ISSN: 1519-7816
https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DOS LOCAIS COM COLETA SELETIVA NA CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG

Caroline Ferreira de Morais[1]

Maria Beatriz Junqueira Bernardes[2]

MORAIS, Caroline Ferreira de; BERNARDES, Maria Beatriz Junqueira. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DOS LOCAIS COM COLETA SELETIVA NA CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 27, n. 2, p. 72–96, 2025. DOI: https://doi.org/10.70261/er.v27i2.74910 Disponível em: https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/74910

Esta obra está licenciada com uma Licença CC BY 4.0 . Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Recebido: 14/01/2025 | **Aceito:** 17/11/2025 | **Publicado**: 16/01/2026

Resumo: Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em articulação com técnicas de geoprocessamento, configuram-se como ferramentas indispensáveis ao planejamento urbano e à gestão de resíduos sólidos nos municípios, uma vez que permitem a análise espacial integrada de dados socioeconômicos e ambientais. A viabilidade da análise da distribuição dos pontos e áreas com coleta seletiva na cidade de Uberlândia, foi possível por meio da utilização do software livre QGIS na sua versão 3.28, juntamente a dados gratuitos disponibilizados em plataformas de acesso público. Com isso, este artigo tem como objetivo compreender como estão distribuídos os locais de coleta seletiva na zona urbana de Uberlândia. Assim, elaborou-se a carta-imagem do município; o mapa de localização das regiões atendidas pela coleta seletiva, incluindo os ecopontos, as escolas e as associações e cooperativas; e o mapa das escolas com e sem coleta seletiva. Por fim, utilizou-se da estimativa de densidade de kernel para a elaboração de um mapa de concentração de ecopontos e outro de concentração de escolas que aderem à coleta seletiva. As soluções geradas possibilitaram a análise da distribuição dos pontos e áreas com serviço de coleta seletiva. Portanto, os resultados apontaram a necessidade de construção de novos ecopontos em bairros como Morada Nova e Pequis. Por fim, no caso do bairro Morumbi, é possível identifica-lo como potencial área de expansão do serviço de coleta seletiva.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Gestão de resíduos. Planejamento urbano. Espacialização da coleta seletiva. Gestão integrada de resíduos sólidos.

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF PLACES WITH SELECTIVE COLLECTION IN THE CITY OF UBERLÂNDIA – MG

Abstract: Geographic Information Systems (GIS), in conjunction with geoprocessing techniques, are essential tools for urban planning and solid waste management in municipalities, as they enable the integrated spatial analysis of socioeconomic and environmental data. The feasibility of analyzing the distribution of selective waste collection points and areas in the city of Uberlândia was made possible through the use of the free software QGIS, version 3.28, along with freely available data from public

[1]Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, (MG), Brasil e-mail: caroline.ferreira.morais@gmail.com
[2]Professora Doutora da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, (MG), Brasil e-mail: mbeatriz@ufu.br

access platforms. Thus, this article aims to understand how selective collection sites are distributed within the urban area of Uberlândia. For this purpose, a satellite image-map of the municipality was created, along with a location map of the regions served by selective collection, including ecopoints, schools, and associations or cooperatives, and a map distinguishing schools with and without selective collection. Finally, the kernel density estimation method was used to develop a map showing the concentration of ecopoints and another showing the concentration of schools participating in selective collection. The resulting outputs enabled the analysis of the spatial distribution of selective collection services. Therefore, the findings highlight the need to establish new ecopoints in neighborhoods such as Morada Nova and Pequis. Additionally, the Morumbi neighborhood is identified as a potential area for expansion of selective waste collection services.

Keywords: Urban solid waste. Waste management. Urban planning. Spatialization of selective collection. Integrated solid waste management.

Introdução

Os resíduos sólidos são produtos do consumo de cada pessoa ou empresa e instituição, e interferem na organização do espaço, pois exigem locais para seu descarte, estrutura de coleta, mão de obra, além de integrarem o mercado, retornando ao processo produtivo como matéria-prima.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, são considerados resíduos sólidos:

> qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se proceda, se proponha proceder ou se esteja obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010, art. 3º, inc. XVI).

De acordo com a mesma Lei, a coleta seletiva se refere ao recolhimento de materiais recicláveis previamente separados pela população, como papel, plástico, vidro e metal, com a finalidade de reaproveitamento e redução do volume encaminhado aos aterros sanitários ou outros tipos de disposição existentes (Brasil, 2010).

No Brasil, a coleta seletiva ainda é um desafio para muitos municípios, que precisam investir em infraestrutura, educação ambiental e inclusão dos catadores. Um exemplo de cidade que vem buscando ampliar a coleta seletiva é Uberlândia, em Minas Gerais. O município, após a estruturação para oferecer o serviço de coleta seletiva, iniciou a inclusão de sua área urbana dentro do programa. Além disso, estendeu sua rota de coleta para dois pontos rurais, onde se localizam as comunidades Olhos D' Água e Tenda do Moreno. Atualmente, o programa atende 85,7% da população.

No último Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a população uberlandense atingiu 713.232 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022). Assim, é possível observar um crescimento aproximado de 18% comparado ao último levantamento oficial, realizado aproximadamente há 13 anos, quando o município estava na ordem de 604.013 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Logo, com o aumento populacional, as adaptações acerca do Programa de Coleta Seletiva Municipal vêm sendo realizadas desde sua implantação.

Nesse contexto, havia em Uberlândia apenas duas organizações para triagem de materiais recicláveis até o final do ano de 2010. Após a implantação da coleta seletiva no início do ano de 2011 até meados de 2012, mais cinco organizações se formaram. Entretanto, o número mudou, atualmente há um total de cinco associações e uma cooperativa: a Associação de Catadores e Recicladores Autônomos (ARCA); Associação dos Catadores e Recicladores de Uberlândia (ACRU); Associação dos Recicladores Boa Esperança (ARBE); Associação de Catadores de Material Reciclável do Bairro Taiamam (ASSOTAIAMAM); Associação Brasileira de Reciclagem e Coleta Seletiva (ABRCS); e a Cooperativa de Recicladores de Uberlândia (CORU).

Para fomentar o programa municipal, foram construídos dois galpões de triagem, sendo um no bairro Santa Luzia e outro no bairro Jardim Brasília. As associações que foram alocadas nessas duas estruturas foram ARCA e CORU respectivamente. As demais associações estão com sedes em espaços cedidos pela prefeitura, porém com estruturas básicas insuficientes ou ausentes como banheiros, repartições, cobertura de áreas, ambiente para alimentação e espaços organizados para triagem. Outras estruturas, chamadas de “ecopontos”, também foram edificadas com o intuito de servirem como locais de auxílio na correta destinação dos resíduos sólidos.

A cidade possui 14 ecopontos, que são pontos de entrega voluntária onde o cidadão pode levar resíduos recicláveis, de construção, de limpeza de terreno e outros. O local é equipado com contêineres que recebem resíduos principalmente de construção e limpeza de terreno, que na grande maioria são levados por carroceiros. Os ecopontos estão localizados, respectivamente por data de implantação nos bairros Luizote de Freitas, São Jorge, Santa Rosa, Guarani, Roosevelt, Daniel Fonseca, Morumbi, São Lucas, Cruzeiro do Sul, Tocantins, Segismundo Pereira, Mansour, Jardim Canaã, Shopping Park e Monte Hebron.

Dentro disso, a coleta seletiva iniciou-se na cidade, no mês de janeiro de 2011. Assim, os primeiros bairros a serem atendidos foram o Santa Mônica, seguido do Segismundo Pereira, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais com o aumento da vida útil do aterro sanitário,

além do cumprimento das diretrizes da Política Estadual (Lei 12.300 de 16 de março de 2006) e Nacional (Lei 12.305 de 02 de agosto de 2012) de resíduos sólidos (Uberlândia, 2022).

Posteriormente, estendendo-se para outros bairros, de acordo com o planejamento realizado pela secretaria de serviços urbanos. Junto ao programa, vieram ações de educação ambiental para as escolas, abordagens educativas porta a porta e a instalação dos ecopontos.

Segundo o Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE, atualmente, o serviço de coleta seletiva atende 61 bairros, em dias específicos, uma vez por semana, exceto no setor central, cujo atendimento é diário. Alguns bairros novos ou periféricos ainda não são atendidos, dando prioridade aos bairros mais antigos e adensados. Além disso, algumas escolas também são atendidas pelo serviço, dentre elas escolas municipais, estaduais e federais (Uberlândia, 2023).

Uberlândia está à frente de muitos outros municípios mineiros no que se refere à estrutura de disposição de resíduos sólidos urbanos. Seu primeiro aterro sanitário entrou em operação em julho de 1995, o qual encerrou suas atividades em 2010. O município inaugurou, em outubro de 2010, seu segundo aterro sanitário. O novo aterro sanitário de Uberlândia aumentou a sua capacidade de dois milhões de metros cúbicos de resíduos sólidos para 4,2 milhões. Esse tipo de disposição de lixo, mesmo sendo considerado um dos melhores do Estado de Minas Gerais, não é a solução para a destinação dos resíduos. Visto que, deveria ser a última opção, depois de esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento de resíduos (Morais, 2013).

Segundo Layrargues (2016, p.2), ao longo dos anos, a cota de lixo gerado por pessoa mostrou-se "tendencialmente crescente", e é "uma anomalia que destoa do padrão esperado da correlação positiva onde o crescimento populacional implicava no crescimento proporcional do lixo". Dessa forma, significa que há dois fenômenos distintos: "o aumento bruto da geração de lixo dependente do aumento populacional, e o aumento per capita da geração de lixo, dependente de outros fatores ainda pouco compreendidos".

Nesse sentido, entender a distribuição espacial dos locais de coleta seletiva, pode contribuir para aprimorar o serviço e ampliar os benefícios ambientais, econômicos e sociais, pois permite verificar regiões que não estão sendo atendidas ou que podem ter uma demanda maior de atendimento.

Segundo Morais *et al*. (2019), o uso de mapas digitais elaborados, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), facilita o processo de escolha das melhores opções econômicas e logísticas das rotas de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos. Desse modo, um gerenciamento inadequado pode resultar, entre outros fatores, na saturação dos aterros sanitários existentes nos municípios, gerando maiores distâncias para se destinar estes

resíduos e também no aumento do número de viagens que os veículos coletores precisam realizar.

As tecnologias SIG têm sido amplamente adotadas como uma abordagem promissora para automatizar o processo de planejamento na gestão de resíduos, pois pode conter dados de atributos espaciais que permitem digitalizar o objeto e seus atributos de forma eficaz com precisão geográfica (Cheniti; Cheniti; Brahamia, 2021).

Portanto, ressalta-se que a análise das relações entre os espaços e seus equipamentos urbanos, envolvendo a sua distribuição, localização e função, é essencial para a otimização dos sistemas públicos e a sua gestão. A partir disso, é possível compreender a organização do espaço urbano e planejar ações de médio, curto e longo prazo, que visem a melhoria da qualidade e da eficiência dos serviços prestados à população.

Em decorrência disso, o crescimento da população e a consequente elevação da quantidade de resíduos sólidos gerados por dia, além de onerarem o sistema de gestão municipal, ainda, causam impactos socioambientais como perda de áreas habitáveis e possíveis contaminações oriundas de efluentes líquidos e gasosos. Desse modo, um melhor arranjo e uma maior abrangência dos locais com coleta seletiva são fundamentais para o atendimento da população e prolongamento do tempo de vida útil do aterro sanitário. Assim, quais regiões demandam a implantação de novos ecopontos ou possuem potencial ao incremento da coleta seletiva?

Parte-se da hipótese, que os bairros mais distantes das áreas adensadas ou recentemente construídos, os quais ainda não são atendidos pela coleta seletiva, devem receber a estruturação de ecopontos. Já as regiões com maior densidade demográfica, que ainda não são contempladas pelo serviço, são consideradas potencialmente indicadas ao incremento do programa.

Com isso, este artigo tem como objetivo compreender a distribuição dos locais de coleta seletiva na zona urbana de Uberlândia (MG), por meio da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de geoprocessamento. Assim, a proposta colabora para a identificação de padrões espaciais, lacunas na cobertura dos serviços e potenciais áreas para a ampliação da coleta seletiva no município

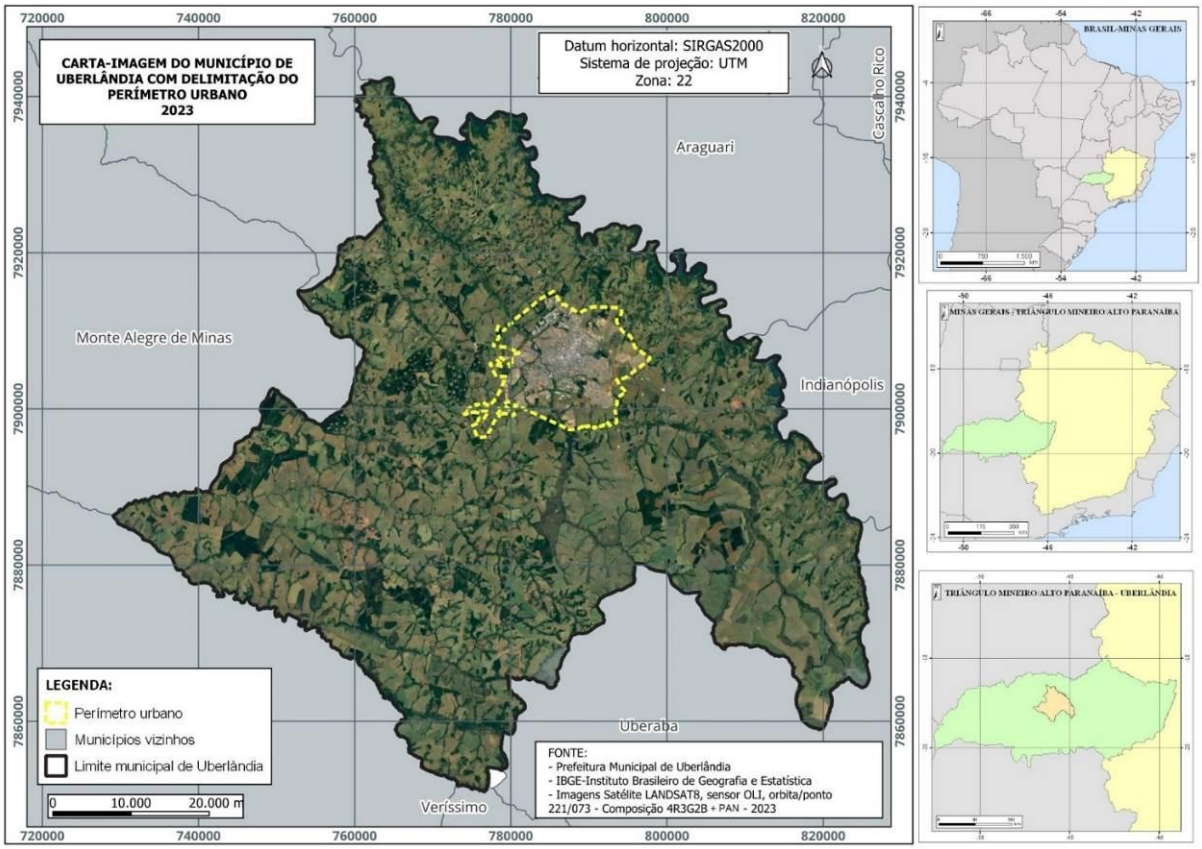
Caracterização da área de estudo

O município de Uberlândia **(Figura 1)** localiza-se na microrregião do Triângulo Mineiro, pertencente à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no Estado de Minas

Gerais, região Sudeste do Brasil. O município possui extensão territorial de 4.116 km², com área urbana de 217 km² e densidade demográfica de 173,32 hab./km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

Além disso, ocupa uma posição estratégica no centro do Brasil, tem acesso a cinco rodovias federais que conectam as regiões Sudeste, Centro-oeste e Norte. Essa situação faz da cidade um elo entre vários polos comerciais e consumidores do país, como São Paulo, Belo Horizonte, Goiânia e Brasília. Também, possui uma ferrovia que atravessa o Triângulo Mineiro e liga os estados de São Paulo e Goiás no sentido norte-sul. O transporte rodoviário e ferroviário integra o município aos principais mercados nacionais (Uberlândia, 2022).

Figura 1 – Município de Uberlândia (MG): Carga-imagem, 2023



Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021); Uberlândia (2023); U.S. Geological Survey (2023). Org.: os autores (2023).

Uberlândia situa-se na região dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo cortado pelas bacias hidrográficas dos Rios Araguari e Tijuco. O Rio Araguari ocupa a parte leste do município, tendo como principal tributário o Rio Uberabinha que atravessa a cidade. O Rio Uberabinha e seus afluentes são a principal fonte de água para abastecimento da população.

Os principais afluentes desse rio ficam na zona rural, que são os Ribeirões Beija-Flor, Rio das Pedras e o Ribeirão Bom Jardim, sendo este último um importante reservatório de água para o município (Uberlândia, 2022).

O município está sob o efeito de movimentação dos sistemas atmosféricos tropicais com forte contraste de estações úmidas e secas, que determinam as condições climáticas mais suaves e maior umidade relativa do ar. As chuvas de verão começam entre os meses de outubro e novembro (estação úmida), ficando mais escassas a partir de março a abril (estação seca) (Uberlândia, 2022). "O déficit hídrico anual oscila entre 180 e 240 mm, onde o maior déficit também é registrado no extremo oeste do município (acima de 240 mm) e o menor no centro-norte (incluindo a zona urbana) com menos de 190 mm" (Novais, 2021, p. 234).

A vegetação predominante do município é o cerrado e suas variações como veredas, campos limpos, campos sujos ou cerradinhos, cerradões, matas de várzea, matas de galeria ou ciliares e matas mesofíticas (Uberlândia, 2022). Essas formações vegetais desempenham papel fundamental na conservação da biodiversidade local e na regulação dos recursos hídricos da região.

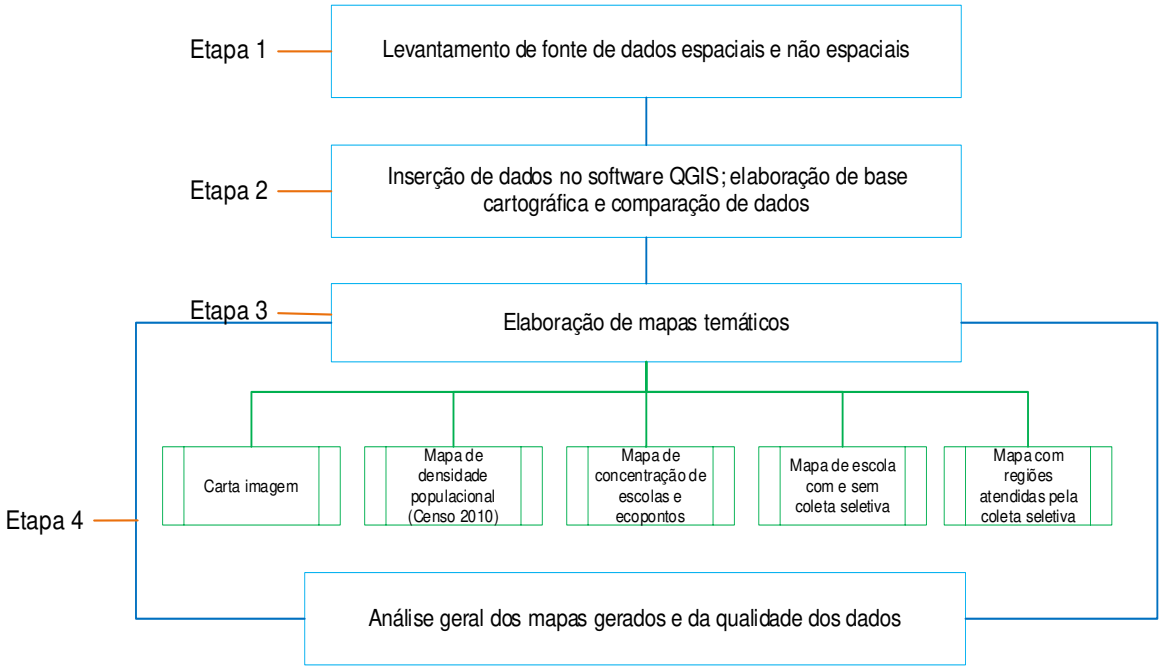
As atividades econômicas que são desenvolvidas na localidade se distribuem em três grandes setores, que são os de serviços, indústria e agropecuária. O setor de serviços é o que apresenta a maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) do município, representando mais da metade do valor total, numa ordem de 50,7%, seguido do setor industrial, que também tem uma expressiva contribuição, correspondendo a 24% do PIB municipal. Em último lugar, está o setor agropecuário, que tem uma menor representatividade na economia local, com apenas 2,7% do PIB municipal. O restante do valor do PIB municipal é composto por impostos sobre produtos, que somam 23% do PIB municipal. O PIB *per capita*, que é a divisão do PIB municipal pela população residente, é de R$53.828,78 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020).

Dessa forma, Uberlândia se caracteriza por ser um município que apresenta uma diversidade de aspectos físicos, como o clima, a vegetação e a hidrografia, e também de aspectos econômicos, como os setores de serviços, indústria e agropecuária. Esses aspectos influenciam na organização do espaço urbano e na qualidade de vida da população, que precisa estar atenta aos desafios e oportunidades que ele oferece.

Metodologia

A metodologia consistiu na utilização de *software* livre QGIS (na sua versão 3.28 e os dados foram obtidos de forma gratuita disponibilizados em plataformas. Para a elaboração dos mapas expostos neste artigo, seguiram quatro etapas principais conforme ilustra o fluxograma abaixo **(Figura 2)**:

Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: Os autores (2023).

Na primeira etapa, pesquisou-se dados espaciais (vetorial e raster) e alfanuméricos que pudessem ser utilizados na criação de um projeto no software QGIS. Como a área de estudo ficou definida como o perímetro urbano de Uberlândia, obtiveram-se os limites do perímetro de bairros, de áreas onde ocorrem a coleta seletiva, do município, entre outros, conforme exposto no quadro **(Quadro 1)**. Assim, ressalta-se que todos os dados foram obtidos de forma gratuita nos sites indicados.

Quadro 1 - Síntese de obtenção de dados

Dados espaciais e alfanuméricos	Obtenção on-line gratuita	Características	Utilização na pesquisa
Dados vetoriais	www.uberlandia.mg.gov.br (planejamento urbano > mapas e bairros) www.uberlandia.mg.gov.br (prefeitura > órgãos públicos > DMAE > coleta seletiva > mapa da coleta seletiva	- Polígonos de limites: municipal, perímetro urbano, bairros, regiões de coleta seletiva; - Pontos com localização de escolas, galpões e ecopontos.	- Carta imagem; - Mapa de regiões com coleta; - Mapas de escolas com e sem coleta; - Mapas de concentração de ecopontos e escolas com coleta seletiva.
	www.ibge.gov.br (geociências > organização do território > malhas territoriais > malha de setores censitários > divisões intramunicipais)	- Polígonos de setores censitários; - Polígonos de limites dos municípios de Minas Gerais.	Mapa de densidade populacional (habitantes por hectare).
Dados alfanuméricos	www.ibge.gov.br (censo > censo demográfico 2010 > resultados > características da população e dos domicílios: resultados do universo > agregados por setores censitários)	- Tabela com os códigos municipais e número de moradores por município.	
Dados raster	https://earthexplorer.usgs.gov/	Imagens do satélite LANDSAT 8, sensor Oli, Órbita/ponto 221/073, data de aquisição em 22 de maio de 2023.	- Carta imagem; - Mapa de localização.

Fonte: Os autores (2023).

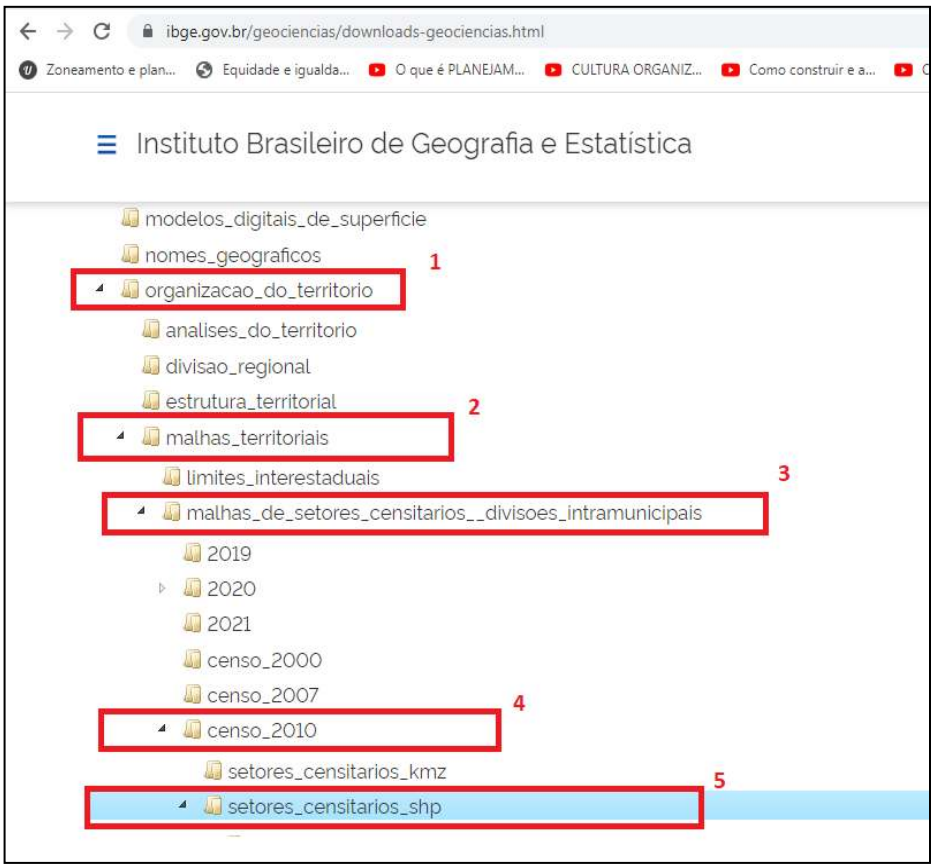
Na etapa 2, após a seleção dos dados, definiu-se os mapas que seriam elaborados e iniciou-se a inserção dos dados obtidos no *software* QGIS (versão 3.28). Este é um programa livre, que possibilita a manipulação de dados espaciais e não espaciais com facilidade de sobreposição de camadas, quando georreferenciadas. Assim, permitindo a análise e cruzamento de dados, edição e geração de novos dados.

Posteriormente, na etapa 3 iniciou-se pela elaboração da carta-imagem, utilizando o sistema de *layouts*, no qual foi possível adicionar legenda, indicação do norte, escala e outras informações

complementares. Para tal, a imagem de satélite utilizada, foi obtida por meio da composição colorida das imagens de satélite Landsat 8, sensor Oli, composição 4R3G2B com fusão da banda PAN.

Para compreender melhor como a população se distribui no espaço urbano, elaborou-se um mapa de densidade demográfica, o que considerou o número de habitantes por hectare. As informações do Censo, obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, foram utilizadas como fonte de dados. No entanto, o Censo está em processo de atualização e os dados mais recentes disponíveis são de 2010, portanto eles foram empregados conforme a sequência da (**figura 3**).

Figura 3 – Sequência de obtenção de dados para o mapa de densidade demográfica

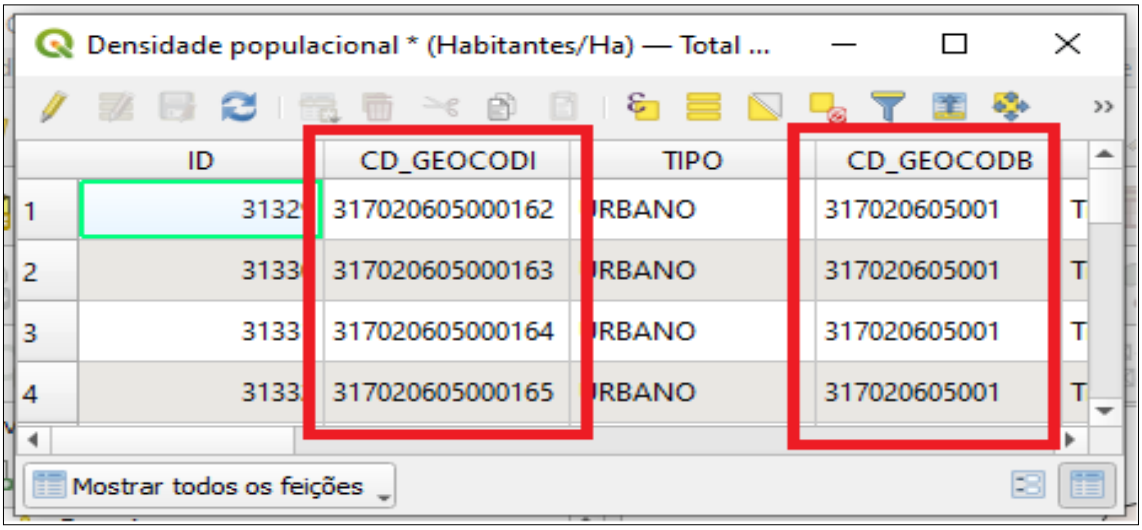


Fonte: QGIS (2023). Adaptação: os autores (2023).

Dessa forma, todos os dados que foram baixados do IBGE, possuem uma tabela de atributos, nela existem vários códigos que podem ser usados para fazer conexões com outros dados de outras tabelas do IBGE (**Figura 4**). Todavia, foi necessário separar somente os elementos

referentes a área urbana de Uberlândia, pois no site do Instituto eles se encontram distribuídos por estado.

Figura 4 – Tabela de atributos



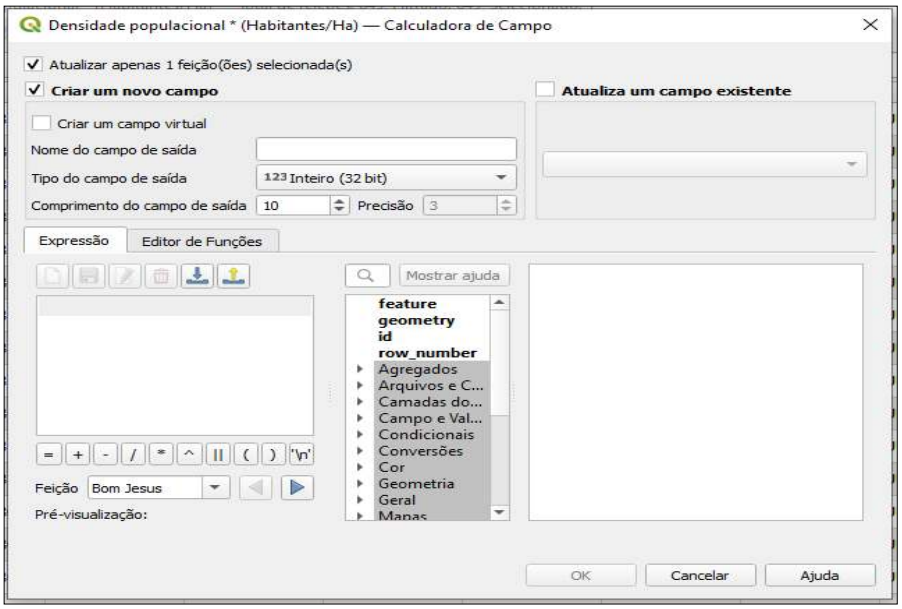
Fonte: QGIS (2023). Adaptação: os autores (2023).

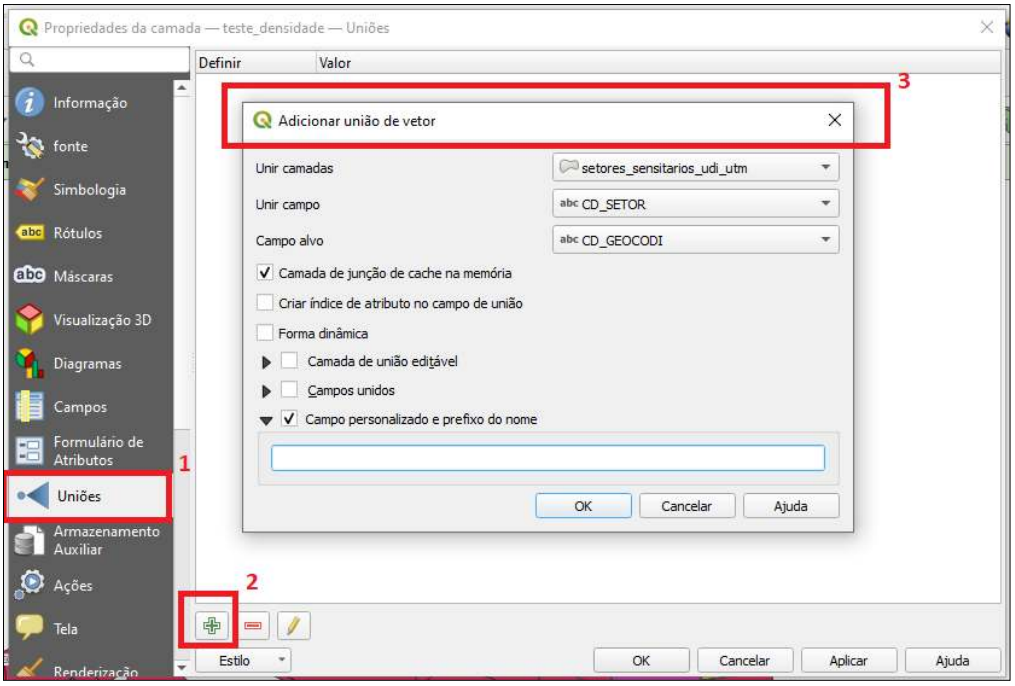
.

.

Para fazer a conexão dos setores censitários com os dados sobre a quantidade de moradores por residência, utilizou-se uma ferramenta de "Uniões", executando os seguintes passos: clicou-se com o botão direito do cursor na camada de setores censitários, abrindo a janela "propriedades", conforme figura 5 e fez-se o preenchimento dos dados.

Figura 5 – Ferramenta de Uniões





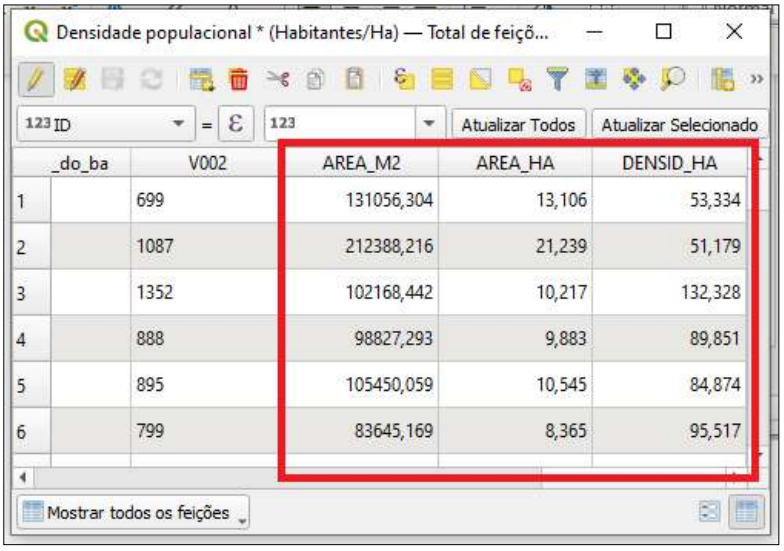
Na sequência, calculou-se a área de cada setor censitário por metros quadrados, depois de hectares, utilizando a ferramenta "Calculadora de Campo" da tabela de atributos. Assim, é possível observar o comando na **(figura 6).**

Figura 6 – Ferramenta Calculadora de Campo

Fonte: QGIS, (2023). Adaptação: Os autores (2023).

Em seguida, na mesma janela da "Calculadora de Campo", calculou-se o valor da densidade por hectare, finalmente obteve-se três dados: área em metros quadrados, área em hectare e densidade populacional (quantidade de habitantes por hectare). Esses dados são observáveis na **(figura 7).**

Figura 7 – Dados obtidos na Calculadora de Campo

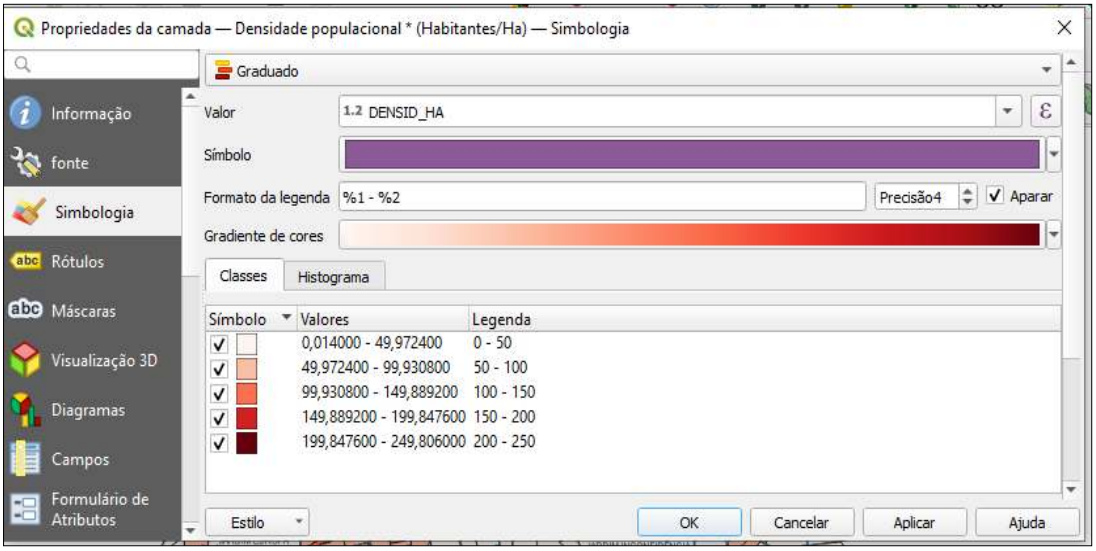


	_do_ba	V002	AREA_M2	AREA_HA	DENSID_HA
1		699	131056,304	13,106	53,334
2		1087	212388,216	21,239	51,179
3		1352	102168,442	10,217	132,328
4		888	98827,293	9,883	89,851
5		895	105450,059	10,545	84,874
6		799	83645,169	8,365	95,517

Fonte: QGIS (2023). Adaptação: Os autores (2023).

Na etapa final, procedeu-se à elaboração do mapa temático. Para isso, acessou-se a janela "Propriedades" e, ao ajustar a opção "Simbologia" para o modo "Graduado", definiram-se as cores de representação. O campo adotado para a finalização do mapa corresponde à densidade por hectare **(Figura 8).**

Figura 8 – Alteração da Simbologia em Propriedades da Camada

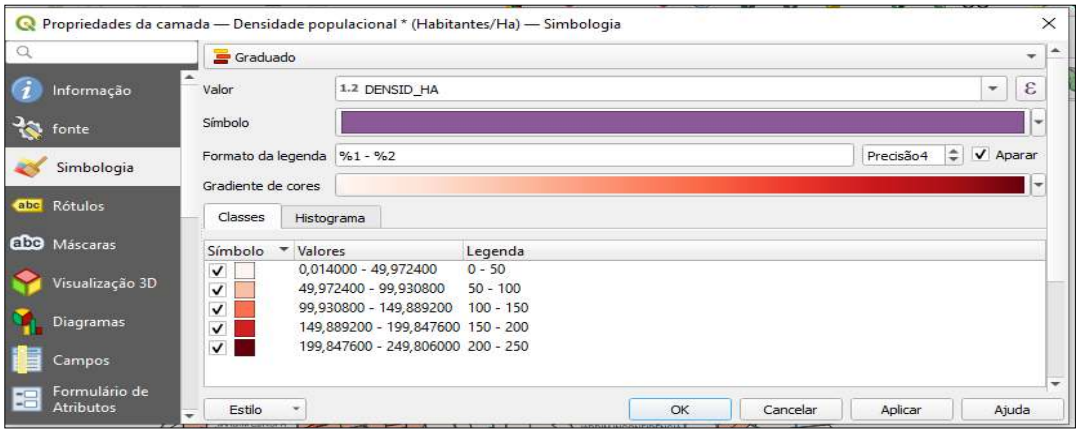


Fonte: QGIS (2023). Adaptação: Os autores (2023).

Por outro lado, com o objetivo de espacializar a concentração de ecopontos no território urbano e a concentração das escolas com coleta seletiva, resolveu-se elaborar "Mapas de Calor". Com isso, utilizou-se da ferramenta de "Estimativa de Densidade de Kernel", no qual atribuiu-se

um raio de influência para ponto espacializado. Assim, o raio de influência foi definido a partir de testes, que fizessem com que toda a área urbana do município de Uberlândia fosse coberta. Portanto, determinou-se um raio de 4.500 metros e o tamanho do pixel de 10 metros, tanto para as escolas, quanto para os ecopontos **(Figura 9).**

Figura 9 – Definição de parâmetros para o Mapa de Calor



Fonte: QGIS (2023). Adaptação: Os autores (2023).

A superfície de Kernel gerada, é uma imagem raster em tons de cinza, que apresenta "manchas", nas quais é possível identificar a concentração dos pontos distribuídos dentro do perímetro urbano. Por último, na janela de "Simbologia", foi escolhida uma paleta de cores mais adequada para a visualização da solução gerada.

Para uma base comparativa e posterior discussão sobre a importância da coleta seletiva, confeccionou-se um *layout de* mapa com as escolas que possuem coleta seletiva e com as escolas que não possuem, no qual estão incluídas as escolas municipais, estaduais e federais – dados obtidos por meio da plataforma virtual da Prefeitura de Uberlândia (Uberlândia, 2023). Por fim, elaborou-se o mapa com as regiões atendidas pela coleta seletiva, com seus ecopontos, cooperativas e associações e, ainda, as escolas participantes, dentro da área urbana. Isso, a partir de dados obtidos por meio do site da Prefeitura Municipal de Uberlândia (arquivos disponíveis em KML - *Keyhole Markup Language* e KMZ - *Keyhole Markup Language Zipped*).

Dentro disso, ressalta-se que houve dificuldade em trabalhar com o cruzamento de dados obtidos, pois a Prefeitura define os setores de coleta por dia da semana, que muitas vezes atendem partes de um mesmo bairro em dias diferentes, além disso muitos arquivos possuem tabelas de atributos incompletos ou desatualizados. E os dados do IBGE também estão ultrapassados, assim foi possível usar apenas os do ano 2010. Uma solução seria a Prefeitura utilizar-se dos setores

censitários do IBGE para a demarcação das áreas de coleta e fazer a atualização das informações geográficas.

Resultados e discussão

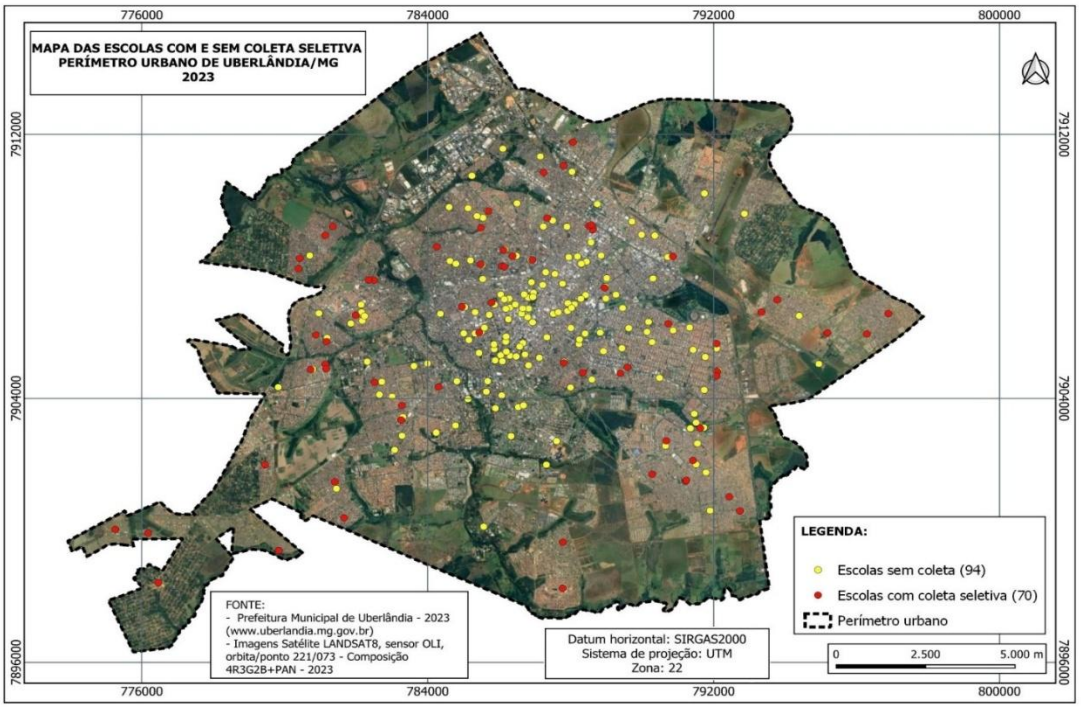
Segundo Gonçalves *et al*. (2020), o uso da análise espacial por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no gerenciamento de resíduos é um tema que tem despertado cada vez mais interesse, devido à sua versatilidade e crescente adoção nos últimos anos. Assim, é possível explorar essa abordagem, empregando o mapeamento para delimitar as áreas de cobertura da coleta seletiva.

As ferramentas ligadas ao uso de SIG trazem benefícios consideráveis, quando consideradas as vantagens econômicas ao município e consequentemente a sociedade é também beneficiada. Logo, podem ser usados para a implementação de pontos distribuídos de forma equidistante, relacionando-os com a quantidade de resíduos sólidos produzidos por bairro (Pena; Dias; Seabra, 2022).

Nesse contexto, o primeiro mapa gerado identifica a localização das escolas de Uberlândia **(Figura 10)**, dentro do perímetro urbano, com e sem coleta seletiva. Assim, foram identificadas 70 escolas com coleta seletiva, dentre elas 14 estaduais e três particulares, as demais são de jurisdição pública municipal. Além disso, das 164 instituições escolares apontadas, 94 ainda não possuem coleta seletiva, estas também de âmbito municipal, pois as escolas de outras esferas (estadual, particular, federal) sem coleta seletiva, não foram identificadas no mapa. Isso porque, a base de dados obtida sobre as instituições são apenas aquelas de competência municipal, a partir disso foi feito uma sobreposição de dados com as unidades que possuem a coleta seletiva (dados obtidos por meio do DMAE).

Para aderir a coleta seletiva, a instituição de ensino pode solicitar ao DMAE a orientação dos procedimentos que devem ser seguidos. Ao solicitar o serviço para a autarquia, são enviados educadores ambientais para instruírem os funcionários da escola, além de oferecerem palestras e material informativo impresso.

Figura 10 – Cidade de Uberlândia: Mapa das escolas com e sem coleta seletiva**,** 2023.



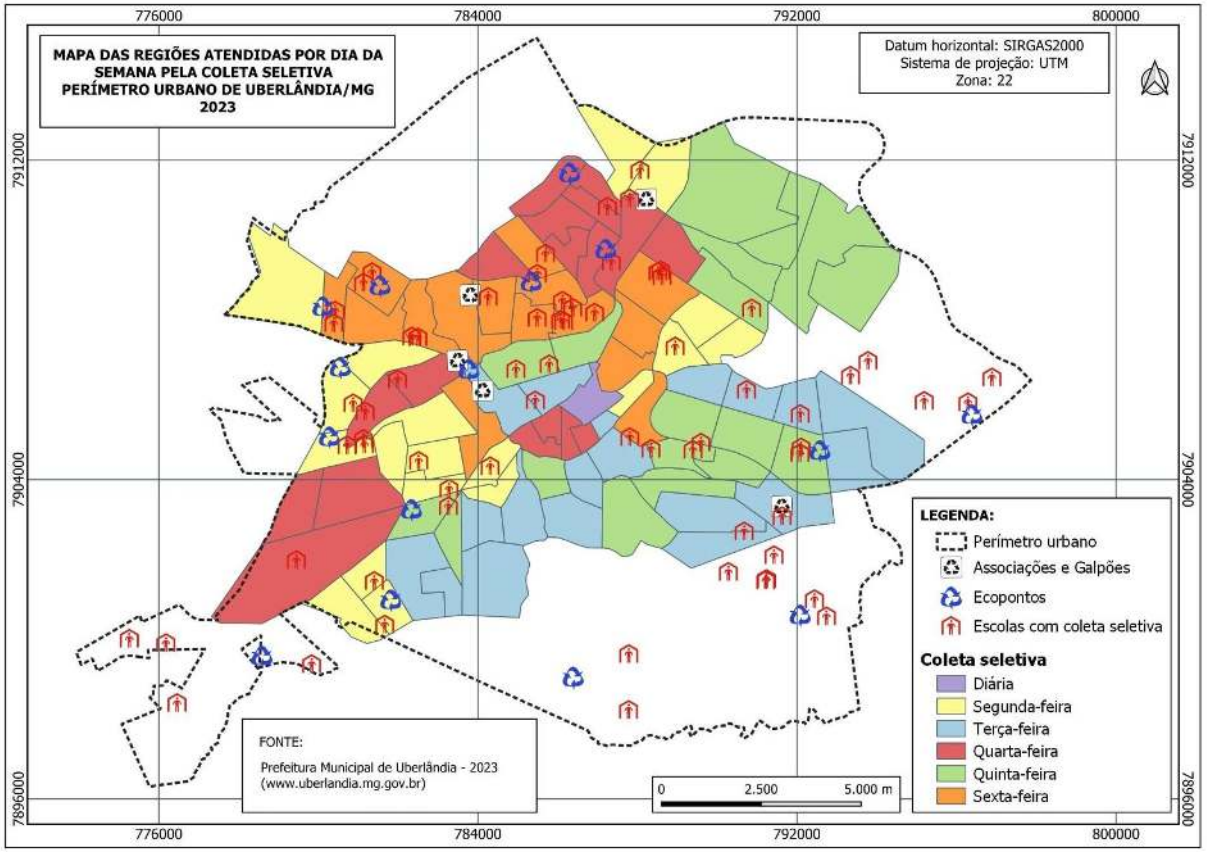
Fonte: Uberlândia (2023); U.S. Geological Survey (2023). Organização: os autores (2023).

Com essa solução, observa-se um número considerável de escolas que ainda não possuem o serviço, o que indica a necessidade de proposição e orientação para os dirigentes dessas instituições, acerca da importância dessas unidades dentro do circuito da coleta seletiva. Visto que, as organizações escolares possuem fundamental influência na comunidade, atuando como propulsores na adesão da população ao serviço de coleta seletiva.

A solução apresentada na **figura 11** exibe, dentro do perímetro urbano, todas as associações e cooperativas de catadores, incluindo aquelas denominadas "galpões" — estruturas que contam com equipamentos para a triagem de materiais recicláveis, como esteiras, prensas, áreas de armazenamento, banheiros, cozinhas para refeições, entre outros. O mapa também destaca a localização dos ecopontos e das escolas que realizam coleta seletiva. Além disso, a imagem traz informações sobre os dias em que a coleta ocorre em cada bairro, seja de forma diária ou em dias específicos da semana.

CC BY

Figura 11 – Cidade de Uberlândia**:** Mapa das regiões atendidas pela coleta seletiva, por dia da



semana, 2023.
Fontes: Uberlândia (2023). Organização: os autores (2023).

Por meio do mapa, é possível observar que o roteiro de coleta pode variar dentro de um mesmo bairro. Isso significa, que diferentes partes do bairro podem ser atendidas em dias diferentes da semana. Assim, o dia de coleta não necessariamente corresponde aos limites geográficos do bairro, mas sim a rotas específicas definidas para cada caminhão de coleta.

Uberlândia possui cinco setores distintos: norte, sul, leste, oeste e central. Ainda há áreas nos setores norte, sul, leste e oeste que não são atendidas pelo serviço de coleta seletiva. No entanto, nessas mesmas áreas, dos setores sul, leste e oeste, já existem escolas incluídas na rota da coleta, além de possuírem ecopontos disponíveis.

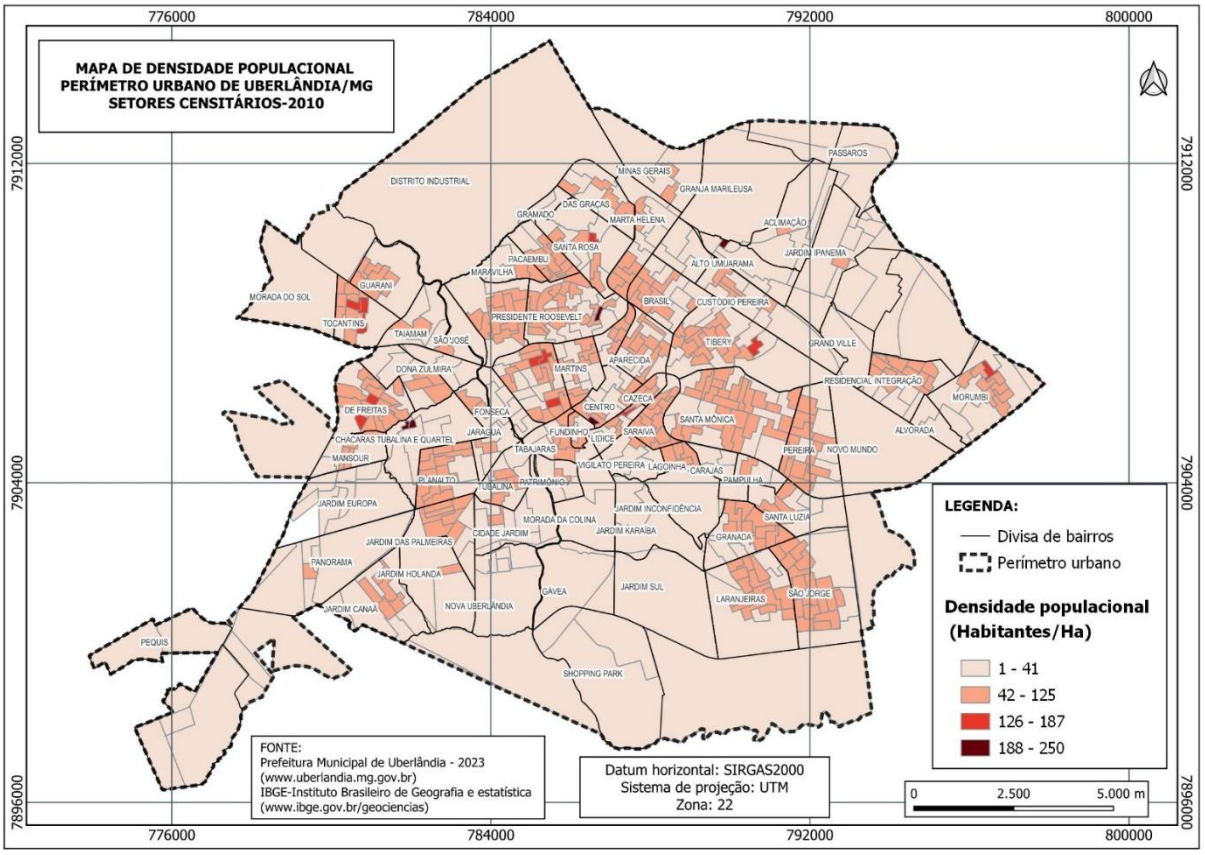
Todavia, no setor norte, em sua área não atendida pelo serviço de coleta seletiva, também não estão disponíveis ecopontos, tão pouco escolas para a destinação dos materiais recicláveis, por se tratar de uma região com função industrial. Isso porque, nela está localizado o Distrito Industrial de Uberlândia, o qual congrega empresas que exercem atividades econômicas extrativa mineral, de transformação e serviços industriais de utilidade pública. O descarte de resíduos sólidos pelas empresas desse setor é realizado de acordo com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

(PGRS) de cada instituição. Tanto os resíduos recicláveis quanto os industriais seguem rotas de descarte específicas, conforme estabelecido no respectivo plano.

Dado o aumento da população e a área de abrangência da coleta seletiva, verifica-se que a quantidade de associações e cooperativas é limitada. A partir disso, chamadas públicas e incentivos como galpões com estrutura e equipamentos, podem colaborar para a formação de mais entidades, que contribuam para a triagem dos resíduos recicláveis.

O mapa de densidade demográfica gerado (**Figura 12**), possibilitou a relação entre concentração populacional e os pontos e áreas com coleta seletiva. Dessa forma, é possível observar que as áreas que não são atendidas pelo serviço, como exemplo, o setor sul de Uberlândia, compreendendo bairros como Shopping Park, Jardim Sul, Gávea e outros, estão na faixa de menor densidade demográfica.

Figura 12 – Cidade de Uberlândia: Mapa de densidade populacional, 2023.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)**;** Uberlândia (2023). Organização: os autores (2023).

Por outro lado, no setor leste, no caso do bairro Morumbi, verifica-se uma densidade populacional média-alta, porém não é atendido pelo serviço. Apesar de possuir em seu limite um

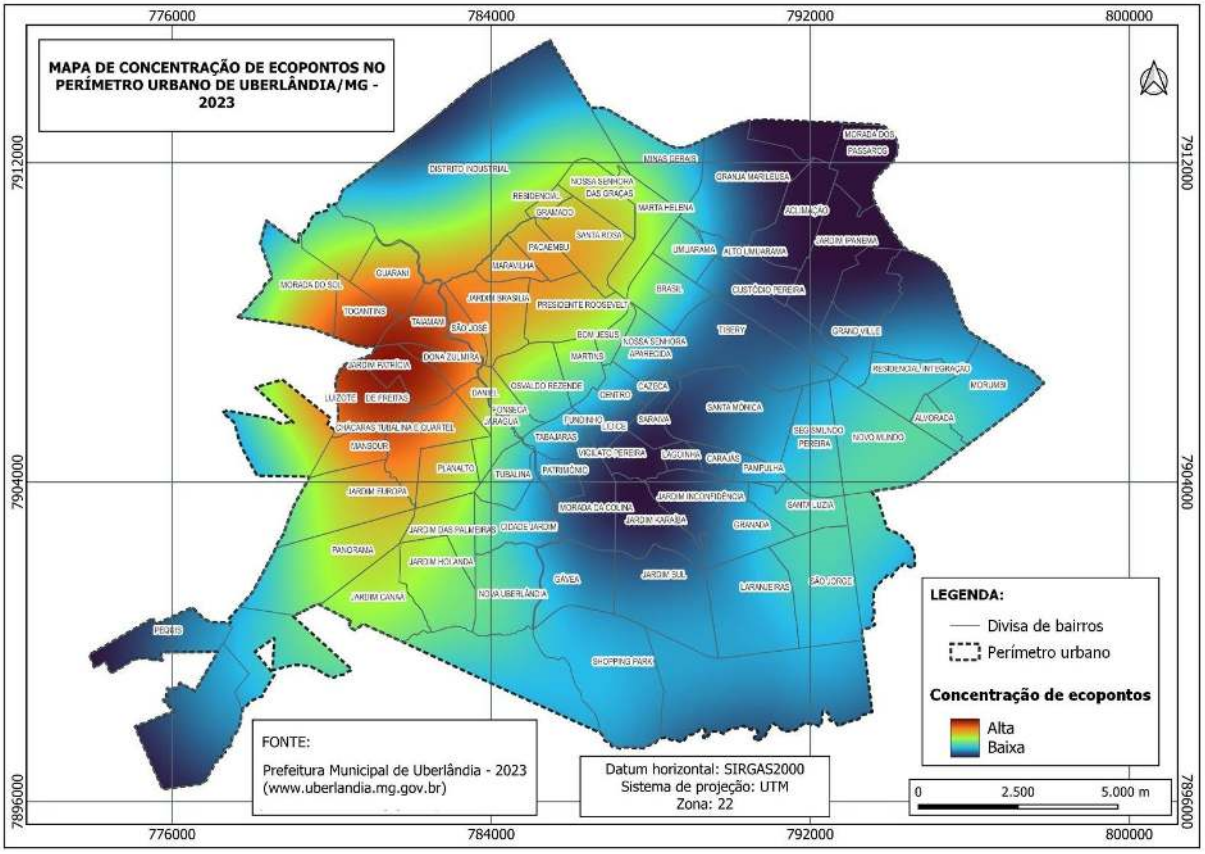
ecoponto e três escolas participantes da coleta seletiva, ao levar em consideração a sua densidade, o bairro tem potencial para ser o próximo atendido pelo programa municipal. Isso porque, para implementar a coleta seletiva em um bairro, é preciso analisar suas características, como tamanho, densidade populacional e distribuição geográfica das residências.

Os primeiros bairros contemplados pelo serviço de coleta seletiva municipal foram Santa Mônica e Segismundo Pereira, ambos localizados no setor leste da cidade. A escolha desses bairros levou em consideração critérios como o tamanho da área urbana, a presença de estabelecimentos comerciais e a densidade populacional. Além disso, destaca-se que o bairro Santa Mônica abriga a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), uma instituição de ensino e pesquisa de grande relevância para o município (Uberlândia, 2022).

Para entender a distribuição dos ecopontos, foi elaborado um mapa de calor (estimativa de densidade Kernel). De acordo com Longley *et al.* (2005), a estimativa de densidade com um kernel permite que a resolução espacial de um campo de densidade populacional seja explicitada. Nesse sentido, qualquer função kernel tem uma associada medida de comprimento, assim na estimativa de densidade, cada ponto é substituído por sua função kernel e as várias funções kernel são somadas para obter uma superfície agregada ou campo contínuo de densidade. Portanto, um exemplo usado pelo autor é que se alguém pensa em cada kernel como um monte de areia, então cada pilha tem o mesmo peso total de uma unidade.

No caso da **figura 13**, a intenção na confecção do mapa foi de observar como ocorre a concentração dos ecopontos dentro do perímetro urbano de Uberlândia. A alta taxa de concentração desses pontos - de entrega voluntária de resíduos sólidos recicláveis - ocorre no setor oeste da cidade. Este setor congrega cerca de 24% da população urbana, ou seja, quase um quarto dos habitantes localizam-se nessa região, cujo o bairro mais populoso é o Luizote de Freitas. Além disso, é nesse setor, onde se localiza o aterro sanitário da cidade, especificamente, no bairro Guarani.

Figura 13 – Cidade de Uberlândia: Mapa de concentração de ecopontos, 2023.



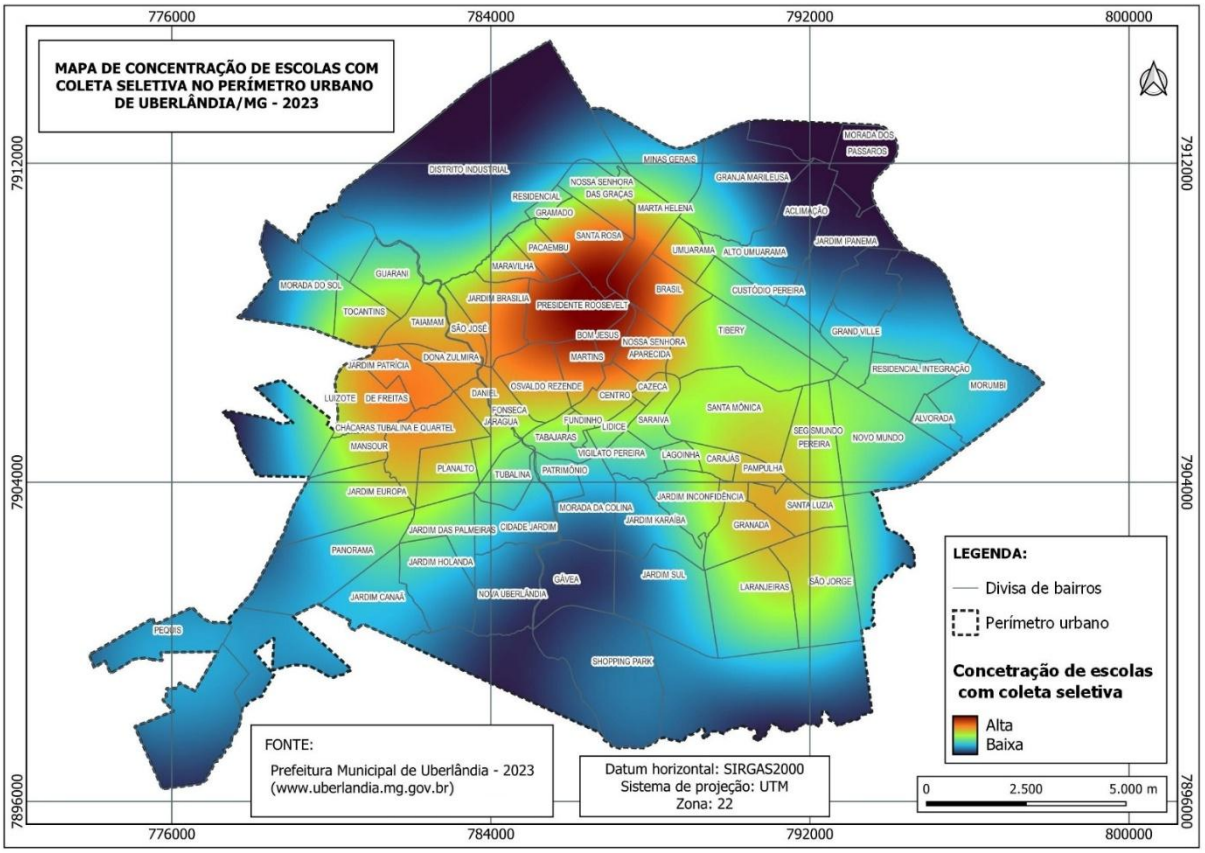
Fontes: Uberlândia (2023). Organização: os autores (2023).

Desse modo, nota-se, que enquanto a coleta seletiva se iniciava no bairro mais populoso de Uberlândia (Santa Mônica – setor leste – agregando um pouco mais de 6% da população), outras inciativas eram realizadas em outros setores. Com isso, no setor oeste foi inaugurado o primeiro ecoponto, construído no bairro Luizote de Freitas (compreendendo cerca de 3,3% da população urbana). Assim, esse mesmo setor, foi contemplado com mais seis ecopontos, justificando a alta concentração evidenciada no mapa.

Sobre a concentração de escolas com coleta seletiva dentro do perímetro urbano, foi elaborado outro mapa de calor (estimativa de densidade Kernel), no intuito de observar a densidade de escolas que aderem ao programa. Logo, na **figura 14**, observa-se, que a maior concentração está no setor norte da cidade, com evidência para o bairro Roosevelt (bairro mais populoso do setor norte), o qual congrega cinco escolas com o serviço.

CC BY

Figura 14 – Cidade de Uberlândia: Mapa de concentração de escolas com coleta seletiva



Fontes: Uberlândia (2023). Organização: os autores (2023).

As menores concentrações foram observadas nas porções mais periféricas do perímetro urbano. Algumas dessas áreas possuem uma baixa densidade demográfica. Por outro lado, para áreas que possuem uma maior densidade demográfica (observar figura 12), incentivos e orientações por parte da Secretaria Municipal de Educação com o apoio do Departamento Municipal de Água e Esgoto, deveriam ser consideradas, para que as instituições que ainda não aderiram ao programa de coleta seletiva, assim o fizessem.

Dessa forma, a distribuição das escolas com coleta seletiva no perímetro urbano não é homogênea, mas reflete as características socioeconômicas e demográficas de cada região. A adesão ao programa, é uma forma de promover a educação ambiental e a cidadania, além de contribuir para a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Portanto, é importante que haja um esforço conjunto entre os órgãos públicos, as instituições de ensino e a comunidade para ampliar e fortalecer o programa de coleta seletiva nas escolas de Uberlândia.

CC BY

Considerações finais

As soluções geradas possibilitaram a análise da distribuição dos pontos e áreas com serviço de coleta seletiva. Além da visualização desses locais, ainda foi possível compreender a espacialização dentro do perímetro urbano, dando possibilidades na melhoria das intenções acerca do planejamento urbano e da gestão de resíduos sólidos urbano.

Nesse sentido, o mapeamento revelou que existem escolas em Uberlândia que já possuem coleta seletiva, mas ainda há um número considerável de instituições sem o serviço. Para aderirem ao programa, as escolas podem solicitar orientação ao Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), que oferece suporte educacional e informativo. Essa solução, destaca a importância da participação das escolas para o fortalecimento do programa.

A viabilidade de relacionar a densidade demográfica com a distribuição de unidades e espaços com coleta seletiva, proporcionou um entendimento sobre as possíveis demandas do serviço nos setores da cidade. Com isso, a identificação de inciativas de melhoramento tanto nos equipamentos urbanos, quanto no oferecimento de serviços prestados à comunidade se tornam mais tangíveis.

Dessa forma, por meio da observação das estruturas construídas em apoio a ampliação da aquisição de materiais recicláveis e outros com potencial de reaproveitamento, é possível sugerir a construção de novos ecopontos em bairros que ainda não possuem o serviço de coleta seletiva porta a porta, que é o caso do bairro Morada Nova. Também para aqueles novos bairros, como exemplo, o bairro Pequis.

Por outro lado, no caso do bairro Morumbi, pela densidade populacional e pela proximidade com outros bairros já com coleta seletiva, é possível identifica-lo como o próximo bairro com potencial para ser atendido pelo serviço de coleta seletiva. Visto que, também possui uma grande população absoluta, o que equivale a 3% da total urbana.

Além disso, o incentivo à formação de novas cooperativas e associações deve acontecer por parte do poder público municipal, já que é considerável o crescimento da população e consequentemente a geração de resíduos sólidos urbanos. Visto que, essas entidades compõem uma parte relevante dentro do processo de destinação dos resíduos recicláveis

Como última consideração, propõe-se que sejam desenvolvidos novos estudos que possam ampliar o conhecimento acerca da distribuição espacial da coleta seletiva, o que pode representar uma forma de colaboração para a implantação e o aprimoramento desse serviço em

CC BY

outros municípios, bem como para a evolução do programa já existente na cidade de Uberlândia.

Referências

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 148, p. 3, 3 ago. 2010.

CHENITI, H.; CHENITI, M.; BRAHAMIA, K. Use of GIS and Moran's I to support residential solid waste recycling in the city of Annaba, Algeria. *Environmental Science and Pollution Research,* n. 28. p. 34027–34041, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11356-020-10911-z . Acesso em: 04 jul. 2023.

GONÇALVES, C. S.; NAZARI, M. T.; PAZ, M. F.; LEANDRO, D.; CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. Mapeamento de fontes geradoras de resíduos de serviços de saúde através da utilização de SIG. *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 17-27, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-46378 . Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico de 2010. *Agregados por setores censitários*. Ano 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410 . Acesso em: 29 maio 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Geociências. *Divisões intramunicipais*. Ano 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/2021/Malha_de_setores_(shp)_por_UFs . Acesso em: 29 maio 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades. Uberlândia. Panorama. *Economia***.** Ano 2020. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama . Acesso em: 06 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades. Uberlândia. Panorama**.** *População censo [2010].* Ano 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama . Acesso em: 07 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades. Panorama. *População no último censo [2022].* Ano 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama . Acesso em: 06 jul. 2023.

LAYRARGUES, P. P. *Políticas de Gestão e Educação Ambiental para Resíduos Sólidos na Economia de Mercado***:** a Obsolescência Planejada e os limites da Sustentabilidade no Capitalismo. Brasília: Universidade Federal de Brasília, 2016. Disponível em:

https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cea/2016/08/politicas-de-gestao-e-educacao-ambiental-para-residuos-solidos-na-economia-de-mercado-a-obsolescencia-planejada-e-os-limites-da-sustentabilidade-no-capitalismo/ . Acesso em: 03 jul. 2023.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Geographical Information Systems and Science.* 2. ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

MORAIS, C. F. de. Tratamento alternativo para resíduos sólidos urbanos: uma proposta para a cidade de Uberlândia MG. 2013. 122 f. *Dissertação* (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.14393/ufu.di.2013.234. Acesso em: 12 jun. 2023.

MORAIS, L. A.; NASCIMENTO, V. F.; GUASSELLI, L. A.; OMETTO, J. P. B. Estimativas das Distâncias para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia,* v. 71, n. 4, p. 960-982, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.14393/rbcv71n4-48611 . Acesso em: 09 jul. 2023.

NOVAIS, G.T. Unidades climáticas do município de Uberlândia (MG). *Revista de Ciências Humanas*, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 223–240, jan./jun. 2021. ISSN 2236-5176. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/11735. Acesso em: 28 maio 2025.

PENA, R. T. R.; DIAS, R. M.; SEABRA, L. O. Roterização da coleta seletiva com o uso de sistemas de informações geográficas: estudo de caso em um município de pequeno porte demográfico. *Geoambiente On-line*, Goiânia, n. 42, 2022. Disponível em: https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/70231 . Acesso em: 02 jul. 2023.

QGIS. *Versão 3.28*. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/about/features.html . Acesso em: 20 abr. 2023.

UBERLÂNDIA (Município). Prefeitura Municipal. Secretária Municipal de Planejamento Urbano**.** *Banco de Dados Integrados*: Infra Estrutura, Aspectos Econômicos, Agradecimentos. v. 3. Ano 2022. Disponível em: https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/banco-de-dados-integrados/ . Acesso em: 12 jun. 2023.

UBERLÂNDIA (Município). Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água e Esgoto**.** *Coleta Seletiva***.** Ano 2023. Disponível em: https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/residuos-solidos/coleta-seletiva/ . Acesso em: 08 jun. 2023.

UBERLÂNDIA (Município). Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água e Esgoto**.** *Mapa da Coleta Seletiva***.** Ano 2023. Disponível em https://www.google.com/maps/d/u/0/embed?mid=1Rl69VsdA186mJsRZn-IWJrhOGZUduVIb&ll=-18.90758599668537%2C-48.310279792692654&z=12 . Acesso em: 01 jun. 2023.

UBERLÂNDIA (Município). Prefeitura Municipal. Planejamento Urbano. *Mapas e bairros.* Ano 2023. Disponível em:

https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/mapas-e-bairros/ . Acesso em: 29 maio 2023.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Imagens do satélite LANDSAT 8, sensor Oli, Órbita/ponto 221/073***.** Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: 22 maio 2023.