



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS I**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**RICHARD PORDEUS DE SOUZA**

**O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DA COLETA  
SELETIVA NO PERÍMETRO URBANO DE CAMPINA GRANDE**

**CAMPINA GRANDE**

**2024**

RICHARD PORDEUS DE SOUZA

**O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DA COLETA SELETIVA NO PERÍMETRO URBANO DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. João Damasceno

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S729u Souza, Richard Pordeus de.

O uso de técnicas de geoprocessamento na análise da coleta seletiva no perímetro urbano de Campina Grande [manuscrito] / Richard Pordeus de Souza. - 2024.

35 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia sanitária e ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Joao Damasceno, Departamento de Geografia - CEDUC".

1. Geoprocessamento. 2. Coleta seletiva. 3. (SIG) sistema de informações geográficas. 4. Resíduos sólidos. I. Título

21. ed. CDD 363.728

RICHARD PORDEUS DE SOUZA

O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE DA COLETA  
SELETIVA NO PERÍMETRO URBANO DE CAMPINA GRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Graduada em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

Aprovado em: 14/11/2024.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. João Damasceno (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dr. Whelton Brito dos Santos

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Marcia Ramos Luiz

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## AGRADECIMENTOS

A meu pai, minha mãe e minha Avó que me incentivaram a estudar, com todo apoio financeiro e dedicaram todos os esforços para que eu chegasse até aqui. Vocês sempre foram meu porto seguro, oferecendo amor e motivação nos momentos de incerteza. Este trabalho é uma homenagem a vocês, que me ensinaram o valor da determinação e do esforço. Sou eternamente grato por tudo que fizeram e continuam a fazer por mim.

Aos meus Avôs (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, deixaram seu conhecimento e seu amor, agradeço por terem sido pilares de força e esperança.

Ao meu orientador Dr. João Damasceno, agradeço imensamente pelo apoio, paciência e dedicação ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho e desempenho acadêmico.

Aos membros da Banca Prof. Whelton Brito e Profa. Marcia Ramos, pela contribuição com este trabalho e pelo meu desempenho acadêmico.

Aos professores do Curso da UEPB, em especial, Whelton Brito, João Damasceno, Ruth Silveira, Marcia Ramos, Neyliane Costa, que contribuíram ao longo desses anos, por meio de seu conhecimento, dedicação e apoio. Cada um de vocês desempenhou um papel fundamental na minha formação, transmitindo não apenas conteúdos acadêmicos, mas também valores e habilidades essenciais para o exercício profissional.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando foi necessário.

A minha namorada Alessandra Ferreira que me deu forças e esteve comigo sempre que precisei. Sua paciência, amor e apoio incondicional foram fundamentais durante todo este percurso. Agradeço por acreditar em mim, por me incentivar nos momentos de dúvida e por estar presente nas conquistas.

Ao meu amigo Daniel Pirangi e sua esposa Elizandra, que conheci no curso, agradeço por todas as noites em claro que passamos estudando, sua amizade e colaboração foram essenciais para superar os desafios acadêmicos e fortalecer nosso aprendizado. Cada conversa, risada e troca de ideias não apenas tornaram os estudos mais leves, mas também criaram memórias que levarei para a vida toda.

Aos amigos que fiz nesse curso, em especial, Danielly Abrantes, Marcos Vinicius e Myllena Souza, que foram suporte e motivo de muitas conquistas. Agradeço a parceria, pelas trocas de ideias e pelas horas de estudo juntos, que tornaram essa jornada mais leve e gratificante.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o uso de técnicas de geoprocessamento na análise da coleta seletiva no perímetro urbano do município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, com foco em identificar áreas prioritárias e otimizar o planejamento inicial da coleta seletiva. Baseando-se em dados gerais de geração de resíduos na cidade, utilizou-se ferramentas de SIG para mapear a distribuição espacial dos resíduos, propondo locais estratégicos para Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e elaboração de rota para a coleta seletiva. A metodologia incluiu a caracterização do território e o uso de dados geoespaciais para avaliar a eficiência potencial do sistema de coleta seletiva proposto. Os resultados indicaram áreas com maior potencial de participação na coleta seletiva, as quais a criação de PEVs e a definição de rotas mais acessíveis podem facilitar a adesão da comunidade ao programa. Conclui-se que o uso de geotecnologias contribui significativamente para o planejamento de sistemas de gestão de resíduos mais eficientes, especialmente em contextos urbanos carentes de dados específicos e de estrutura para coleta seletiva.

**Palavras-Chave:** geoprocessamento; coleta seletiva; (SIG) sistema de informações geográficas; resíduos sólidos.

## **ABSTRACT**

This study presents the use of geoprocessing techniques in the analysis of selective waste collection within the urban perimeter of Campina Grande, focusing on identifying priority areas and optimizing initial selective collection planning. Based on general waste generation data for the city, Geographic Information Systems (GIS) tools were employed to map the spatial distribution of waste, propose strategic locations for Voluntary Delivery Points (VDPs), and develop an initial route for selective collection. The methodology included territorial characterization and the use of geospatial data to evaluate the potential efficiency of the proposed selective collection system. Results indicated areas with higher potential participation in selective collection, where the establishment of VDPs and the definition of more accessible routes may encourage community adherence to the program. It is concluded that geotechnology significantly contributes to planning more efficient waste management systems, particularly in urban contexts lacking specific data and infrastructure for selective collection.

**Keywords:** geoprocessing; selective collection; geographic information systems; solid waste.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Resíduos sólidos urbanos</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta Seletiva</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Técnicas de Geoprocessamento</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Metodologia</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Levantamento de dados</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Levantamento de dados de população</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Levantamento de dados de geração de resíduos sólidos</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Criação de rotas e pontos de entrega voluntários (PEVs)</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>População dos bairros</b> .....	<b>22</b>
<b>5.2</b>	<b>Geração de resíduos</b> .....	<b>22</b>
<b>5.3</b>	<b>Criação de rotas e PEVs</b> .....	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
	<b>APÊNDICE A – BAIRROS DE CAMPINA GRANDE-PB</b> .....	<b>30</b>
	<b>APÊNDICE B – POPULAÇÃO POR BAIRRO</b> .....	<b>31</b>
	<b>APÊNDICE C – CONCENTRAÇÃO POPULACIONAL</b> .....	<b>32</b>
	<b>APÊNDICE D – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS <i>PER CAPITA</i></b> .....	<b>33</b>
	<b>APÊNDICE E – ROTAS DO PERÍMETRO URBANO</b> .....	<b>34</b>
	<b>APÊNDICE F – PEV’S</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A elevada geração de resíduos sólidos é uma problemática crescente e faz parte dos males que incidem na crise ambiental vivenciada nos tempos atuais em todo o mundo, demandando estratégias e ferramentas de gestão de resíduos sólidos urbanos (Bezerra; Leal; Nunes, 2020). No que se refere à responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos urbanos, o Artigo 10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010) estabelece que a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em um determinado território é de responsabilidade do Distrito Federal, dos municípios e cabe aos geradores o gerenciamento. Dessa forma, os municípios possuem uma parcela significativa de responsabilidade na gestão desses resíduos.

O Brasil ainda está em fase inicial de implementação da coleta seletiva porta a porta nos sistemas de gestão municipal de resíduos sólidos. Segundo dados do Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2021), a coleta seletiva porta a porta atende 69,7 milhões de habitantes. No entanto, quando observada a média da população urbana atendida, por município, a coleta seletiva porta a porta alcança apenas 14,7% dos habitantes. Os municípios da região Sul apresentam a maior média de cobertura, atendendo a 31,9% da população urbana. A região Nordeste apresenta a menor abrangência média municipal de coleta seletiva porta a porta, atendendo somente 1,9% da população urbana (Abrelpe, 2023).

Para lidar com os impactos ambientais e operacionais da gestão de resíduos sólidos, o uso de geotecnologias tem se mostrado eficaz na organização e otimização do processo. O geoprocessamento permite visualizar áreas de maior geração de resíduos e avaliar as características demográficas e socioeconômicas das regiões, aprimorando a alocação de recursos e identificando possíveis riscos ambientais.

O geoprocessamento e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) produziram na sociedade informatizada uma maior democratização dos conhecimentos, favorecendo a expansão de articulações de redes que passaram a auxiliar diversas atividades que dependem de informações, assim como ampliação dos campos do conhecimento (Nunes, 2022).

Além disso, a aplicação do geoprocessamento favorece o desenvolvimento de modelos de simulação que preveem o crescimento da geração de resíduos e seus impactos a médio e longo prazo. Esses modelos podem ser ajustados com dados de sensoriamento remoto e imagens

de satélite, o que possibilita um acompanhamento contínuo e de alta precisão. A integração de dados geospaciais também facilita a implementação de programas de coleta seletiva e políticas de reciclagem, permitindo intervenções mais eficazes e uma gestão sustentável dos recursos.

Ao mesmo tempo, a utilização de mapas interativos e plataformas de dados acessíveis ao público contribui para a transparência e engajamento da sociedade civil. Esse aspecto é fundamental para o desenvolvimento de uma cultura de responsabilidade ambiental e apoio às práticas de reciclagem e descarte consciente, alinhando-se aos objetivos da sustentabilidade urbana e da preservação dos recursos naturais.

Neste contexto, o geoprocessamento compreende um conjunto de dados processados que permitem conhecimentos diversificados associados aos meios de aquisição e armazenamento de uma gama de informações que favorecem um agrupamento de diversas tecnologias, possibilitando aos usuários à criação de técnicas inovadoras de aquisição de elementos constitutivos que permitem o arquivamento de fontes, gerenciamento e manipulação das informações com o cruzamento dos dados para a aplicação em vários campos do conhecimento para empresas e governos (Lang; Blaschke, 2019).

Desta forma, o estudo reconhecerá a importância da aplicação de sistemas tecnológicos na produção, integração e disponibilização de meios e recursos para a aplicação de processos de análises que favoreçam a gestão de resíduos sólidos, aplicando as imagens e simulações do Sistema de Informações Geográficas (SIG) representativas dos possíveis Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e de rotas de coleta, que possam dar uma melhor caracterização do que o cenário atual.

A relevância acadêmica é demonstrar a contribuição das tecnologias que fazem parte do conjunto de informações georreferenciadas para aplicação na gestão de resíduos de uma cidade a partir de suas necessidades.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Espacializar e identificar a geração de resíduos no perímetro urbano de Campina Grande, Paraíba, Brasil, bem como, propor um modelo de coleta seletiva que priorize áreas estratégicas e otimize o planejamento logístico do resíduo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Coletar dados populacionais dos bairros de Campina Grande;
- Estimar a geração de resíduos sólidos no perímetro urbano da cidade de Campina Grande;
- Identificar áreas com maior e menor produção de resíduos sólidos;
- Elaborar um plano de rotas para coleta seletiva;
- Implementar pontos de entrega voluntária (PEVS) de coleta de resíduos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Resíduos sólidos urbanos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define como rejeitos, aqueles resíduos sólidos que, após exauridas a viabilidade de tratamento e recuperação do material, serão necessariamente dispostos em lugares ambientalmente adequados. Esta política objetiva a proteção à saúde e a qualidade ambiental, como também o estímulo a padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, entre outras metas (Bayer; Uranga; Fochezatto, 2022). Analisar a gestão pública, especialmente no que diz respeito ao estudo da regionalização para o serviço público de manejo de resíduos sólidos urbanos (SMRSU), uma vez que analisadas as formas existentes de organização dos municípios quanto à gestão dos serviços, novas propostas podem ser formuladas, com o intuito de auxiliar o poder público na adequação das unidades regionais a serem formalizadas, bem como das parcerias entre instituições públicas e/ou privadas (Magda *et al.*, 2024).

O fornecimento do SMRSU, em relação ao modelo de gestão, pode ser do município, onde o município será responsável pela própria organização do serviço, no qual a estrutura para a prestação dos serviços pode ser integral (transbordo/transporte e todas as etapas de coleta e destinação final é realizada de forma regionalizada) ou parcial (onde uma das etapas é realizada de forma regionalizada, como a disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários) (ANA, 2021). Essas formas de execução indireta buscam garantir a maior eficiência e qualidade no fornecimento de serviços públicos, e ao mesmo tempo que desobrigue o estado do investimento e dos custos operacionais, movendo parte da responsabilidade ao setor privado.

De acordo com Worldometer (2024) a população mundial está crescendo a uma taxa de cerca de 0,87% ao ano em 2024, isso significa que com o aumento da população, a urbanização e os padrões de consumo das pessoas, aumente diretamente na geração de resíduos sólidos urbanos. Há uma conscientização crescente de que a gestão eficaz de resíduos é essencial para a transição para uma economia circular e para atingir objetivos de desenvolvimento sustentável, e em todo o mundo, os municípios são os principais atores responsáveis pela gestão adequada dos resíduos municipais (Ferreira *et al.*, 2022).

A geração de RSU no Brasil durante o ano de 2022, tendo alcançado um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia (Abrelpe, 2022).

De acordo com a Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA, 2022), a média mensal de coleta de resíduos sólidos na cidade de Campina Grande, Paraíba, é de

12.387,29 toneladas. Esse volume representa o total de resíduos gerados em diferentes contextos urbanos, incluindo resíduos domiciliares, resíduos provenientes de pontos fixos de coleta, caixas estacionárias, além de resíduos originados de feiras e mercados. Esses dados são fundamentais para compreender a dinâmica da gestão de resíduos na cidade e a importância de implementar políticas eficazes de coleta seletiva e reciclagem. A partir desse total, é possível analisar a eficiência dos serviços de coleta e as práticas de descarte da população, assim como identificar oportunidades para melhorar a gestão dos resíduos sólidos, promovendo a sustentabilidade e minimizando os impactos ambientais.

A legislação brasileira sobre a gestão de resíduos sólidos é estruturada por diretrizes que visam a preservação ambiental e a saúde pública, destacando-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa política estabelece diretrizes fundamentais para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos, delineando responsabilidades compartilhadas ao longo do ciclo de vida dos produtos. As obrigações recaem sobre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e autoridades locais responsáveis pelos serviços de limpeza urbana.

A Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, complementa a PNRS ao prever sanções para práticas prejudiciais ao meio ambiente, incluindo o descarte incorreto de resíduos sólidos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) emite resoluções que detalham procedimentos específicos, como a Resolução nº 307/2002, que regulamenta a gestão de resíduos da construção civil, buscando minimizar o impacto ambiental. Outras resoluções do CONAMA, como a nº 358/2005 e a nº 404/2008, estabelecem normas para o descarte de resíduos de serviços de saúde e eletroeletrônicos, respectivamente.

Além disso, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) oferecem classificações e especificações que reforçam a segurança ambiental e sanitária. A NBR 10.004/2004, por exemplo, define a classificação dos resíduos sólidos com base no risco ambiental e à saúde, enquanto a NBR 12.235/1992 aborda o gerenciamento específico para resíduos de serviços de saúde, orientando práticas seguras para sua coleta e destinação.

### **3.2 Coleta Seletiva**

As atividades de coleta e transporte são as mais onerosas para a administração pública no sistema municipal de gerenciamento de resíduos. (Galavote. 2023), por exemplo, mencionam que cerca de 20% dos orçamentos municipais são destinados a despesas com a

gestão de RSU em países de baixa renda, mais de 10% em países de renda média e 4% em países de alta renda. No Brasil, a situação não é diferente, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) indicaram que as despesas com manejo de RSU representaram cerca de 4,1% da despesa corrente total dos municípios (SNIS, 2022), podendo ultrapassar 8% em alguns casos como indicado por Leal e Sampaio (2019).

De acordo com Freitas et al. (2020), é fundamental fortalecer a mobilização e a conscientização popular para efetivar uma transformação significativa na realidade da coleta seletiva e da reciclagem de resíduos. Essa mobilização é essencial, pois as práticas de coleta seletiva e reciclagem são fontes geradoras de soluções inovadoras na gestão dos materiais descartados. A conscientização da população não apenas promove um maior entendimento sobre a importância da separação adequada dos resíduos, mas também incentiva a participação ativa dos cidadãos em iniciativas sustentáveis. Para que essas práticas sejam bem-sucedidas, é necessário um esforço conjunto entre o poder público, as organizações não governamentais, as empresas e a comunidade, visando à educação ambiental e à implementação de políticas que facilitem o acesso e a adesão à coleta seletiva. Somente através desse compromisso coletivo será possível transformar a cultura do descarte e avançar rumo a uma gestão de resíduos mais eficiente e responsável.

A expressiva quantidade de materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos urbanos ressalta de forma contundente a importância crucial de programas eficazes de coleta seletiva e de conscientização da população. Esses programas são fundamentais para reduzir o impacto ambiental negativo que o descarte inadequado de resíduos pode causar. A reciclagem adequada não apenas evita o acúmulo excessivo de materiais em aterros sanitários, mas também desempenha um papel vital na promoção da preservação dos recursos naturais disponíveis no planeta. Além disso, a prática da reciclagem contribui significativamente para a diminuição da poluição ambiental, uma vez que reduz a quantidade de resíduos que necessitam ser tratados de maneira convencional. Também está diretamente relacionada à redução das emissões de gases de efeito estufa, que são um dos principais responsáveis pelas mudanças climáticas globais. Portanto, conforme apontado por Rapada *et al.* (2023), é essencial que haja um esforço contínuo para implementar e melhorar esses programas de reciclagem, pois eles representam uma oportunidade valiosa para construir um futuro mais sustentável e saudável para todos.

### 3.3 Técnicas de Geoprocessamento

Com a revolução informacional e a evolução da informática, surgiram novas possibilidades de análises estratégicas para o auxílio na tomada de decisão. A possibilidade de visualização dos resultados das análises, especialmente em um mapa, faz com que a compreensão por intermédio do analista seja de forma facilitada e clara. Esse tipo de tecnologia é chamado de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Oliveira, 2020).

Os SIGs consistem em ferramentas capazes de tratar a informação em todo o seu ciclo de vida, nesse sentido os SIGs são ferramentas que podem ser utilizadas como instrumento de apoio à tomada de decisão (Amaral *et al.*, 2020).

O geoprocessamento e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) produziram na sociedade informatizada uma maior democratização dos conhecimentos, favorecendo a expansão de articulações de redes que passaram a auxiliar diversas atividades que dependem de informações, assim como ampliação dos campos do conhecimento (Ribeiro, 2022).

Ao fornecer informações relacionadas à superfície do terreno, originada pela natureza ou pela ação antrópica, o Geoprocessamento qualifica-se como área amplamente acessível, uma vez que se baseia em tecnologias de baixo custo e permite a realização de análises complexas ao integrar informações de diversas fontes para criar bancos de dados georreferenciados, além de automatizar a produção de documentos cartográficos através dos seus instrumentos computacionais (Marquesine; Felipetto; Merhy, 2023). Segundo Santos *et al.* 2022, o geoprocessamento consolida-se como instrumento de monitoramento, permitindo a análise dos fenômenos espacialmente.

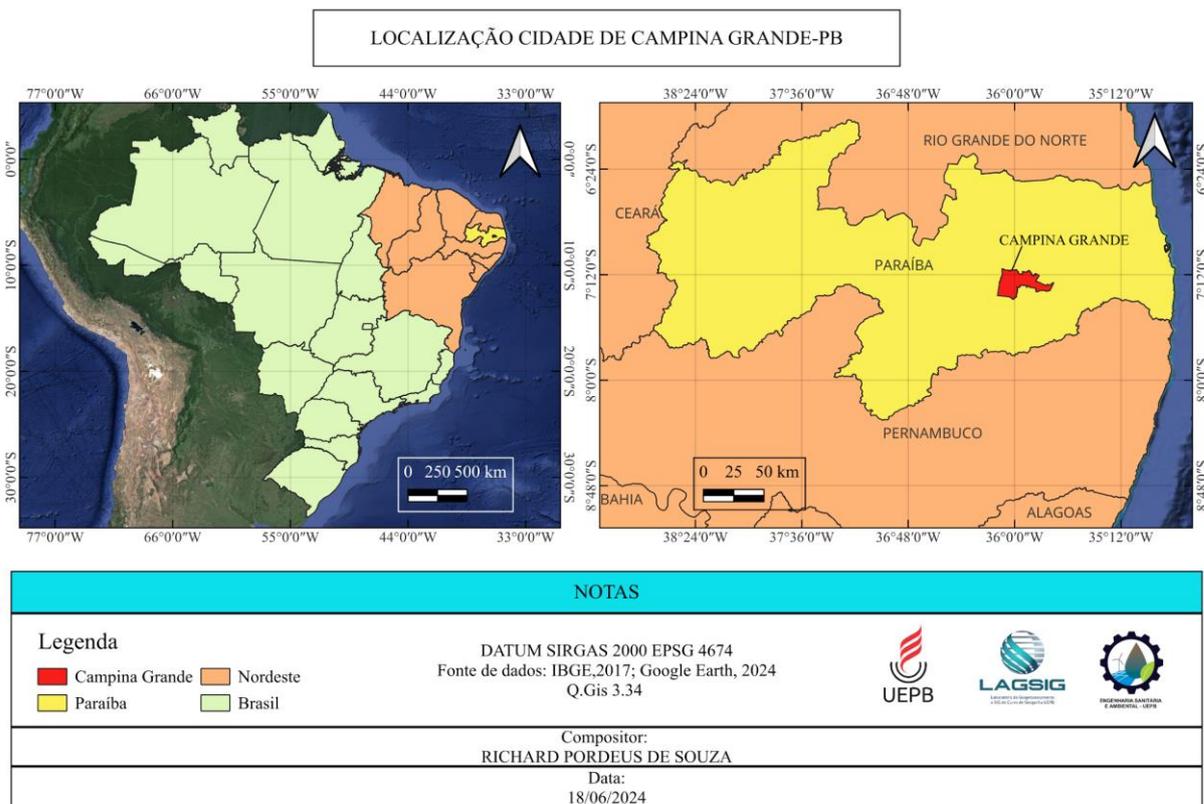
O objetivo do geoprocessamento é fornecer dados geográficos precisos e confiáveis, assim ajudando em pesquisas e uma variedade de aplicações do utilizador, visando também melhorar a gestão do ambiente natural e planejado, assim promovendo uma sustentabilidade e contribuindo para um planejamento eficaz das políticas públicas. O termo geoprocessamento indica a inserção de novas tecnologias e do processo histórico na descrição e explicação do espaço geográfico (Damasceno *et al.*, 2021).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na região nordeste do Brasil, Campina Grande está situada no planalto da Borborema, Agreste do estado da Paraíba, a uma altura de aproximadamente 550 m acima do nível do mar, distante da Capital (João Pessoa) 128 km, na latitude 7°13'11" sul e de longitude 35°52'31" oeste (Figura 1).

Figura 1 – Área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A cidade possui influência no Estado pelo setor de serviços, em especial pela saúde e pelo ensino de nível superior. É considerada um dos maiores polos tecnológicos da América Latina, decorrente da atividade de cursos de tecnologia dos centros universitários e do Parque Tecnológico da Paraíba, localizado no município (De Almeida, 2022).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Campina Grande apresenta área territorial de 591.658 km<sup>2</sup> e uma população residente de 419.379 pessoas (IBGE, 2022), segunda município mais populosa do estado. Na comparação com outros municípios do

estado, ficava nas posições 2 e 4 de 223. Já na comparação com municípios de todo o país, ficava nas posições 55 e 135 de 5570 (IBGE).

Segundo o Observatório de Campina Grande (2021), geograficamente, Campina Grande possui uma área urbana composta por 61 bairros, representado no Apêndice A, Campina Grande é uma cidade composta por cinco zonas urbanas principais: Norte, Sul, Leste, Oeste e Central. Cada uma delas apresenta características socioeconômicas, densidade populacional e infraestrutura distintas, refletindo a diversidade urbana do município.

A Zona Norte é marcada por uma mistura de áreas urbanas consolidadas e comunidades em desenvolvimento. Compreende bairros como Catolé de Zé Ferreira e Palmeira, abrigando moradores de diferentes faixas de renda. A densidade populacional é moderada, sendo menor nas áreas mais periféricas. Em termos de infraestrutura, a região conta com residências, comércio local e algumas indústrias, mas apresenta desafios em bairros periféricos, como saneamento básico e pavimentação.

A Zona Sul é uma das áreas mais dinâmicas economicamente, abrangendo bairros como Catolé, Tambor e Jardim Paulistano. A população é majoritariamente de classe média e classe média alta, com alta densidade populacional devido à presença de condomínios residenciais e bairros bem consolidados. A infraestrutura é bem desenvolvida, com uma ampla oferta de serviços, incluindo escolas, hospitais e áreas comerciais.

Na Zona Leste, bairros como Alto Branco, Jardim Tavares e Cuités predominam. A região abriga uma população de classe média e classe média alta, incluindo áreas nobres da cidade. A densidade populacional varia de moderada a alta, especialmente em bairros próximos ao centro. A infraestrutura é de boa qualidade, com serviços de saúde, educação e lazer bem distribuídos, além de importantes avenidas que conectam a zona a outras áreas da cidade.

A Zona Oeste, por sua vez, caracteriza-se por bairros como Bodocongó e Malvinas, que possuem uma população diversificada, com predominância de classes média baixa e baixa. Essa zona tem apresentado um crescimento habitacional intenso, resultando em alta densidade populacional, especialmente em bairros populares e conjuntos habitacionais. A infraestrutura é variada, com áreas que possuem serviços básicos bem estabelecidos e outras que ainda enfrentam carências, como saneamento e transporte público adequados.

Por fim, a Zona Central é predominantemente comercial, com poucos bairros residenciais, como o Centro e a Prata. A população local é formada, em grande parte, por moradores antigos e comerciantes. A densidade populacional da área é baixa em relação às zonas periféricas, mas há uma intensa circulação de pessoas durante o dia devido à concentração de comércio, serviços públicos e atividades administrativas. Sua infraestrutura é altamente

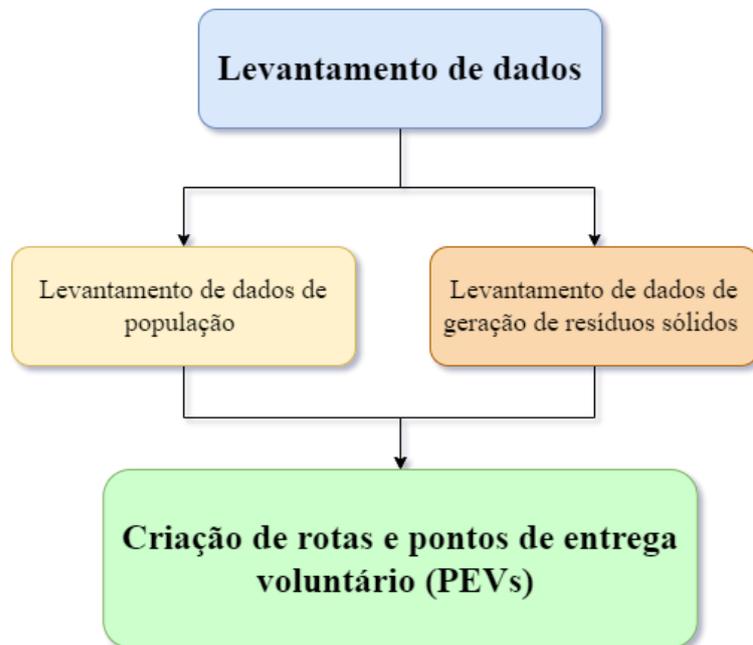
desenvolvida, com presença de escolas, hospitais, órgãos públicos e uma rede de transporte coletivo eficiente.

Essa configuração evidencia a diversidade socioeconômica e urbana de Campina Grande, sendo um elemento crucial para análises espaciais e estudos como o desenvolvimento de estratégias para coleta seletiva e alocação de PEVs no município. Esses bairros são responsáveis por grande parte da geração de resíduos sólidos urbanos, destacando-se as áreas mais populosas pela maior demanda por serviços de coleta e gestão de resíduos. A diversidade entre os bairros torna necessária a implementação de políticas públicas ajustadas às diferentes realidades locais, principalmente no que se refere à coleta seletiva e ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

## 4.2 Metodologia

A metodologia, descrita na Figura 1, utilizou ferramentas de geoprocessamento para mapear os pontos de coleta seletiva, cujo levantamento de dados foi realizado em fontes oficiais. Desta forma, a integração desses dados permitiu uma análise precisa e direcionada para o desenvolvimento e melhoria na gestão dos resíduos sólidos da Cidade de Campina Grande.

Figura 2 - Metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

#### **4.2.1 Levantamento de dados**

Os dados foram obtidos a partir da Prefeitura Municipal de Campina Grande e levantamento bibliográfico (artigos científicos, documentos governamentais e demais periódicos).

Dados do IBGE Sistema Nacional de informações sobre Saneamento (SNIS), serviram complementares sobre a infraestrutura urbana, indicadores de sustentabilidade e desafios específicos para cada bairro.

Após a aquisição dos dados, foi realizada a produção e análise de mapas utilizando o *software* QGIS, versão 3.34.7 Prizren, e o *Google Earth Pro*, versão 7.3.6.9796 (64-bit). O QGIS, um sistema de informação geográfica (SIG) de código aberto, foi empregado para criar mapas dos pontos de coleta de resíduos e planejamento de rotas otimizadas de coleta. Esse *software* se destaca pela sua capacidade de análise espacial detalhada, permitindo a visualização e interpretação de padrões geográficos e discrepâncias na distribuição dos pontos de coleta nos bairros da cidade de Campina Grande.

Através do QGIS, realizou-se um estudo dos dados geoespaciais, gerando *insights* valiosos sobre a eficiência das rotas de coleta e as áreas que necessitam de maior cobertura de PEVs. Além disso, a flexibilidade do *software* em manipular e processar grandes volumes de dados possibilitou a criação de camadas personalizadas que destacam elementos importantes, como infraestrutura urbana e densidade populacional, essenciais para um planejamento mais eficiente.

O *Google Earth Pro* foi utilizado de forma complementar, permitindo a sobreposição de camadas de informações previamente geradas no QGIS sobre a visualização tridimensional da cidade. Isso inclui mapas de infraestrutura urbana, localização de pontos de coleta seletiva e outros elementos que facilitam a compreensão espacial. Com sua interface intuitiva, o *Google Earth Pro* torna a apresentação dos dados mais acessível tanto para colaboradores envolvidos no projeto quanto para a população, promovendo um entendimento mais claro das áreas de atuação.

A integração dos *softwares* garantiu uma análise robusta e precisa dos dados de coleta seletiva, ao mesmo tempo que facilitou a comunicação e a visualização dos resultados. Essa combinação de tecnologias otimizou o processo de planejamento.

#### **4.2.2 Levantamento de dados de população**

O desenvolvimento do projeto foi realizado utilizando o software QGIS, adotando-se uma abordagem sistemática e baseada em métodos rigorosos de geoprocessamento para a análise populacional dos bairros de Campina Grande - PB, no ano de 2022. A seguir, descrevem-se as etapas metodológicas:

Inicialmente, o projeto foi configurado no sistema de coordenadas SIRGAS 2000, que é amplamente utilizado para o georreferenciamento no Brasil, utilizando o código EPSG: 4674. Esse sistema de referência foi escolhido por ser compatível com as bases geoespaciais oficiais do IBGE, garantindo a acurácia dos dados territoriais e sua integração com as demais camadas utilizadas no estudo.

Foram importadas as seguintes camadas geoespaciais:

- Bairros e novos bairros de Campina Grande (Observatório de Campina Grande, 2021);
- Limite municipal de Campina Grande dentro da camada de Municípios da Paraíba (IBGE, 2022);
- Malha de setores censitários (IBGE, 2022);
- Planilha de setores censitários com dados populacionais associados (IBGE, 2022).

A integração dessas camadas permitiu uma análise territorial robusta, com base em informações atualizadas e precisas de diferentes fontes institucionais.

A planilha de setores censitários foi unida à malha de setores censitários por meio dos geocódigos fornecidos pelo IBGE, que funcionam como um identificador único para cada setor. Essa etapa foi fundamental para associar os atributos populacionais (como número de habitantes) às respectivas áreas geográficas dos setores censitários no formato vetorial (*shapefile*). Essa união possibilitou o uso simultâneo das informações tabulares e espaciais no ambiente do QGIS.

Para delimitar os dados populacionais por bairro, foi realizada a sobreposição da camada de bairros sobre a camada de setores censitários. Essa operação de interseção espacial permitiu selecionar apenas as feições dos setores que coincidem com os limites de cada bairro. Em seguida, os polígonos correspondentes foram extraídos e categorizados de acordo com os bairros aos quais pertencem.

Com os setores censitários recortados e categorizados por bairro, foi realizada a soma da população total de cada bairro. Para isso, foi utilizada a função *aggregate* na Calculadora de

Campo do QGIS, permitindo a soma dos valores populacionais dos setores censitários com base na correspondência espacial dos bairros. Foi utilizado o seguinte código no quadro 1.

Código 1 – Código utilizado na calculadora de campo

```
aggregate(
  layer:=@layer,
  aggregate:='sum',
  expression:="Agregados_v0001",)
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

#### 4.2.3 Levantamento de dados de geração de resíduos sólidos

Metodologia para Cálculo da Geração *Per Capita* de Resíduos Sólidos:

Para a análise da coleta seletiva no perímetro urbano de Campina Grande, foi calculada a geração per capita de resíduos sólidos a partir dos dados de geração total de resíduos. O volume médio mensal de resíduos gerados na cidade é de 12.387,29 ton, conforme registrado em relatórios da Secretaria de Serviços Urbanos. Esse dado reflete o volume significativo de resíduos que requerem um sistema eficaz de coleta e destinação. A implementação de um plano de coleta seletiva é fundamental para reduzir a pressão sobre os aterros sanitários e melhorar a taxa de reciclagem do município.

A população de Campina Grande, segundo os dados mais recentes, é de 419.379 habitantes. Com base nessas informações, foi realizada a conversão do total de resíduos de toneladas para quilogramas, resultando em um total de 12.387.290 kg de resíduos por mês. Esse volume expressivo destaca a importância de se implementar ações concretas para a gestão de resíduos sólidos, especialmente no que diz respeito à coleta seletiva. Além disso, a participação ativa da população no processo de separação de resíduos é crucial para o sucesso dessas iniciativas.

Para obter a média de geração *per capita* diária, o total mensal de resíduos foi dividido pelo número de habitantes e, em seguida, pelo número de dias no mês (considerando 30 dias). Esse cálculo resultou em uma média de aproximadamente 0,98 kg de resíduos sólidos gerados por habitante por dia. Esses números refletem a média observada em muitas cidades de porte semelhante no Brasil. A partir desses dados, foi possível definir metas de redução e estratégias para a implantação de um sistema de coleta seletiva eficiente.

Este valor é fundamental para entender a magnitude da geração de resíduos na cidade e serve como base para a análise da eficiência da coleta seletiva e a aplicação de técnicas de geoprocessamento na gestão de resíduos. Com essa média per capita, é possível realizar projeções mais precisas e identificar áreas onde a geração de resíduos é maior, facilitando a implementação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade. Além disso, essa análise pode contribuir para futuras expansões e melhorias no sistema de coleta seletiva da cidade.

#### ***4.2.4 Criação de rotas e pontos de entrega voluntários (PEVs)***

Inicialmente, foi realizado o *download* dos arquivos de dados do Observatório dos Bairros de Campina Grande, disponível em formato KML. Este arquivo contém a delimitação geográfica de todos os bairros da cidade, sendo essencial para o mapeamento e planejamento das rotas de coleta seletiva e dos PEVs. A obtenção desse arquivo facilitou a visualização das divisões urbanas e permitiu integrar essas informações com ferramentas de geoprocessamento, tornando o processo de análise espacial mais eficiente.

O arquivo KML foi importado no *software Google Earth Pro*, o que permitiu a visualização detalhada das áreas urbanas de Campina Grande. A partir dessa visualização, foi possível identificar as principais vias de circulação, os limites dos bairros, e os locais estratégicos para a implantação dos PEVs. Essa etapa foi fundamental para compreender a distribuição espacial dos bairros e planejar as rotas de coleta seletiva de forma a cobrir áreas mais densas e reduzir o tempo de coleta.

Utilizando a ferramenta "Adicionar Caminho" do Google Earth Pro, foram traçadas as principais rotas de coleta seletiva, levando em consideração critérios como: fluxo de trânsito, acessibilidade e a proximidade com áreas de maior produção de resíduos. As rotas desenhadas conectam os pontos mais críticos da cidade, a fim de otimizar o percurso da coleta e minimizar custos operacionais. Além disso, as rotas foram ajustadas para evitar áreas com alto congestionamento, melhorando a eficiência do serviço.

Com base na análise das áreas de maior densidade populacional e locais de grande movimentação (como mercados, praças e centros comerciais), foram adicionados os PEVs. Para isso, foi utilizada a ferramenta "Adicionar Marcador" no Google Earth Pro, possibilitando o posicionamento preciso dos pontos de coleta em locais estratégicos. Essa disposição estratégica dos PEVs visa facilitar o acesso da população e estimular o uso frequente desses pontos para a entrega de materiais recicláveis.

Após o mapeamento e criação das rotas e PEVs no *Google Earth Pro*, o arquivo contendo esses dados foi exportado no formato KML. Esse arquivo foi então importado no *software* QGIS, que permitiu uma análise espacial mais avançada das rotas traçadas. No QGIS, foi possível refinar o planejamento, aplicar técnicas de kernel para determinar áreas de influência dos PEVs, e verificar a cobertura das rotas de coleta em relação aos bairros da cidade. Essa integração entre *Google Earth Pro* e QGIS possibilitou ajustes mais precisos, garantindo que os pontos e as rotas atendessem às demandas específicas de cada região. Após os pontos de coleta serem inseridos no QGIS e projetados no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM Zona 25S, foi configurado um raio de busca de 600 metros para a análise de densidade Kernel. A partir disso, foi gerado um raster representando a intensidade alcançada pelos pontos de coleta, indicando as áreas com maior concentração de resíduos. Essa abordagem possibilitou uma visualização clara da distribuição espacial dos pontos de coleta no perímetro urbano de Campina Grande.

Nesta metodologia, propõe-se a criação de uma central de triagem e reciclagem para a destinação adequada dos resíduos coletados nos PEVs de Campina Grande. O processo começa com a coleta seletiva, a qual o caminhão coletor segue rotas previamente traçadas para recolher os materiais depositados nos PEVs distribuídos pela cidade.

Após a coleta, os resíduos são direcionados para a central de triagem, onde são separados de forma eficiente em diferentes tipos de materiais recicláveis, como papel, plástico, vidro e metais. Essa central não apenas contribuirá para a redução dos resíduos destinados ao aterro sanitário, mas também promoverá inclusão social e geração de emprego ao firmar parcerias com cooperativas de catadores, que atuarão diretamente no processo de triagem.

A central deverá ser equipada com áreas específicas para o descarregamento, separação e armazenamento temporário dos materiais recicláveis. Dessa forma, o processo de triagem será otimizado, possibilitando que os materiais devidamente separados sejam encaminhados para empresas recicladoras ou para a reutilização, fechando o ciclo da economia circular. Além disso, a criação dessa central permitirá que o município adote práticas mais sustentáveis, enquanto diminui a quantidade de resíduos que acabam no aterro sanitário.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nos tópicos seguintes, serão apresentados os resultados da população, geração de resíduos por bairro, e a criação de rotas para coleta seletiva e PEVs da cidade de Campina Grande, Paraíba. Os dados analisados permitiram um entendimento mais detalhado sobre a distribuição demográfica e a geração de resíduos em cada bairro, sendo essenciais para o planejamento das rotas. Além disso, as rotas propostas e os pontos de coleta voluntária foram definidos com base em critérios de acessibilidade e eficiência, visando uma gestão mais sustentável dos resíduos sólidos na cidade.

### **5.1 População dos bairros**

Durante o desenvolvimento deste estudo, foram coletados e analisados dados simulados referentes à população de cada bairro do perímetro urbano do município de Campina Grande. Esses dados foram obtidos a partir de informações fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Observatório de Campina Grande, que apresentam uma visão detalhada sobre a demografia da região. Esses dados foram inseridos e tratados no software QGIS, aonde foram georreferenciados e espacializados de acordo com as delimitações dos bairros do município. A partir dessa espacialização, foi possível associar a densidade populacional de cada área.

O tratamento dos dados permitiu identificar padrões populacionais e mapear as áreas de maior concentração, possibilitando uma análise mais precisa e direcionada sobre a distribuição. Com base nos resultados, verificou-se que o bairro mais populoso é Três Irmãs, com uma população de 33.251 habitantes, seguido pelo bairro Malvinas, que conta com 27.843 habitantes. Essas informações são cruciais para compreender como a distribuição populacional afeta diretamente a geração e a gestão dos resíduos sólidos no município.

A metodologia aplicada permitiu que, mesmo com dados simulados, fosse possível ter uma noção clara de como a população está distribuída e como isso influencia as demandas por infraestrutura e serviços públicos, especialmente na coleta seletiva e manejo dos resíduos sólidos. Os resultados dessa análise estão apresentados no Apêndice B e C.

### **5.2 Geração de resíduos**

A partir do desenvolvimento deste estudo, utilizando-se os dados disponíveis sobre a geração de resíduos sólidos em Campina Grande, foi possível calcular a quantidade de resíduos gerada por habitante, baseada na taxa per capita de 0,98 kg/hab. dia. Com essa taxa aplicada à população dos 61 bairros do município, obteve-se uma média total de 396,27 toneladas de resíduos por dia, gerados em toda a cidade. Essa quantidade reflete a produção total de resíduos de origem domiciliar e comercial, sendo uma estimativa robusta para o planejamento de ações de gestão de resíduos sólidos.

Projetando esses valores para um período mensal, a cidade de Campina Grande gera aproximadamente 11.888,10 toneladas de resíduos por mês. Esses números evidenciam a magnitude da quantidade de resíduos que necessitam de tratamento e descarte adequados, destacando a importância da implantação de um sistema de coleta seletiva eficaz. A coleta seletiva visa, portanto, reduzir o volume de resíduos encaminhados para aterros, promovendo a reciclagem e o reaproveitamento de materiais, contribuindo para a sustentabilidade ambiental da cidade. Os resultados de geração de resíduos por bairro são apresentados nas Figura 3 e Apêndice D.

Figura 3 - Produção de resíduos por bairro



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A análise dos dados de geração de resíduos por bairro revelou padrões importantes que podem orientar o planejamento de uma coleta seletiva mais eficaz. Bairros com maior densidade populacional e concentração de atividades comerciais, por exemplo, apresentaram volumes de resíduos acima da média, enquanto áreas predominantemente residenciais mantiveram uma produção mais estável. Essa variação evidencia a necessidade de adaptar as rotas e frequências de coleta conforme as características de cada região, garantindo eficiência no processo.

### 5.3 Criação de rotas e PEVs

Foi realizado o traçado das rotas principais e das rotas específicas dos coletores de resíduos sólidos em Campina Grande, Paraíba (Apêndice E). Essas rotas foram desenhadas com o objetivo de otimizar o tempo e os recursos operacionais, garantindo a cobertura eficiente dos bairros e áreas com maior produção de resíduos. O traçado levou em consideração fatores como o fluxo de trânsito, a acessibilidade das vias e a proximidade com os PEVs, garantindo que os coletores possam percorrer as rotas de forma mais eficiente.

A fim de organizar melhor as rotas de coleta, a cidade foi dividida em sete zonas, cada uma abrangendo um grupo de bairros e PEVs com características semelhantes em termos de produção de resíduos. A divisão em zonas facilita a logística da coleta seletiva, permitindo que cada área seja atendida de acordo com a demanda específica e o cronograma definido. Essa abordagem também possibilita ajustes mais precisos nas rotas, melhorando a eficiência do processo de coleta e reduzindo custos operacionais.

Como parte do planejamento estratégico para a coleta seletiva em Campina Grande, foram identificados e colocados 191 pontos de entrega voluntária (PEVs) em locais estratégicos da cidade. Esses pontos foram distribuídos levando em consideração critérios como densidade populacional, acessibilidade e proximidade com centros de maior produção de resíduos. A escolha dos locais para os PEVs visou garantir a máxima cobertura e facilidade de acesso para a população, promovendo a coleta eficiente de materiais recicláveis.

Após a definição dos PEVs, foi gerado um mapa de densidade Kernel para analisar a concentração dos pontos e as áreas de influência que eles abrangem. Essa técnica de análise espacial permitiu uma visualização clara das zonas de maior e menor cobertura, ajudando a identificar possíveis áreas que necessitam de ajustes na localização dos PEVs. O mapa Kernel (Apêndice F), revelou com precisão as áreas que possuem maior concentração de PEVs e as zonas de influência nos bairros e locais de coleta, proporcionando uma base sólida para otimizar a distribuição futura desses pontos e garantir maior eficiência no sistema de coleta seletiva. Assim, após os resíduos serem coletados e destinados à central de triagem, proposta na metodologia, eles passarão por um processo de separação de acordo com o tipo de material. Essa triagem eficiente permitirá que resíduos como papel, plástico, vidro e metais sejam

separados, compactados e preparados para posterior envio a empresas recicladoras ou cooperativas especializadas em cada tipo de material.

O processo de separação também contribuirá para a redução do impacto ambiental, já que a triagem correta diminui o volume de resíduos que seriam destinados ao aterro sanitário, prolongando sua vida útil. Além disso, a reutilização dos materiais recicláveis proporcionará benefícios econômicos para o município e as cooperativas parceiras, promovendo um ciclo sustentável de manejo de resíduos sólidos.

A implantação dessa central de triagem permitirá que o município atenda de forma mais eficiente às demandas da coleta seletiva e apoie o desenvolvimento de uma economia circular, onde os resíduos se transformam em novos recursos, evitando o desperdício e promovendo a sustentabilidade.

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo reafirma o papel estratégico do geoprocessamento como uma ferramenta essencial para aprimorar a gestão de resíduos sólidos, ao oferecer uma visão espacial detalhada que fundamenta a tomada de decisões e auxilia no desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes. A análise espacial possibilitou a identificação de áreas críticas de geração de resíduos e a otimização da logística de coleta, contribuindo para uma utilização mais sustentável dos recursos e para a mitigação de impactos ambientais.

Permite prever tendências na geração de resíduos e antecipar ações para enfrentar futuros desafios. Além disso, o uso de mapas interativos para a visualização dos padrões de geração e deposição de resíduos promove um maior engajamento da sociedade, ao incentivar a transparência e facilitar a conscientização pública sobre a importância da reciclagem e do descarte adequado de materiais.

Dentre as limitações encontradas, destaca-se a dificuldade em acessar dados atualizados e facilmente disponíveis sobre a população dos bairros, bem como a comunicação limitada em relação às informações sob responsabilidade da Prefeitura de Campina Grande e a escassez de literatura especializada nas temáticas abordadas pela pesquisa.

Para estudos futuros, recomenda-se a inclusão da análise da condição socioeconômica dos moradores de cada bairro, visto que a renda possui uma correlação direta com o consumo e, conseqüentemente, com a geração de resíduos, especialmente entre famílias de baixa renda. O aumento no poder de compra impacta diretamente a aquisição de bens básicos, particularmente relacionados à alimentação. Além disso, há uma necessidade de investimentos contínuos em tecnologias e capacitação técnica para maximizar o potencial do geoprocessamento na gestão ambiental.

Em síntese, os resultados obtidos indicam que a incorporação do geoprocessamento, aliada a políticas ambientais integradas, representa um caminho promissor para a construção de cidades mais sustentáveis, com um uso mais eficiente dos recursos naturais e menor impacto ecológico.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **“Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”**. ABRELPE (2022) (2023).

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual orientativo sobre a norma de referência nº 1/ANA/2021: cobrança pela prestação do serviço público de manejo de resíduos sólidos urbanos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 20 Ago. 2024.

AMARAL, F. E. DO; CIRILO, J. A.; RIBEIRO NETO, A. Uso de técnicas de geoprocessamento na otimização do traçado de sistemas adutores de abastecimento de água com a utilização de uma base de dados de alta definição. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 381–391, mar. 2020.

BAYER, N. M.; URANGA, P. R. R.; FOCHEZATTO, A. **A curva ambiental de Kuznets na produção de resíduos sólidos domiciliares nos municípios brasileiros, 2011-2015**. *Economia e Sociedade*, v. 31, p. 129–142, 4 abr. 2022.

BEZERRA, João Paulo Peres; LEAL, Antonio Cezar; NUNES, Rafael Silva. Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) na análise do entorno de aterros sanitários e a Democratização / Inclusão Geotecnológica. **Revista Científica "ANAP Brasil"**, [S. l.], v. 13, n. 31, 2020. DOI: 10.17271/19843240133120202622. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap\\_brasil/article/view/2622](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/2622). Acesso em: 26 out. 2024.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

DAMASCENO, J. (Org.). **Geotecnologias livres nos estudos multidisciplinares**. 1. ed. Campina Grande: EPTEC, 2021. *E-book*.

DE ALMEIDA, J. N.; DOS SANTOS, F. K. S. A produção de uma cidade média no interior do Nordeste: temporalidades e espacialidades em Campina Grande – PB. **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 88, p. 287–299, 4 ago. 2022.

FERREIRA, M. V.; DIJKSTRA, G.; SCHOLTEN, P.; SUCOZHAÑAY, D. The effectiveness of inter-municipal cooperation for integrated sustainable waste management: A case study in Ecuador. **Waste Management**, v. 150, p. 208–217, 2022.

FREITAS, T. G. DE et al. Participação social na coleta seletiva solidária: estudo de caso de uma instituição federal de ensino superior no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 553–573, 2020.

GALAVOTE, T. et al. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos Assessment of the effect of strengthening selective collection in the municipal solid waste management costs licenciado sob uma Licença Creative Commons. [s.d.].

GOOGLE(2024). **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>.

IBGE (2024). **População do Município de Campina Grande/PB, no último Censo. 2022**. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/coxim/panorama>. Acesso em: 20 Ago. 2024.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. 6. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

LEAL, T. L. M.; SAMPAIO, R. J. Solid waste management: The case of the sustainable development consortium of alto sertão in Bahia. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, p. 1–13, 2019. Recuperado em 09 de março, 2021 de <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.E20180123>.

MAGDA, E. et al. Arranjos Regionais para a disposição final de resíduos sólidos: estudo de caso do Estado da Paraíba. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, 1 jan. 2024.

RAPADA, M. et al. **Impact of online-based information and interaction to proenvironmental behavior on plastic pollution**. v. 9, p. 100126–100126, 1 jun. 2023.

MARQUESINE, M.; FELIPETTO, S.; MERHY, L. Geoprocessamento aplicado à análise de viabilidade para a concepção de um parque agrário no município de Pato Branco – PR. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 12, n. 2, p. 324–324, 31 maio 2023.

NUNES, Antônio José Ribeiro. **O uso do geoprocessamento: sistema de informações geográficas na mineração**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 06, Vol. 03, pp. 165-178. Junho de 2022. ISSN: 2448-0959, Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/geoprocessamento>. Acesso em: 20 Ago. 2024.

**Serviços Urbanos – Observatório de Campina Grande**. Disponível em: <https://observa.campinagrande.br/index.php/servicos-urbanos/>. Acesso em: 20 set. 2024.

OLIVEIRA, E. O uso de ferramentas de geoprocessamento de imagens para análise da morfologia da praia de Balneário Piçarras- Santa Catarina. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, p. 174–180, 5 nov. 2020.

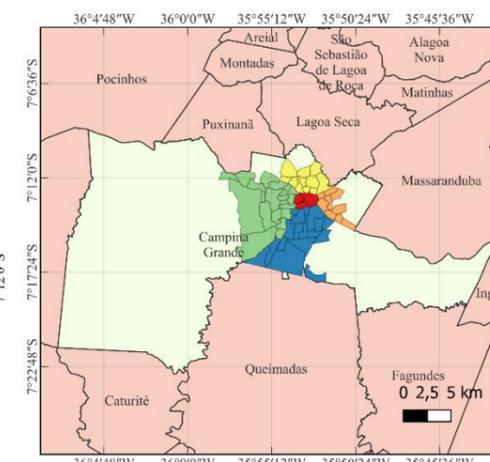
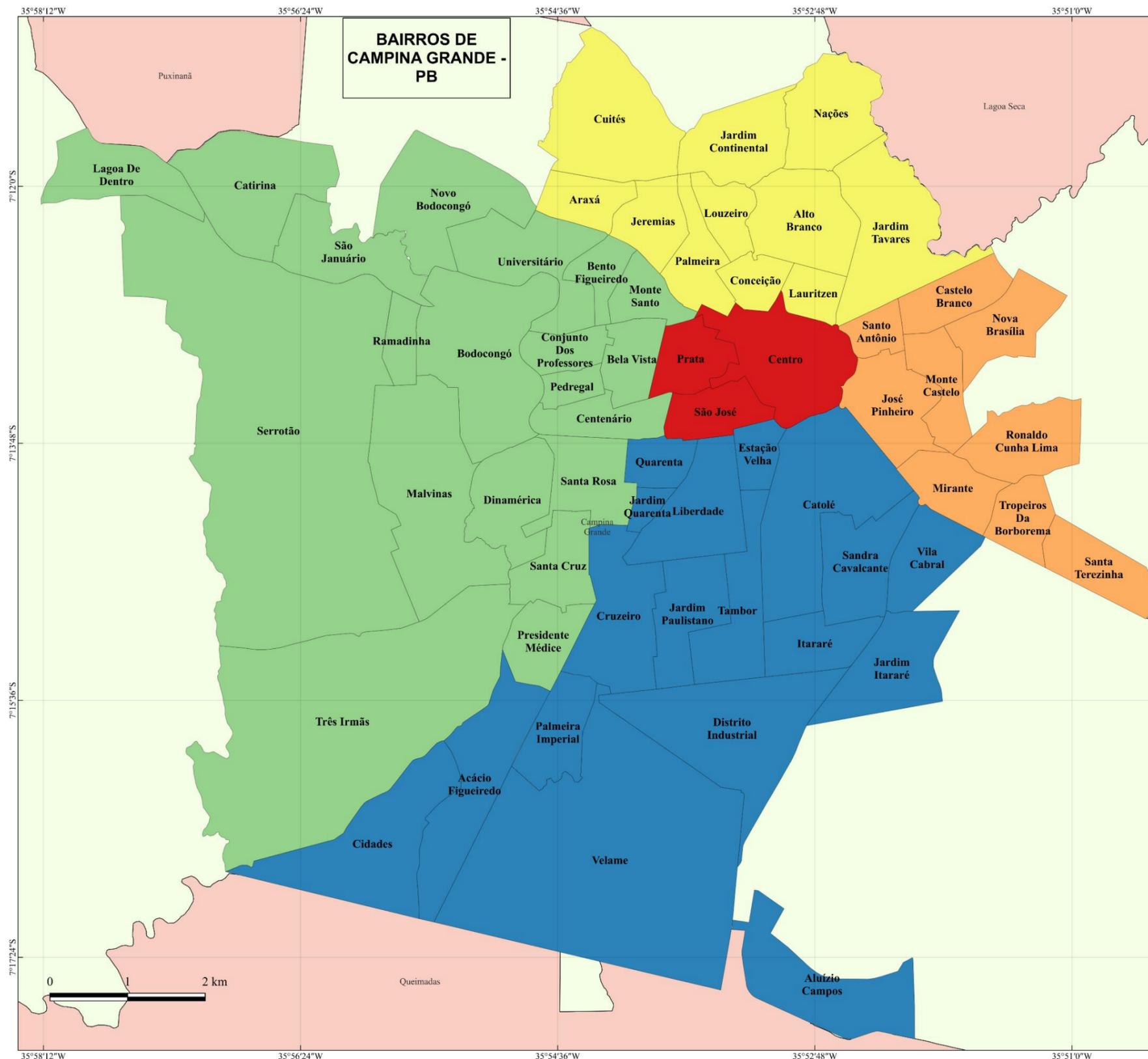
RIBEIRO, J. O uso do geoprocessamento: sistema de informação geográfica na mineração. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 6, p. 1230–1241, 30 jun. 2022.

SANTOS, P. H. N.; CRUZ, M. G. DA; SANTOS, F. W. F. DA S. Ciência da cidade e planejamento urbano: geoprocessamento enquanto instrumento do planejamento estratégico municipal. **Geopauta**, v. 6, p. e9180, 15 abr. 2022.

SNIS. **Série Histórica. Recuperado em 09 de janeiro, 2021 de Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento**. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 22 Ago. 2024.

**World Population Clock: 7.8 Billion People (2024) - Worldometer.** Disponível em: <https://www.worldometers.info/world-population>. Acesso em: 20 Ago. 2024.

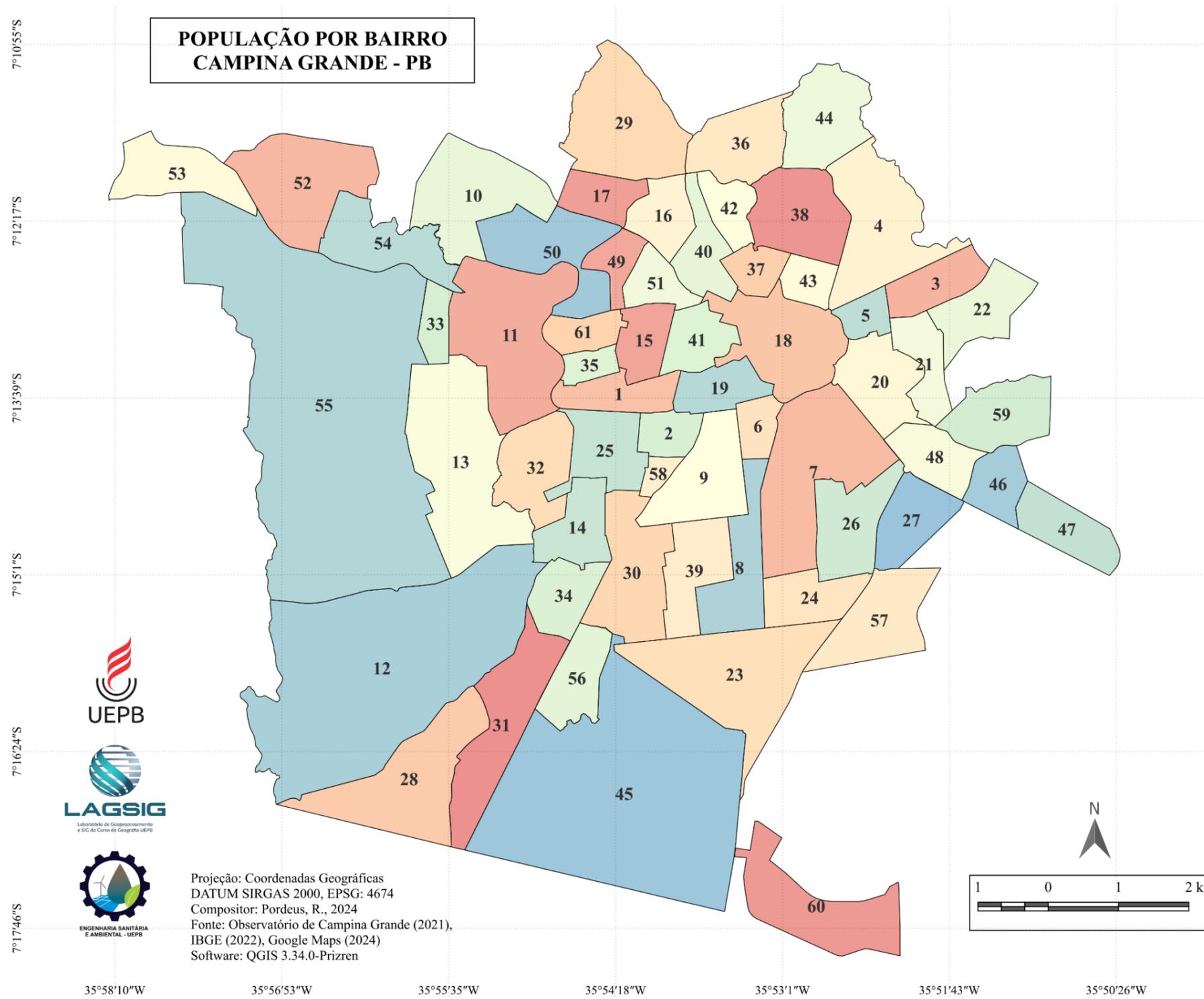
**APÊNDICE A – BAIRROS DE CAMPINA GRANDE-PB**



Projeção Coordenadas Geográficas  
 DATUM SIRGAS 2000, EPSG 4674  
 Compositor: Pordeus,R.,2024  
 Fonte: Observatório de Campina Grande  
 (2021)  
 IBGE (2022)  
 Software: QGIS 3.34.0-Prizren

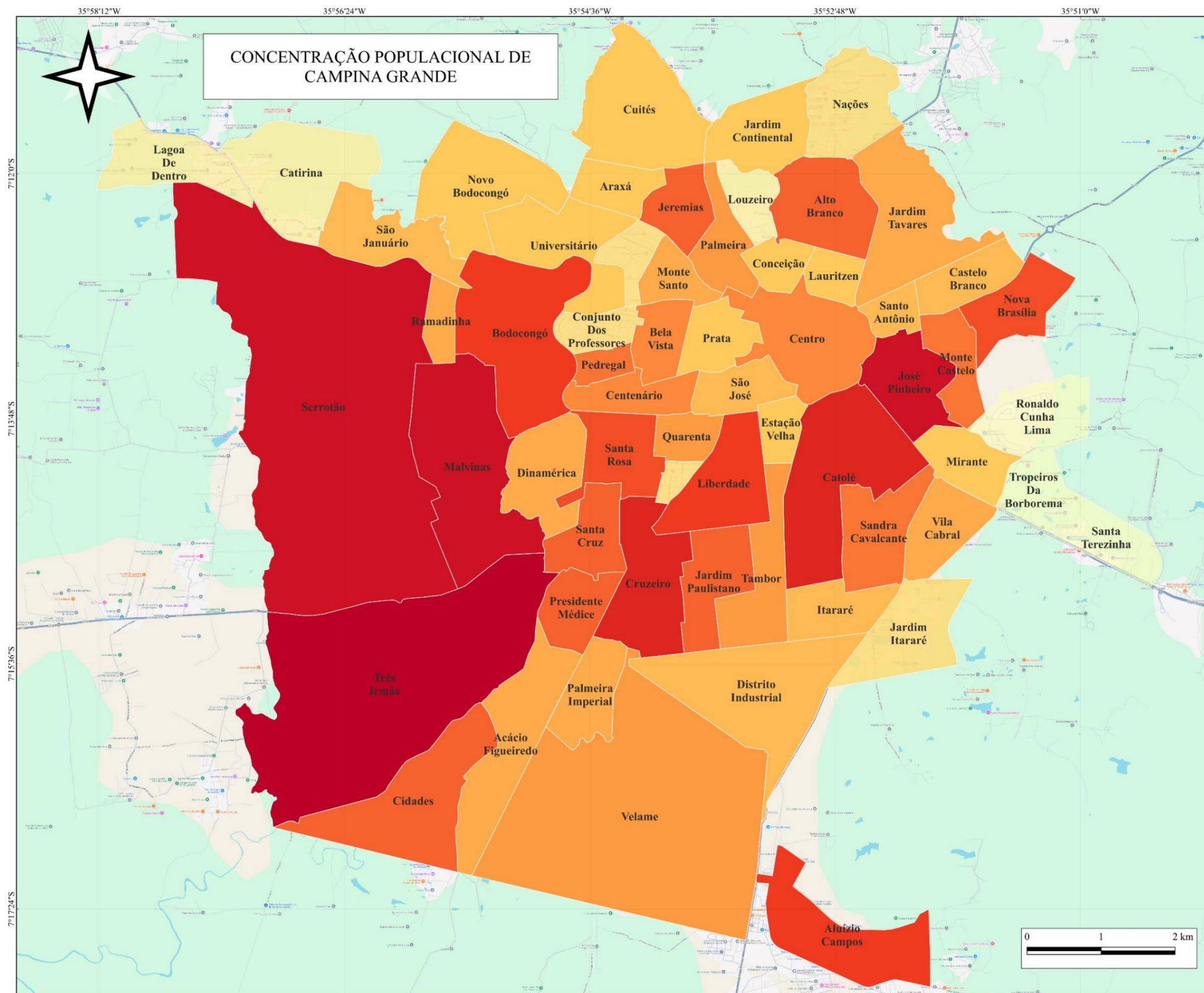


APÊNDICE B – POPULAÇÃO POR BAIRRO



ID Bairro	2022
31 Acácio Figueiredo	4607
38 Alto Branco	8358
60 Aluizio Campos	12155
17 Araxá	2398
15 Bela Vista	6040
49 Bento Figueiredo	1580
11 Bodocongó	14236
3 Castelo Branco	3038
52 Catirina	950
7 Catolé	20407
1 Centenário	6049
18 Centro	6175
28 Cidades	8122
37 Conceição	2627
61 Conjunto Dos Professores	1808
30 Cruzeiro	16064
29 Cuités	2261
32 Dinamérica	4777
23 Distrito Industrial	2973
6 Estação Velha	2824
24 Itararé	3713
36 Jardim Continental	2282
57 Jardim Itararé	1296
39 Jardim Paulistano	8094
58 Jardim Quarenta	1455
4 Jardim Tavares	4802
16 Jeremias	8599
20 José Pinheiro	23746
53 Lagoa De Dentro	900
43 Lauritzen	2701
9 Liberdade	12599
42 Louzeiro	1145
13 Malvinas	27843
48 Mirante	2199
21 Monte Castelo	6750
51 Monte Santo	4158
44 Nações	1689
22 Nova Brasília	10340
10 Novo Bodocongó	2536
40 Palmeira	5553
56 Palmeira Imperial	4528
35 Pedregal	7200
41 Prata	2442
34 Presidente Médice	8203
2 Quarenta	5703
33 Ramadinha	4678
59 Ronaldo Cunha Lima	736
26 Sandra Cavalcante	6494
14 Santa Cruz	8416
25 Santa Rosa	9436
47 Santa Terezinha	527
5 Santo Antônio	3215
54 São Januário	3521
19 São José	3164
55 Serrotão	24414
8 Tambor	5503
12 Três Irmãs	33251
46 Tropeiros Da Borborema	665
50 Universitário	2436
45 Velame	5399
27 Vila Cabral	4583

### APÊNDICE C – CONCENTRAÇÃO POPULACIONAL



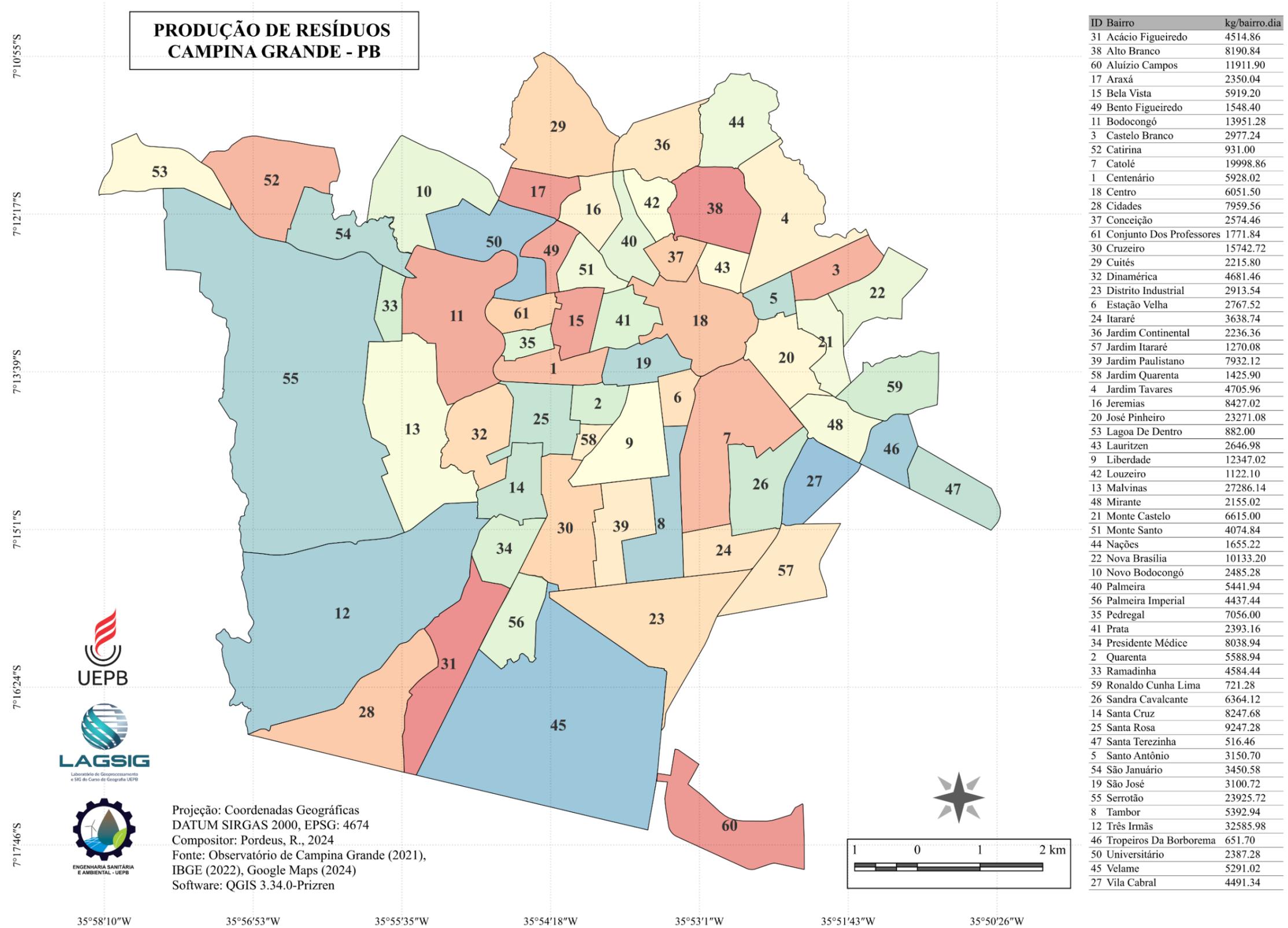
Projeção  
 Coordenadas Geográficas  
 DATUM SIRGAS 2000, EPSG 4674  
 Compositor: Pordeus,R.,2024  
 Fonte: Observatório de Campina Grande (2021)  
 IBGE (2022)  
 Software: QGIS 3.34.0-Prizren

**Legenda**

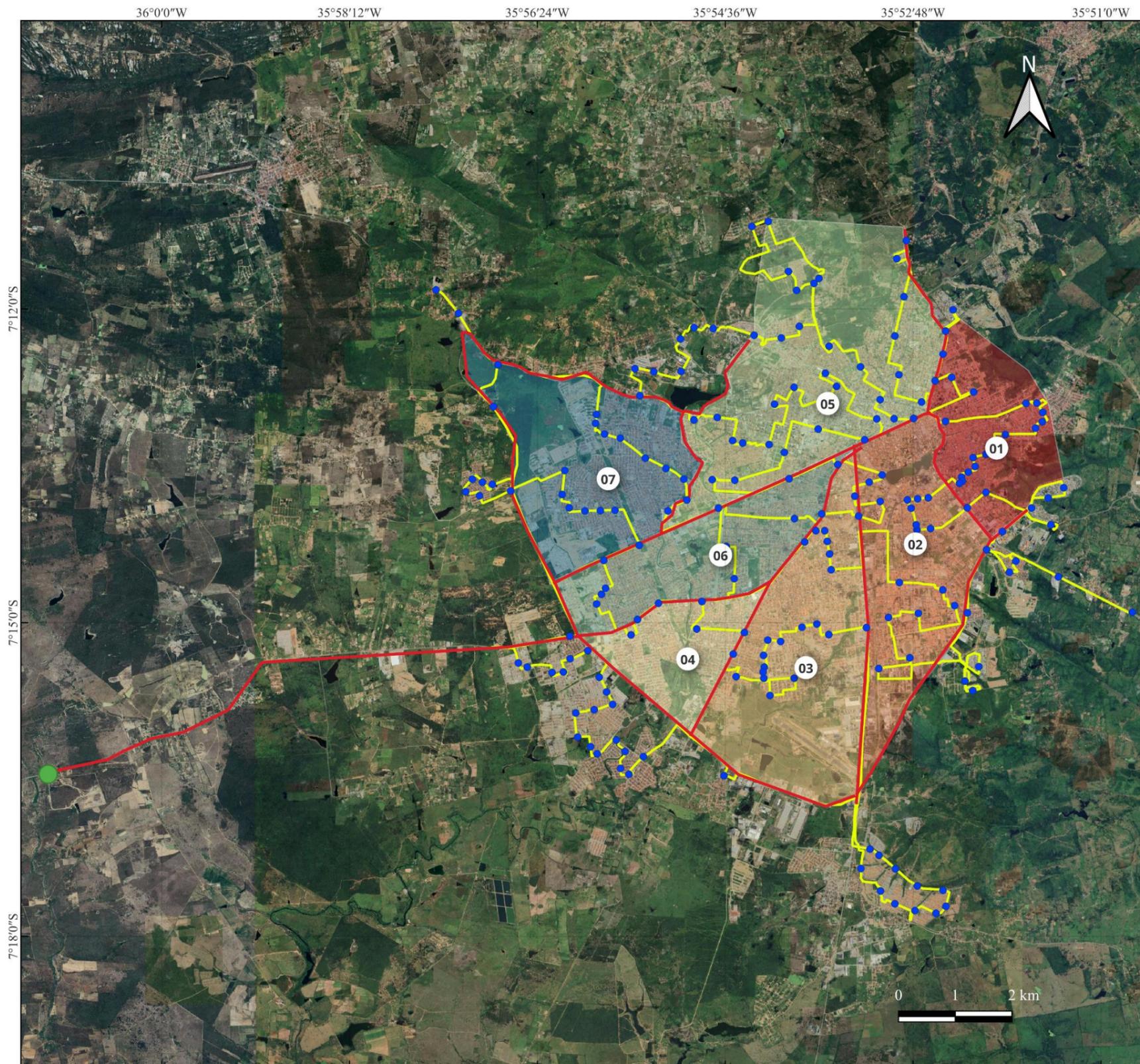
527 - 736	6176 - 7200
737 - 1145	7201 - 8599
1146 - 1808	8600 - 10340
1809 - 2824	10341 - 14236
2825 - 3713	14237 - 20407
3714 - 4802	20408 - 27843
4803 - 5703	27844 - 33251
5704 - 6175	



APÊNDICE D – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS *PER CAPITA*



APÊNDICE E – ROTAS DO PERÍMETRO URBANO



**Pontos de Coleta na cidade de Campina Grande-PB**

Projeção: Coordenadas Geográficas  
 DATUM SIRGAS 2000, EPSG: 4674  
 Compositor: Richard Pordeus, 2024  
 Fonte: Observatório de Campina Grande (2021),  
 IBGE (2022), Google Earth Pro (2024)  
 Software: QGIS 3.34.0-Prizren

**Legenda**

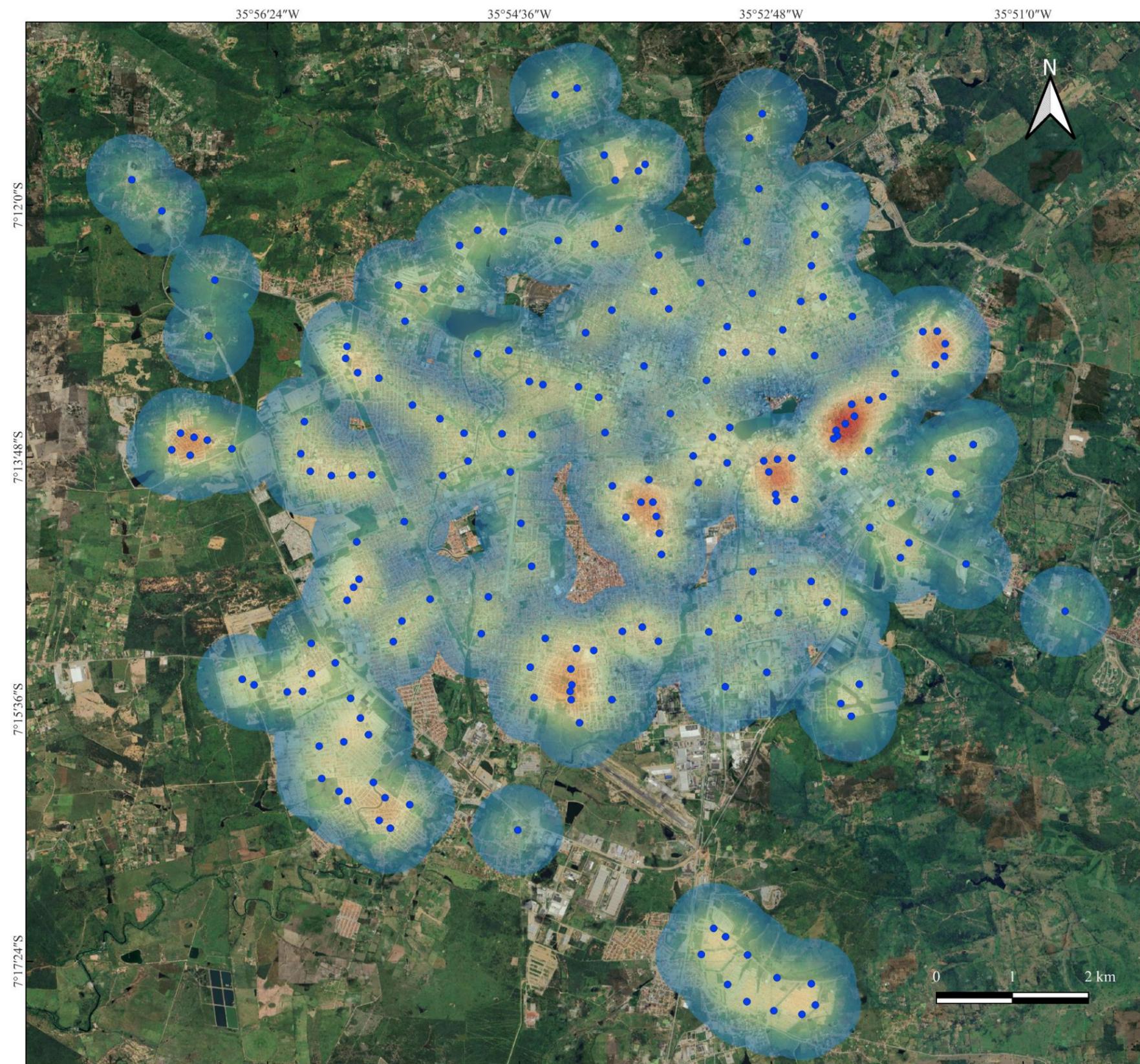
- Destino Final
- PEVs (Pontos de coleta Voluntário)
- Rota de acesso principal
- Rota Coletores

**Zonas**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



## APÊNDICE F – PEV'S



### Pontos de Coleta e suas zonas de influência na cidade de Campina Grande-PB

Projeção: Coordenadas Geográficas  
 DATUM SIRGAS 2000, EPSG: 4674  
 Compositor: Pordeus, R., 2024  
 Fonte: Observatório de Campina Grande (2021),  
 IBGE (2022), Google Satellite (2024)  
 Software: QGIS 3.34.0-Prizren

#### Legenda

- PEVs (Pontos de Entrega Voluntário)
- Concentração de Pontos
- ≤ 1,0483
- 1,0483 - 2,0967
- 2,0967 - 3,1450
- 3,1450 - 4,1934
- > 4,1934
- Google Satellite

