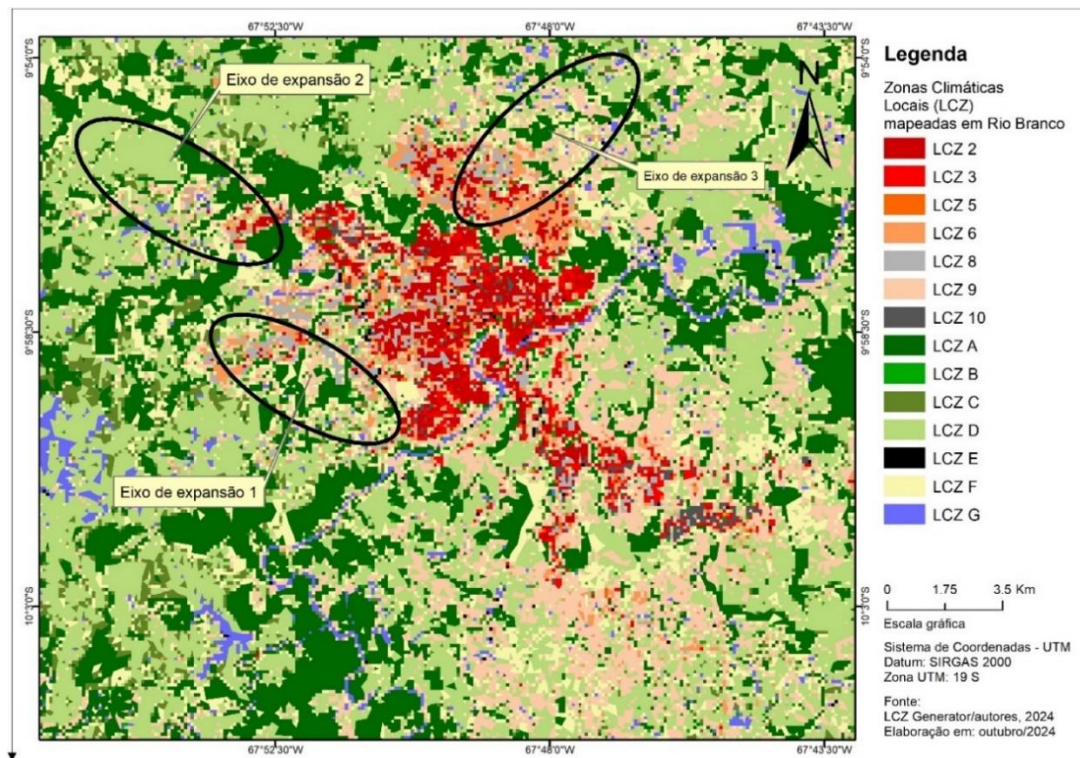
exposto/areia). Essa dificuldade de mapeamento foi decisiva para a obtenção dos valores de acurácia para estas classes. Santos et al. (2016), expõem a importância de saber a acurácia de um dado espacial, pois assim é possível compará-lo à sua realidade no terreno.

A LCZ 9 (construções esparsas) abrange as áreas que estão em pleno processo de expansão urbana. São estas áreas que dão lugar a novos loteamentos horizontais e novos bairros que surgem tanto do processo de ocupação planejada quanto de ocupação e expansão urbana irregular. Esta classe também compreende regiões que possuem abundância de cobertura de solo permeável, árvores dispersas e plantas baixas.

Além do aumento da temperatura do solo nas áreas densamente ocupadas, Nespolo et al. (2023) destaca que a impermeabilização do solo diminui a infiltração da água, aumentando o escoamento superficial, o que contribui para que a rede de drenagem não suporte o aumento rápido da vazão. Na periferia da cidade predomina construções de edifícios baixos, entre 1 e 3 andares, com a existência de cobertura de solo permeável e árvores.

Beux e Ottoni (2015) apontam que a manutenção de áreas com solos permeáveis permite a redução do escoamento superficial, amortecendo picos de vazão durante eventos chuvosos. Ainda é possível destacar a existência de vegetação arbórea densa (LCZ A), vegetação arbórea esparsa e rasteira (LCZ B e LCZ D). Além disso, verifica-se um avanço das classes LCZ 2, 3 e 5 nos eixos de expansão da cidade (Figura 5).

Figura 5 – Classes LCZ e eixos de expansão urbana em Rio Branco.



A expansão da cidade para zonas climáticas mais frias expõe a necessidade de políticas de planejamento urbano que priorize modelos construtivos e de ocupação do espaço que atenuem os efeitos da insolação solar. Delgado et al. (2012) evidencia que a expansão da macha urbana em Rio Branco tem resultado em um aumento da temperatura do ar e na modificação do balanço de radiação.

Verifica-se que a expansão dos eixos 1 e 2 são impulsionados pela implantação de loteamentos horizontais fechados. Segundo Mendonça et al. (2018) a expansão urbana em Rio Branco tem dois agentes principais, o Estado e os promotores imobiliários. O primeiro

fomentando a existência de uma infraestrutura urbana e o segundo atuando no processo de construção e especulação imobiliária.

Na Figura 6 é possível visualizar um loteamento horizontal, onde toda a vegetação foi retirada para dar lugar a construções residenciais, e onde as áreas verdes possuem em sua maioria apenas cobertura com grama.

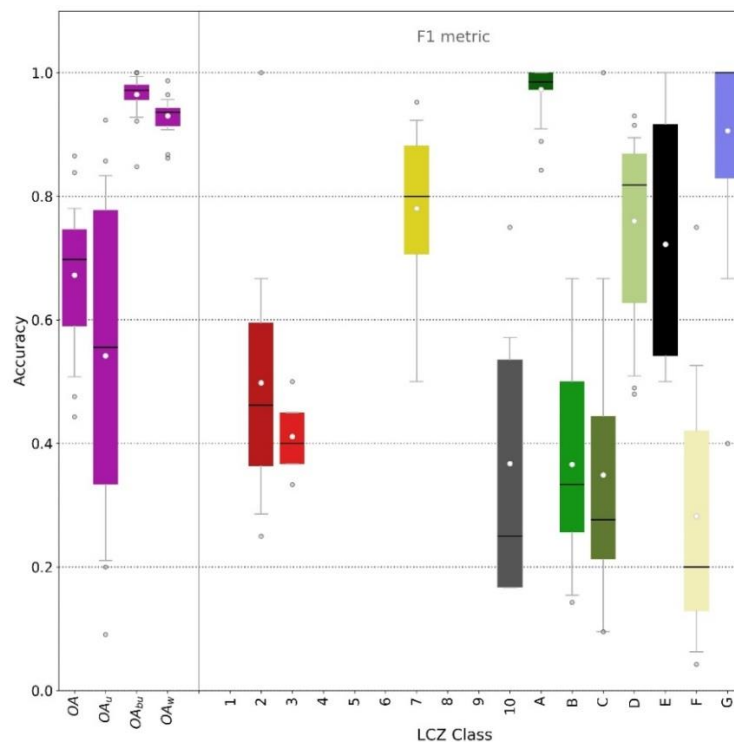
Figura 6 – Loteamento horizontal em Rio Branco.



3.1 Acurácia dos dados

A acurácia geral (OA) para esta pesquisa foi de 67%, sendo a precisão para as classes LCZ urbanas (OA_u) de 56%, para as classes LCZ construídas vs LCZ naturais (OA_{bu}) de 95% e precisão ponderada (OA_w) de 92%. Isso aponta para a dificuldade de mapeamento das classes urbanas na região em estudo. A Figura 7 contém as métricas de acurácia para as classes mapeadas.

Figura 7 – Acurácia geral do mapeamento e das classes LCZ.



Estudos realizados por Bechtel et al. (2019), concluíram que a precisão geral dos dados produzidos por diversos estudos sobre LCZ indicaram um nível intermediário de 50-60%. Em um mapeamento das LCZ's em Chenzhou, China, Chen et al. (2020) obtiveram uma precisão geral de 69,54%, influenciada sobretudo pelas variáveis de uso e ocupação da terra.

As classes LCZ A (Vegetação arbórea densa) e LCZ G (Água) obtiveram maior acurácia. Isso se deve a maior facilidade em distinguir estas classes em relação às demais. Por conseguinte, as classes LCZ 2, LCZ B e LCZ F obtiveram acurácia igual ou menor que 0.4. Além disso, destaca-se que o modelo permite o uso apenas de imagens provenientes do Google Earth, dificultando, nesse caso, a identificação de classes pouco representativas.

A matriz de confusão (Quadro 2) aponta que a acurácia geral foi de 70.2%. A classe LCZ A referente a vegetação arbórea densa obteve aproveitamento de 100%. As classes LCZ 10 e LCZ D também apresentam aproveitamento acima de 80%.

Quadro 2 – Matriz de confusão.

	Classes LCZ																	Total	UA (%)	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D	E	F	G				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	4	1	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	9.1
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	31	100
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	5	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	7	42.9
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	44	0	3	0	0	55	80
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
F	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	4	0	10	40
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100
Total de amostras	0	7	4	0	0	0	5	0	0	1	31	1	13	52	0	9	1	124		
PA (%)		28.6	25	-			-			100	100	0	23.1	84.6		44.4	100		70.2	

Os resultados para as classes LCZ 5, 6, 8, 9 e LCZ F, indicam que parte das amostras foram confundidas com outras algumas previsões. A classe LCZ D foi a que apresentou o maior número de amostras classificadas de forma errônea. Mesmo assim, o aproveitamento nesta classe foi acima de 80%.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa aplicamos a metodologia das Zonas Climáticas Locais na cidade de Rio Branco, onde verificamos a eficácia deste método na identificação das classes em uma cidade da Amazônia, bem como as LCZ's mais impactadas pelos eixos de expansão urbana. A seguir estão as principais conclusões deste estudo:

- A acurácia geral (OA) para esta pesquisa foi de 67%, indicando que a metodologia se mostrou satisfatória quando comparada com outros estudos sobre as LCZ's. No entanto, a precisão para as classes urbanas (OAu) foi de 56%, influenciado pela dificuldade do modelo em classificar classes urbanas na área de pesquisa;

- As classes LCZ 2, LCZ B e LCZ F obtiveram acurácia igual ou menor que 0.4. Destaca-se que o modelo permite o uso apenas de imagens provenientes do Google Earth, dificultando, nesse caso, a identificação de classes pouco representativas. Isso sugere que o modelo precisa ser adaptado para a obtenção de melhores resultados na região em estudo;

- A matriz de confusão aponta para uma acurácia geral do mapeamento em 70.2%, com as classes LCZ 10, LCZ A e LCZ D, obtendo aproveitamento igual ou maior que 80%; e,

- Os eixos de expansão urbana se localizam principalmente nas classes LCZ A, LCZ D e LCZ G, indicando que as classes com menor temperatura estão sendo substituídas por classes LCZ com maior temperatura.

5. REFERÊNCIAS

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p.121-130, 2005a. <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25234>

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, p. 64-82, 2005b. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13307>

AGUILAR, E., I; AUER, M; BRUNET, T; PETERSON, C.; WIERINGA, J. **Guidance on metadata and homogenization**. WMO Tech. Doc. 1186,. 2003. 53p. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1123679> Acesso em: 18 jul. 2024

BECHTEL, B; ALEXANDER, P.J; BECK, C; BOHNER, J; BROUSSE, O; CHING, J; DEMUZERE, M; FONTE, C; GAL, T; HIDALG, J; HOFFMANN, P; MIDDEL, A; MILLS, G; REN, CA; SSE, L; SISMANIDIS, P; VERDONCK, M.L; XU, G; XU, Y. Generating WUDAPT level 0 data – current status of production and evaluation. **Urban Clim.**, v. 27, p. 24-45, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.10.001>

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, p. 01-13, 2015. <https://doi.org/10.17271/2318847231720151005>

BORGES, Vanessa Oliveira et al. Zonas climáticas locais e as ilhas de calor urbanas: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, p. 98-127, 2022. <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15755>

CARDOSO, Renata; AMORIM, Margarete. Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 12, p. 75-99, 2017. <http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.004>

CARVALHO, Marcio Rodrigo Cêlho de. **Arquitetura no/do território federal do Acre. III Sama: seminário de arquitetura moderna na Amazônia**. III SAMA – Seminário de Arquitetura Moderna na Amazônia. Belém. 2018. Disponível em: <https://nucleoama.weebly.com/uploads/7/0/0/2/70024539/79617.pdf> Acesso em: 28 out. 2024

CHEN, Yaping; ZHENG, Bohong; HU, Yinze. Mapping local climate zones using ArcGIS-based method and exploring land surface temperature characteristics in Chenzhou, China. **Sustainability**, v. 12, p. 1-18, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12072974>

DEMUZERE, M.; KITTNER, J.; BECHTEL, B. LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. **Frontiers in Environmental Science**. v. 9, p. 1-18, 2021. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

DELGADO, R. C., RODRIGUES, R de Ávila.; FARIA, A. L. L. de; PÊSSOA, C de Souza; DAHER, M. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.25, p.69-80, 2012.

FERREIRA, Fabiana Lourenço et al. Fatores associados à distribuição da temperatura das superfícies em áreas urbanas: zonas climáticas locais e características espectrais. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 237-262, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100504>

GUERREIRO, Ricardo Jorge Grilo. **Planeamento urbano e clima: Adaptação ao efeito de ilha de calor urbano em Lisboa**. 114f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia da Energia e Ambiente. Universidade de Lisboa, 2020.

HUANG, Fan et al. Mapping local climate zones for cities: A large review. **Remote Sensing of Environment**, v. 292, p. 1-29, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113573>

JÚNIOR, Rosiberto Salustiano Silva; MARTILLI, Alberto; SILVA, Ewerton Hallan de Lima. Efeito da Urbanização sobre a Dispersão de Poluentes e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 34-56, 2020. <https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.69398>

LIMA, Valdeci Cândido de. A sustentabilidade da habitação do seringueiro amazônico. **Revista Pós**, v. 17, p.182-197, 2010. <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i28p182-197>

LUZ, V. de S; MACIEL, C. de R.; SANTOS, F. M. de M.; NOGUEIRA, M. C. de J. A.; NOGUEIRA, J. de S. Influência da cobertura do solo urbano nas variáveis microclimáticas na cidade de Cuiabá-MT-Brasil. In: Encontro Nacional e Latino-Americano de conforto no Ambiente Construído, v. 13, 2015. **Anais...Encontro Nacional e Latino-Americano de conforto no Ambiente Construído**. Campinas: ANTAC, 2015.

MENDONÇA, Janete Farias; MORAIS, Maria de Jesus; BONFANTI, Dhuliani Cristina; CAVALCANTE, Maria Madalena de Aguiar. Rio Branco-Acre: de cidade ribeirinha à cidade de grandes empreendimentos imobiliários. **Ciência Geográfica – Bauru**, vol. 3, p. 1321-1342, 2020.

MIRANDA, Mariana. Surtos de Crescimento de Rio Branco–Acre. **Espaço Aberto**, v. 3, p.101-128, 2013.

MONTEIRO, Verônica Stefanichen. **Zonas climáticas locais e a relação com a morfologia urbana: estudo de caso: Campinas/SP**. Dissertação (Mestrado). 167f. Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciências Exatas. PUC-Campinas, 2018.

NASCIMENTO, F. I. C do; CARVALHO, A. B.; GOBO, J. P. A. Diferenças espaciais na temperatura de superfície e conforto térmico no perímetro urbano de Rio Branco-Acre. v.1, 2023, Guarapuava. **Anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Guarapuava: UNICENTRO, p.1-15, 2023.

NESPOLO, Raphael Silva et al. Revisão do plano diretor de Presidente Venceslau: estudo de áreas permeáveis como subsídio para formulação de políticas públicas ambientais. **Colloquium Exactarum**, v.15, p. 1-16, 2023.

OKE, T. R.; CHANDLER, T. J. 1965: The climate of London. London: Hutchinson. **Progress in Physical Geography**, p. 437–442, 2009. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0309133309339794>

QUAN, S. J.; BANSAL, P. A systematic review of GIS-based local climate zone mapping studies. **Building and Environment**, v. 196, p. 1-16, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107791>

ROMERO, Marta Adriana Bustos et al. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. 1 ed. Brasília: Editora ETB, 2019. 151p.

SANTOS, Afonso de Paula dos et al. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, p. 630-650, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000400036>

SILVA, Enid Rocha Andrade da Coordenadora. **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. IPEA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8855> Acesso em: jul. 2024

STEWART, Ian D.; OKE, Tim R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v.93, p.1879–1900, 2012. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.

Voogt, J. A. Urban Heat Island: Hotter Cities. **Action Bioscience**, North Port, 2004. <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>

WANG, R.; REN, C.; XU, Y.; LAU, K. K.; SHI, Y. Mapping the local climate zones of urban areas by GIS-based and WUDAPT methods: A case study of Hong Kong. **Urban Climate**, v. 24, p. 567–576, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.10.001>

ZAMBONATO, Bruna et al. Caracterização de zonas climáticas locais na cidade de Santa Maria–Rio Grande do Sul. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 38, p.85-107, 2021. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.245685>



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.