



**UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**



Automatização dos Serviços de Coleta Domiciliar com o QGIS e Python

**Relatório Técnico relativo ao Trabalho de Conclusão Curso
do Bacharelado em Sistemas de Informação na modalidade Empresa**

Aluno

Artillis Henrique Mendes do Prado

Orientador

Victor Wanderley Costa de Medeiros
Departamento de Estatística e Informática (DEINFO)

25 de outubro de 2024

Artillis Henrique Mendes do Prado

Automatização dos Serviços de Coleta Domiciliar com o QGIS e Python

Relatório Técnico apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Estatística e Informática

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Victor Wanderley Costa de Medeiros

Recife

Outubro de 2024

Resumo

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta inovadora para monitoramento dos serviços de coleta domiciliar na cidade do Recife, Brasil, utilizando QGIS e Python. O objetivo principal é otimizar o gerenciamento das operações do CCO (Centro de Controle Operacional) que atua na Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana, permitindo o acompanhamento dos veículos de coleta e a análise detalhada de suas rotas. A plataforma desenvolvida coleta e processa dados geoespaciais, fornecendo informações precisas e imediatas sobre o percurso dos caminhões, gerando relatórios que auxiliam na gestão do serviço. Com a integração dessas tecnologias, a ferramenta oferece funcionalidades como a identificação de trechos não atendidos, análise do tempo de atendimento por setor e avaliação da produtividade dos veículos. Os relatórios gerados permitem uma visão ampla da eficiência das operações, facilitando a tomada de decisões estratégicas, como ajustes nas rotas e realocação de veículos mais produtivos. A ferramenta também possibilita filtrar dados por velocidade e tolerância de distância, o que ajuda a verificar se os caminhões seguiram as rotas planejadas. A implementação desta solução traz benefícios significativos para a gestão pública, como maior controle operacional, precisão nos dados e transparência nas ações de coleta de resíduos. Ao gerar informações em tempo real e resultados rápidos, a ferramenta contribui para a eficiência das operações e a melhoria contínua dos serviços, além de promover uma administração mais eficiente e baseada em dados. Dessa forma, o sistema desenvolvido ajuda a tornar o processo de coleta de resíduos mais ágil e sustentável.*

Palavras-chave: Geoprocessamento, Python, QGIS, Plugin, Coleta de Resíduos.

Abstract. *This work describes the development of an innovative tool for monitoring household waste collection services in the city of Recife, Brazil, using QGIS and Python. The main objective is to optimize the management of the Operational Control Center (CCO) of TPF, which operates within Emlurb, allowing for better monitoring of collection operations and analysis of vehicle routes. The developed platform collects and processes geospatial data, providing accurate and timely information about the trucks' paths and generating reports that assist in service management. By integrating these technologies, the tool offers features such as identifying unserved areas, analyzing response times by sector, and evaluating vehicle productivity. The generated reports provide a comprehensive view of operational efficiency, facilitating strategic decision-making, including route adjustments and the reallocation of more productive vehicles. Additionally, the tool allows filtering data by speed and distance tolerance, helping to verify whether the trucks adhered to their planned routes. Implementing this solution yields significant benefits for public management, including enhanced operational control, data accuracy, and transparency in waste collection activities. By generating real-time information and rapid results, the tool contributes to the efficiency of operations and the continuous improvement of services, fostering a more effective and data-driven administration. Thus, the developed system helps streamline the waste collection process, making it more agile and sustainable.*

Keywords: Geoprocessing, Python, QGIS, Plugin, Waste Collection.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Problema e solução proposta	2
2	A empresa e sua atuação	3
3	Desenvolvimento realizado na empresa	4
3.1	A problemática e a solução proposta	4
3.2	Tecnologias utilizadas	5
3.2.1	SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS	6
3.2.2	QGIS	6
3.2.3	CAMADA VETORIAL	6
3.2.4	API de Rastreo	9
3.2.5	Desenvolvimento da aplicação	11
3.2.6	PLUGIN	14
3.3	Contribuição	15
4	Dificuldades encontradas	16
5	Impactos da sua formação no seu trabalho	16
6	Conclusão	17

1 Introdução

Este trabalho desenvolve um plugin que integra a linguagem de programação Python com o QGIS, utilizando a estrutura de mapas. Essa integração permite a análise detalhada da passagem de veículos dentro de um raio de distância específico de cada trecho, facilitando o monitoramento e a gestão das operações de coleta. O QGIS é uma ferramenta poderosa de Geoprocessamento, amplamente utilizada para a manipulação, análise e visualização de dados geográficos, sendo reconhecido por sua versatilidade e acessibilidade.

A linguagem Python, que é a principal adotada pelo QGIS, possibilita a extensão das funcionalidades do software através do desenvolvimento de novas ferramentas ou plugins. Essa capacidade de personalização é fundamental, pois permite que os usuários adaptem a plataforma às suas necessidades específicas. Além disso, o Python permite a execução de *scripts* diretamente no QGIS, proporcionando uma flexibilidade significativa na manipulação de dados.

Através de *scripts* em Python, é possível automatizar processos rotineiros que, de outra forma, seriam manuais e, portanto, suscetíveis a erros. Por exemplo, a importação de conjuntos de dados, a realização de análises complexas e a geração de visualizações personalizadas podem ser feitas de forma mais eficiente. Essa automação não apenas economiza tempo valioso, mas também assegura consistência nos procedimentos, reduzindo significativamente a margem de erro humano.

Além dos benefícios práticos associados à automação, o QGIS se destaca por oferecer uma vasta gama de documentação e recursos voltados para a programação em Python. Essa plataforma não apenas disponibiliza tutoriais abrangentes e exemplos de código, mas também conta com uma comunidade ativa de usuários e desenvolvedores que compartilham conhecimentos e melhores práticas. Essa rede colaborativa e acessível facilita o aprendizado para novos usuários, permitindo que se familiarizem rapidamente com as funcionalidades do QGIS.

A combinação do QGIS com Python não apenas expande as possibilidades de análise geoespacial, mas também melhora a eficiência e a precisão na gestão de dados, promovendo uma abordagem mais informada e estratégica na tomada de decisões relacionadas ao transporte e à coleta de resíduos. A implementação deste *plugin* representa um passo significativo em direção à otimização das operações de coleta domiciliar, contribuindo para a melhoria contínua dos serviços prestados à comunidade.

1.1 Contexto

A Empresa TPF Engenharia possui um contrato com a Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), que conta com um time atuando no Centro de Controle Operacional (CCO) que vem desempenhando um papel fundamental na gestão de 31 serviços essenciais para a cidade do Recife. Atendendo uma média de 1.49 milhões de pessoas, esse time monitora diariamente uma extensa rede de mais de 2.700 quilômetros de ruas, utilizando tecnologia avançada para rastrear mais de 200 veículos e coordenar mais de 2.000 profissionais. Esse esforço abrangente inclui a coleta diária de impressionantes 2.000 toneladas de resíduos, distribuídas entre serviços como coleta domiciliar, varrição manual e mecanizada, lavagem, coleta seletiva, coleta moto-triciclo, coleta

manual, coleta satélite e coleta de volumosos. A equipe enfrenta o desafio significativo de processar grandes volumes de dados diariamente, que incluem informações de monitoramento de veículos, padrões de rotas, horários de atendimento, condições de tráfego e desempenho operacional. Esses dados, em grande parte dinâmicos e em tempo real, exigem um processamento ágil e preciso, essencial para a tomada de decisões estratégicas e operacionais. A natureza desses dados envolve tanto variáveis estruturadas, como horários e trajetos, quanto variáveis não estruturadas, como relatórios de incidentes, tornando a gestão dessas informações crucial para garantir a execução eficiente e contínua das operações.

O comprometimento da TPF Engenharia com a Emlurb em manter a qualidade e eficiência nos serviços urbanos destaca-se pela magnitude das operações diárias e pela responsabilidade contínua de monitorar e aprimorar esses serviços. Enfrentando desafios significativos ao lidar com a coleta diária de resíduos, varrição de ruas e diversos outros serviços, a equipe do CCO se depara com a complexa tarefa de interpretar os dados provenientes dessas operações. Assegurar o processamento eficaz dessas informações, capacitar a equipe a analisar as rotas dos veículos e o atendimento realizado, permitindo decisões ágeis diante de eventos inesperados e garantindo a qualidade dos serviços prestados à comunidade.

1.2 Problema e solução proposta

A coleta domiciliar é o processo de recolhimento diário dos resíduos gerados nas residências, abrangendo praticamente todo o lixo que as pessoas produzem no dia a dia. Esse serviço é realizado em diferentes horários, tanto durante o dia quanto à noite, sendo contínuo em várias regiões da cidade. O planejamento da coleta é feito em conjunto pela prefeitura, empresas responsáveis pela limpeza urbana e consultorias, como a TPF. A cidade é dividida em setores, que são posteriormente subdivididos em geo-trechos, pequenos segmentos de ruas de 50 a 100 metros, utilizados para monitorar se a coleta foi realizada corretamente em cada área. A frequência da coleta em cada trecho depende da demanda de resíduos, podendo ocorrer uma ou duas vezes ao dia, conforme a necessidade de cada local.

Antes, era feito usando Excel e VBA, que eram ferramentas de análise de dados e programação. Essa era uma solução possível, mas muito custosa em termos de tempo e recursos. O uso dessas ferramentas demandava um alto tempo de processamento (cerca de 4 horas, dependendo do serviço), dificultava a manutenção do código e travava a máquina durante a execução, impedindo o uso de outros programas e afetando a produtividade da equipe. Além disso, parte do processo era feito de forma manual, o que aumentava o risco de erros e reduzia a confiabilidade dos dados. A falta de uma lógica de monitoramento adequada à questão de passagem de rastreamento em locais ou de cruzamento de pontos de controle em relação às vias também comprometia a eficácia e a precisão dos resultados. Esses problemas geraram a necessidade de uma grande mobilização de pessoas e causaram frustração quando o código não funcionava corretamente.

A solução proposta para superar os desafios apresentados envolve a implementação de uma plataforma de monitoramento baseada no QGIS, juntamente com o desenvolvimento de um Plugin customizado. Optou-se pelo QGIS devido à sua natureza de software livre com código aberto, permitindo a implementação de rotinas de processamento de informações por meio da linguagem de

programação Python. A escolha por um Plugin torna a solução altamente escalável, possibilitando a execução da rotina em qualquer máquina que tenha o QGIS instalado. Essa abordagem não apenas elimina as limitações associadas ao uso do Excel e VBA, mas também agiliza significativamente o tempo de processamento. A lógica de monitoramento foi projetada para ser aderente à passagem de rastreamento em locais e ao cruzamento de pontos de controle em relação às vias. O QGIS, por sua flexibilidade, permite realizar tarefas que anteriormente exigiam códigos extensos com um simples comando, resultando em ganhos substanciais de eficiência e tempo de processamento.

2 A empresa e sua atuação

A TPF Engenharia é uma empresa multinacional de engenharia consultiva, que atua no Brasil há mais de 55 anos. Ela faz parte do Grupo TPF, que opera em 60 países nos 5 continentes. A TPF Engenharia oferece serviços de projetos, consultoria, gerenciamento, supervisão e fiscalização em diversas áreas, como infraestrutura, energia, saneamento, meio ambiente, edificações e indústria. Com uma equipe qualificada e experiente, a empresa busca soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios de seus clientes, sempre respeitando os princípios éticos e as normas técnicas. A TPF Engenharia é reconhecida como uma das melhores empresas para se trabalhar no Brasil, segundo o ranking *Great Place To Work*.

A TPF participou de projetos importantes e desafiadores no Brasil, como a construção da Arena Pernambuco, um dos estádios da Copa do Mundo de 2014, a implantação do Sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) em Maceió, a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Rio Doce após o rompimento da barragem de Mariana, e a supervisão das obras de ampliação e modernização do Aeroporto Internacional de Guarulhos. A empresa também se destaca por sua atuação social e ambiental, apoiando projetos de educação, cultura, esporte e sustentabilidade.

Ingressei na empresa em Janeiro de 2023, onde atuo no ambiente corporativo como estagiário em desenvolvedor de software no setor de desenvolvimento de sistemas, trabalho com a criação e manutenção de *scripts* em Python auxiliando os setores de projetos, financeiro, logístico e a equipe da TPF da produção como o centro de controle operacional (CCO) que atua dentro da Emlurb.

Além disso, a participação em projetos estratégicos me permitiu a criação de plugins utilizando .NET CSharp e Civil 3D. Este projeto exigiu um trabalho colaborativo intenso, onde foram realizadas reuniões com a equipe de projetos para entender suas necessidades específicas. O desenvolvimento do plugin envolveu desde o levantamento de requisitos até a implementação e testes finais. O resultado foi uma ferramenta que facilitou o fluxo de trabalho dos colaboradores na área de projetos, aumentando significativamente sua produtividade.

Durante meu histórico como integrante da equipe de desenvolvimento de Sistemas, pude experienciar e desempenhar diversas atividades que englobam a criação e otimização de soluções tecnológicas. Esse processo inclui desde a idealização do produto até a implementação e monitoramento das operações. Seguindo uma linha lógica de desenvolvimento, ocupei tarefas como a análise de requisitos, a construção de algoritmos e a implementação de funcionalidades; a documentação de manuais de usuário e relatórios técnicos; a comunicação com equipes multidisciplinares para alinhar objetivos; a configuração de ambientes de desenvolvimento e produção; além de pesquisas e estudos para a evolução das ferramentas utilizadas na área.

3 Desenvolvimento realizado na empresa

Esta seção visa detalhar a problemática do projeto e solução proposta, além das tecnologias utilizadas e como se integram bem como a contribuição real do projeto para a Emlurb.

3.1 A problemática e a solução proposta

O time da TPF que atua no CCO na Emlurb, empresa responsável pela coleta domiciliar de lixo no Recife, enfrentava alguns desafios no monitoramento de suas atividades. O sistema anterior, baseado em Excel e VBA, realizava uma sequência de passos que levava um tempo de 4h para concluir, sem levar em consideração problemas em alguma etapa durante o processamento ou queda de internet. Isso significava que a equipe precisava esperar muito tempo para obter os resultados do monitoramento o que gerava frustração e desmotivação e afetava a qualidade do trabalho. Além disso, quando o sistema dava algum erro, a equipe precisava comunicar alguém com o conhecimento de Excel e VBA para identificar o problema e corrigir. Os dados eram inseridos manualmente em planilhas, o que aumentava a possibilidade de erros. Isso afeta a confiabilidade dos resultados do monitoramento, e pode levar a decisões equivocadas.



Figura 1: Principais dificuldades na automatização de Fluxos usando VBA no Excel

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Este trabalho apresenta uma solução inovadora para o monitoramento de serviços da coleta domiciliar, utilizando o software QGIS como plataforma principal. A proposta inclui o desenvolvimento de um plugin escalável e acessível em qualquer máquina que possua o QGIS instalado. A escolha do QGIS é respaldada pelo fato de ser um software livre, eliminando custos associados à sua utilização, e pela flexibilidade proporcionada pelo uso da linguagem Python para a implementação de rotinas.

A lógica de monitoramento adotada visa ser altamente aderente à passagem de rastreamento em locais e ao cruzamento de pontos de controle em relação às vias. O Plugin desenvolvido possibilita a obtenção de indicadores valiosos, como locais não atendidos, horários de atendimento, porcentagem de execução dos setores e equipamentos utilizados. O formato de saída, em arquivo CSV, é facilmente editável e serve como entrada para a produção de relatórios e geração de informações.

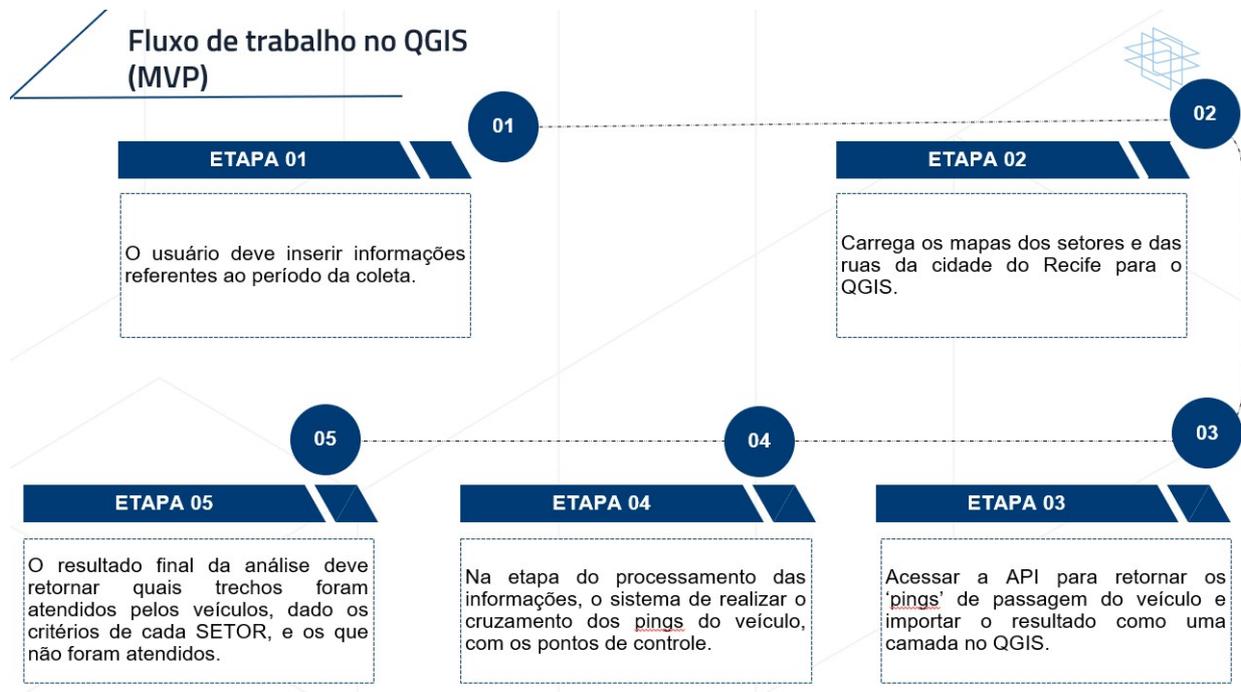


Figura 2: Fluxo de trabalho no QGIS (MVP)
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O processo operacional da solução consiste em um plano executivo para cada serviço, detalhando setores, turnos e frequências definidos. As vias previstas para o serviço são georreferenciadas, proporcionando uma visão completa da localização. O fluxo de trabalho no QGIS segue cinco etapas principais: (1) acessar a API para importar os 'pings' dos veículos e integrá-los como uma camada no QGIS; (2) cada serviço é representado por um shape contendo as principais informações na tabela de atributos; (3) o usuário insere as informações do período de coleta; (4) o sistema cruza os pings com os pontos de controle; (5) a análise final identifica quais trechos foram atendidos e avalia a produtividade dos veículos por setor. A integração com a API da plataforma responsável pelo rastreamento dos equipamentos permite o cruzamento eficiente de informações previstas e observadas.

3.2 Tecnologias utilizadas

Para o desenvolvimento do plugin, foi adotada a integração entre Python e QGIS, para explorar a estrutura de mapas e analisar a passagem de veículos em trechos específicos quando cruzam pontos de rastreamento gerados por uma API da AWS. O QGIS, ferramenta de Geoprocessamento, proporciona recursos avançados para manipulação, análise e visualização de dados geográficos. O Python é a principal linguagem de programação no contexto do QGIS, permitindo o uso de várias funcionalidades do software por meio de código para o desenvolvimento de plugins personalizados.

A escolha da combinação entre Python e QGIS é estratégica por possibilitar que a automação faça processos rotineiros. Essa automação inclui tarefas como a importação de conjuntos de dados, a execução de análises de maneira estratégica e a geração de visualizações personalizadas. Essa abordagem não só economiza tempo, mas também contribui para a consistência dos procedimentos, minimizando potenciais erros humanos nos resultados.

A vasta documentação e recursos para programação em Python com QGIS, incluindo tutoriais, exemplos de código e uma comunidade ativa de usuários e desenvolvedores, reforçam a robustez e suporte contínuo no desenvolvimento desse projeto.

3.2.1 SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS

Segundo Forno e Strieder (2008, p. 29), o SIG é definido como "...um conjunto de hardware + software + pessoal, concebido para permitir a gestão de dados situados no espaço geográfico e a realização de modelagens e análises...". Portanto, a utilização de SIG no monitoramento da coleta domiciliar de resíduos permite não só a localização geográfica dos pontos de coleta, como também o armazenamento, processamento e análise dos dados relacionados à eficiência das rotas, horários de coleta e otimização dos recursos envolvidos no processo.

3.2.2 QGIS

Segundo a página oficial do aplicativo, QGIS é um programa de código aberto e livre, destinado a sistemas de informações geográficas (SIG), que possibilita a visualização, modificação e análise de dados georreferenciados. Optar por este software para a execução do projeto de coleta domiciliar de resíduos traz vários benefícios, tais como ser gratuito, possuir uma política de colaboração e ter relativa simplicidade na criação e aplicação de plugins. Ao invés de desenvolver um software do zero, a programação de um plugin no QGIS traz vantagens consideráveis.

Usando o QGIS como ferramenta de desenvolvimento, podemos tirar proveito da infraestrutura já existente do SIG, como a habilidade de visualização, edição e análise de dados georreferenciados, além de usufruir das funcionalidades já implementadas. Isso leva à economia de tempo e recursos, além de possibilitar uma integração mais eficaz com as ferramentas e funcionalidades do QGIS. Conforme será discutido posteriormente, a ferramenta SIG desenvolvida e implementada como um plugin no QGIS utiliza camadas vetoriais de linha como fonte de dados geográficos para a rede de coleta de resíduos. Entre essas camadas, destaca-se o Shapefile, um formato amplamente utilizado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para armazenar dados geoespaciais. No projeto, o Shapefile de Geo Trecho é utilizado para definir as vias de coleta, enquanto outro Shapefile delimita as áreas atendidas pelos setores. Além disso, uma camada específica representa o Aterro em Candeias, responsável pelo destino final dos resíduos coletados.

3.2.3 CAMADA VETORIAL

Os dados vetoriais são empregados na representação do mundo real em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A camada vetorial utiliza o formato Shapefile, que permite a representação de diferentes tipos de elementos geográficos, como pontos, linhas e polígonos. As camadas vetoriais contêm informações de atributos, usadas para guardar dados relacionados a uma feição. Uma feição representa um objeto geográfico específico, como um edifício, uma estrada ou um corpo d'água. Cada feição é definida por suas coordenadas espaciais, que determinam sua localização no espaço,

e por seus atributos, que são as informações adicionais que descrevem as características dessa feição.

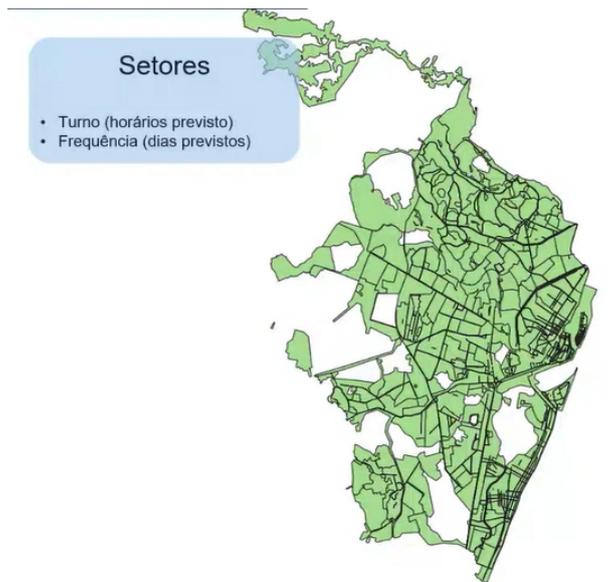


Figura 3: Camada Vetorial de Polígono - Município de Recife
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 4, é ilustrada uma camada vetorial de polígono, cuja forma representa as fronteiras do município de Recife - PE. Nos dados de atributos, é possível identificar o nome da forma e a área do polígono.

Q SETOR_CD_MECANIZADA_REGULAR — Total de feições: 133, Filtro: 133, Selecionado: 0

SETOR	FREQ	TURNO	LOTE	Tipologia	Lote_1	Turno_1	Frequênci	Dom_Inic	Dom_Term	Seg_Inic	Seg_Term	Ter_Inic	Ter_Term	Qua_Inic
1 2512	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
2 2205	SEG-QUA-SEX	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG-QUA-SEX	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
3 2604	DIARIA	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
4 2605	DIARIA	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
5 2501	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
6 2502	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
7 2614	DIARIA	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
8 2506	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
9 2507	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
10 2403	SEG-QUA-SEX	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG-QUA-SEX	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
11 2404	SEG-QUA-SEX	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG-QUA-SEX	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
12 2219	SEG-QUA-SEX	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG-QUA-SEX	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
13 2316	TER-QUI-SAB	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	TER-QUI-SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
14 2307	TER-QUI-SAB	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	TER-QUI-SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
15 2112	TER-QUI-SAB	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	TER-QUI-SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
16 2104	TER-QUI-SAB	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	TER-QUI-SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
17 2105	TER-QUI-SAB	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	TER-QUI-SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
18 2610	DIARIA	DIURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	DIURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000	19:20:00.000	08:00:00.000
19 2402	SEG-QUA-SEX	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG-QUA-SEX	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
20 2513	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000
21 2515	DIARIA	NOTURNO	LOTE 02	MECANIZADA	LOTE 02	NOTURNO	SEG à SAB	00:00:00.000	00:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000	09:00:00.000	17:00:00.000

Figura 4: Tabela 1 com as Informações dos Setores - Município de Recife
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Já na figura 4, temos uma tabela que contém as informações que estão vinculadas a camada da figura 3, como o setor, a frequência da coleta, o turno, o lote, a tipologia do serviço — no caso da coleta domiciliar, mecanizada —, além dos horários de início e término do serviço, de Domingo a Sábado.

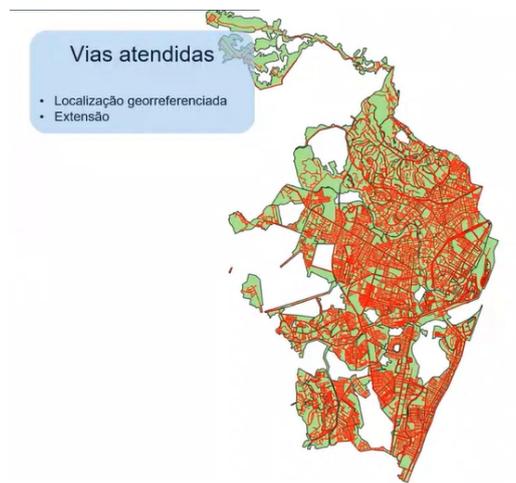


Figura 5: Camada Vetorial de Linha - Vias de Recife
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 5, observa-se uma camada vetorial de linha que mapeia as vias do Recife. A figura destaca um conjunto de vias principais e secundárias que compõem a malha urbana. Essa camada é fundamental para o mapeamento dos serviços de coleta em cada uma das vias da cidade, permitindo a identificação precisa das rotas percorridas pelos veículos. Através dos atributos dos elementos de linha, é possível extrair informações como o nome das vias e suas extensões, o que facilita o gerenciamento das rotas e a distribuição de recursos.

Q GEOTRECHOS_CD_MECANIZADA — Total de feições: 16734, Filtrado: 16734, Selecionado: 0

	Ponto_de_C	Logradouro	N_Referenc	Referencia	Extensao	Destino_Fi	Identifica	Identifi_1	Identifi_2	Identifi_3
1	14525	RUA ALEGRE	0	0	203,994410000000	CTR CANDEIAS	2109	2224	0	0
2	19368	RUA DA REGEN...	0	0	43,891919000000	CTR CANDEIAS	2109	2224	0	0
3	10455	AV. BEBERIBE	0	0	81,497184000000	CTR CANDEIAS	2109	2224	0	0
4	30405	RUA SÃO BEN...	0	0	128,452026000000	CTR CANDEIAS	2109	0	0	0
5	16990	RUA BOMBA D...	0	0	38,394700000000	CTR CANDEIAS	2511	0	0	0
6	30649	RUA SÃO SEB...	0	0	156,780518000000	CTR CANDEIAS	2511	0	0	0
7	19555	RUA DAS CRIA...	0	0	215,042820000000	CTR CANDEIAS	2511	0	0	0
8	12202	AV. NORTE MIG...	0	0	28,078887000000	CTR CANDEIAS	2610	2517	0	0
9	13707	PRC. DA CONCE...	0	0	9,061779000000	CTR CANDEIAS	2612	0	0	0
10	23910	RUA ITAGUATIA...	0	0	80,776383000000	CTR CANDEIAS	2612	0	0	0
11	20359	RUA DOIS DE F...	0	0	31,450939000000	CTR CANDEIAS	2611	0	0	0
12	13575	EST. MORRO D...	0	0	18,333085000000	CTR CANDEIAS	2612	0	0	0
13	15575	RUA ANTÃO NIO...	0	0	130,980248000000	CTR CANDEIAS	2309	0	0	0
14	12727	AV. RUI BARBOSA	0	0	370,239792000000	CTR CANDEIAS	2307	2422	0	0
15	12728	AV. RUI BARBOSA	0	0	54,320475000000	CTR CANDEIAS	2309	0	0	0
16	12729	AV. RUI BARBOSA	0	0	18,416587000000	CTR CANDEIAS	2309	2422	0	0
17	12730	AV. RUI BARBOSA	0	0	116,712406000000	CTR CANDEIAS	2309	0	0	0
18	19738	RUA DEPUTAD...	0	0	272,944972000000	CTR CANDEIAS	2306	2422	0	0

Figura 6: Tabela 2 com os dados dos Trechos
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na figura 6, é exibida uma tabela que está associada a camada da figura anterior, com diversas colunas, sendo as principais a numeração do ponto de controle, que identifica o setor associado à camada de Setor, a extensão (o tamanho de cada trecho), e o destino final de descarregamento dos resíduos dos veículos.

3.2.4 API de Rastreo

Os caminhões de coleta de resíduos estão equipados com tecnologia de rastreamento via satélite e sistemas na nuvem, garantindo monitoramento em tempo real durante 24 horas, tanto em operações diurnas quanto noturnas. Esses veículos registram continuamente sua localização, transmitindo dados que ajudam a coordenar as rotas de coleta de forma eficiente. Ao início do dia, os motoristas recebem informações detalhadas sobre as áreas que devem ser atendidas e os horários programados, otimizando a organização do trabalho. Além disso, o sistema registra os horários de entrada e saída de cada rota, assegurando um controle preciso das operações.

Além disso, a utilização do rastreamento na nuvem possibilita que as equipes do Centro de Controle Operacional consigam monitorar a passagem dos caminhões durante os horários de coleta. Isso significa que, se um caminhão enfrenta um atraso devido a um congestionamento ou a um obstáculo na estrada, a equipe pode rapidamente realocar recursos ou ajustar as rotas para minimizar o impacto na operação.

descricao	placa	data	hora	datetime	longitude	latitude	lote	servico	chamada	velocidade	segundos
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:18:01	01/05/2023 08:18:01 (Hora oficial do Brasil)	-34,945129	-8,152671	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		0 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:25:46	01/05/2023 08:25:46 (Hora oficial do Brasil)	-34,945104	-8,152455	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		11 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:04	01/05/2023 08:26:04 (Hora oficial do Brasil)	-34,945307	-8,152775	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		7 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:10	01/05/2023 08:26:10 (Hora oficial do Brasil)	-34,945219	-8,152832	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		9 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:22	01/05/2023 08:26:22 (Hora oficial do Brasil)	-34,944916	-8,152952	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		12 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:40	01/05/2023 08:26:40 (Hora oficial do Brasil)	-34,944466	-8,152723	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		6 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:43	01/05/2023 08:26:43 (Hora oficial do Brasil)	-34,944428	-8,152689	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		6 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:46	01/05/2023 08:26:46 (Hora oficial do Brasil)	-34,944385	-8,152696	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		6 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:26:55	01/05/2023 08:26:55 (Hora oficial do Brasil)	-34,94435	-8,152713	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		0 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:27:48	01/05/2023 08:27:48 (Hora oficial do Brasil)	-34,94435	-8,152713	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		0 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	08:27:48	01/05/2023 08:27:48 (Hora oficial do Brasil)	-34,94435	-8,152713	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		0 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:14:54	01/05/2023 09:14:54 (Hora oficial do Brasil)	-34,94435	-8,152713	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		0 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:06	01/05/2023 09:18:06 (Hora oficial do Brasil)	-34,944739	-8,152972	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		11 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:15	01/05/2023 09:18:15 (Hora oficial do Brasil)	-34,945	-8,152946	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		10 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:21	01/05/2023 09:18:21 (Hora oficial do Brasil)	-34,945063	-8,152793	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		9 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:27	01/05/2023 09:18:27 (Hora oficial do Brasil)	-34,945161	-8,15272	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		10 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:30	01/05/2023 09:18:30 (Hora oficial do Brasil)	-34,945213	-8,152761	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		7 falso
BWW1C86 CD1903	BWW1C86	01/05/2023 00:00	09:18:33	01/05/2023 09:18:33 (Hora oficial do Brasil)	-34,945224	-8,152794	Lote 2	COLETA DOMICILIAR	rastreo		5 falso

Figura 7: Demonstração da tabela com dados de rastreo no QGIS
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Antes da disponibilização da API, a geração de relatórios era realizada de forma manual através de um sistema externo utilizado pelo órgão público. O usuário acessava a área de relatórios e precisava fornecer uma série de parâmetros, como data e hora do evento, tipo de veículo (caminhão compactador), tipo de serviço (coleta domiciliar), rótulos, veículos específicos, camada de referência, raio de alcance e velocidade. Como pode ser visto na figura 7. Com esses filtros, era possível gerar relatórios contendo informações como o identificador RD, veículo, local, data, raio de alcance e velocidade registrada. No entanto, esse processo era totalmente dependente da interface do usuário, exigindo o preenchimento manual de cada parâmetro, o que tornava a geração de relatórios morosa e limitava a flexibilidade.

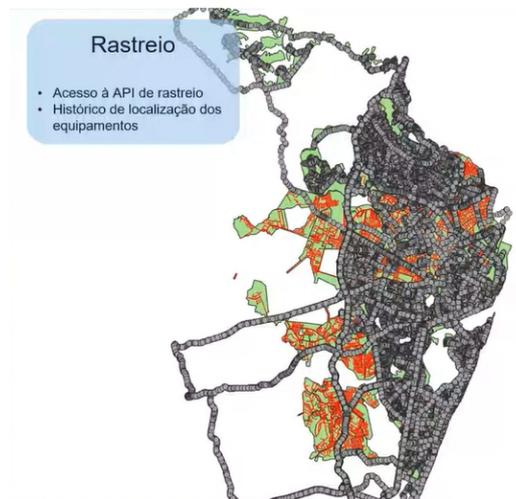


Figura 8: Demonstração de pontos de rastreamento da API no QGIS
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O time do Centro de Controle Operacional, após conversas produtivas com a equipe externa, conseguiu um acesso a API que facilita a integração das informações. Agora, por meio dessa API, é possível realizar requisições HTTP em Python, utilizando bibliotecas como requests para consultar dados operacionais dos veículos de coleta de resíduos. Ao realizar uma requisição, a API retorna uma série de informações estruturadas em formato JSON, incluindo a descrição do veículo (placa), numeração de serviço, data, hora e datetimestamp do evento, bem como as coordenadas geográficas (longitude e latitude), lote, serviço, status da chamada, velocidade do veículo e tempo decorrido em segundos. Essas informações são suficientes para obter um relatório detalhado no QGIS, facilitando o monitoramento e análise das operações de coleta. Na figura 8, é possível observar em cinza todos os pontos percorridos pelo veículo ao longo de um dia específico. Essa visualização oferece uma representação clara do trajeto realizado, permitindo identificar as áreas atendidas e os caminhos escolhidos pelo caminhão de coleta.

Harmonia e na Av. Flor de Santana. Esses pings indicam que o veículo passou por essas vias, confirmando visualmente a execução do serviço nessas localidades. A cobertura registrada nessas ruas sugere que, ao menos nessa parte do percurso, a rota planejada foi devidamente seguida.

```
1 | if (sum_Datetime_ini <= sum_Datetime_pontos <= sum_Datetime_fim) and (feat['velocidade']
2 |     <= velocidade):
3 |     if ponto.intersects(geom_pol):
4 |         lista_pontos += [feicao]
5 |         #condicionais para gerar o valor da distância percorrido por veículo
6 |         if placa_veic_ponto1 in dic_veic_dist:
7 |             x1 = dic_veic_dist[placa_veic_ponto1]['long']
             y1 = dic_veic_dist[placa_veic_ponto1]['lat']
```

Figura 11: Código para verificação de passagem de veículos em trechos de rua, considerando intervalo de tempo e velocidade.

O código apresentado na Figura 11 verifica se um veículo de coleta passou por um determinado trecho de rua com base em dois critérios principais: o intervalo de tempo e a velocidade. Primeiro, ele analisa se o horário de passagem do veículo se encontra dentro do intervalo permitido, que é definido previamente para cada setor. Além disso, o código verifica se a velocidade registrada do veículo está abaixo do limite estabelecido, assegurando que o comportamento do veículo esteja de acordo com as normas de operação. Após essas verificações, o código analisa a geometria do ponto de passagem do veículo para determinar se ele intersecta com o polígono que representa o trecho de rua. Esta interseção é crucial, pois confirma que o veículo realmente passou por aquele local específico. Se ambas as condições — o cumprimento do intervalo de tempo e a adequação da velocidade — forem atendidas, o ponto de passagem do veículo é adicionado a uma lista de pontos válidos, que será utilizada para análises futuras e para garantir a eficiência da coleta domiciliar.

```
1 |     for central in lista_central:
2 |         pnt_central = central.geometry().asPoint()
3 |         for ponto in lista_pontos:
4 |             pnt_csv = ponto.geometry().asPoint()
5 |             distancia = distance.measureLine(pnt_central, pnt_csv)
6 |             if distancia <= distancia_de_tolerancia:
```

Figura 12: Verifica se os veículos passaram pelo trecho com base na distância de tolerância definida pelo usuário.

Na Figura 12, são apresentados os pontos gerados a partir de dados geoespaciais que permitem a análise da proximidade dos veículos em relação a locais de interesse. O mecanismo implementado analisa essa lista de pontos, utilizando funções do QGIS para medir a geometria dos pontos. O código compara as coordenadas centrais de um trecho de rua com as coordenadas dos pontos coletados a partir de registros de veículos.

A *distância-de-tolerância*, expressa em metros, é determinada pelo usuário por meio de um inpt. Essa medida permite verificar se um veículo passou próximo ao local especificado. Se a distância entre o ponto central do trecho e o ponto correspondente ao veículo for menor ou igual a essa tolerância, considera-se que o veículo efetivamente passou por ali.



Figura 13: Demonstração de ruas sem passagem de veículo.

Na figura 13, é possível observar que o veículo não passou por diversas vias, como a Rua Professor Ageu Magalhães, Rua João da Silva Teles, Rua Figueira Filho, e a Praça Dr. José Vilela, pois não há os pings amarelos que indicam a passagem do veículo. A ausência desses marcadores visuais revela que o serviço de coleta ou monitoramento não cobriu essas ruas, sugerindo que a equipe do Centro de Controle Operacional (CCO) emita uma nota de serviço para reprogramar o atendimento a essas localidades.

```

1  for central in lista_central:
2      pnt_central = central.geometry().asPoint()
3      for ponto in lista_pontos:
4          else:
5              nao_atendidos += [central]

```

Figura 14: Demonstração de análise de áreas sem atendimento.

Quando a lista de pontos gerados na coleta de dados vem vazia durante a iteração no código, o fluxo entra na cláusula `else`, o que significa que nenhum ponto foi registrado para aquele ponto central específico, como mostrado na Figura 14. Isso é crucial, pois a ausência de registros indica que o veículo não passou por aquela área. Assim, esse ponto central é automaticamente adicionado à lista de não atendidos. Essa abordagem é bastante eficaz para mapear regiões que ainda não foram cobertas pela coleta, permitindo uma identificação clara de áreas que necessitam de atenção. O registro desses pontos não atendidos não apenas ajuda a evidenciar lacunas no serviço de coleta, mas também fornece uma base sólida para que a equipe do Centro de Controle Operacional possa planejar intervenções, garantindo que a coleta domiciliar seja realizada de maneira mais eficiente e abrangente em toda a cidade. Essa análise, portanto, serve como um guia para otimizar o planejamento e assegurar que todos os bairros recebam os serviços de coleta de forma justa e regular.

3.2.6 PLUGIN

Plugins são extensões de software que possibilitam a programação de rotinas ou a personalização de programas. Neste projeto particular, o plugin denominado TPF-Emlurb é criado em Python e incorporado ao programa QGIS para realizar o monitoramento dos veículos dos caminhões de coleta de resíduos.

A interface desenvolvida para o sistema de monitoramento da limpeza urbana no QGIS foi criada por mim utilizando uma abordagem de low-code, que permite a construção de aplicativos com uma programação reduzida por meio de ferramentas gráficas e funcionalidades integradas. Inicialmente, realizei uma análise detalhada dos requisitos do sistema, considerando os inputs do script criado e as consultas feitas na API. Essa metodologia não apenas facilitou a criação da interface, mas também assegurou que todas as funcionalidades necessárias para o monitoramento fossem incorporadas de maneira eficiente e intuitiva. O uso de low-code proporcionou uma experiência mais ágil no desenvolvimento, permitindo que as interações do usuário fossem simplificadas e adaptadas às necessidades específicas do serviço de coleta de resíduos.

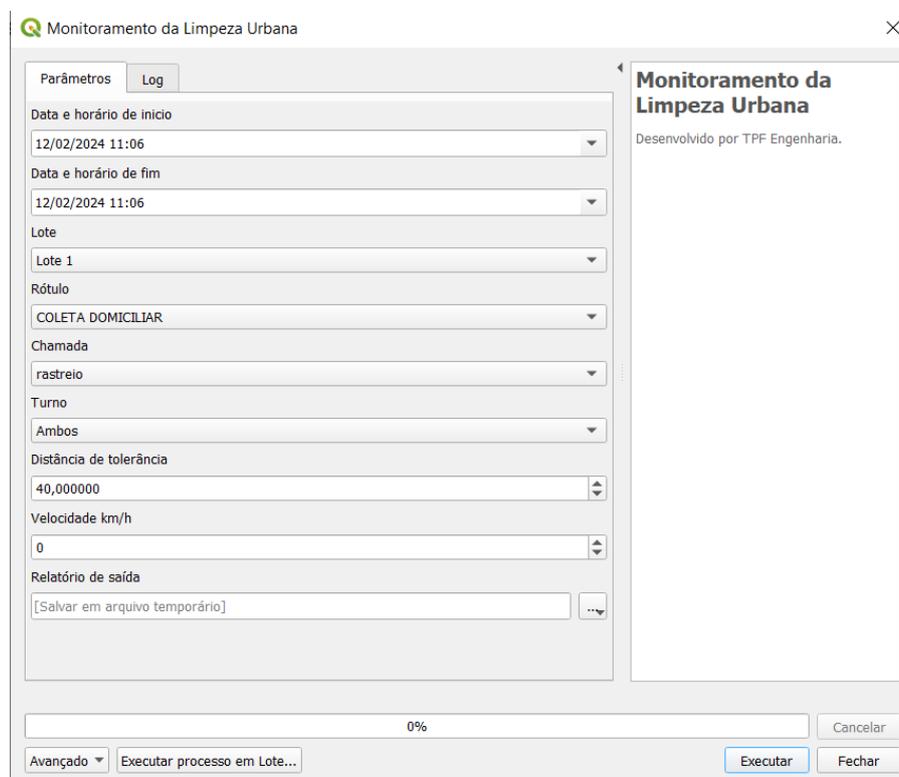


Figura 15: Demonstração de tela de usuário no QGIS.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A figura acima apresenta a interface do sistema desenvolvido, onde é possível configurar os parâmetros antes de executar o processo. Os campos incluem a **Data e horário de início** e **fim** da operação, permitindo a definição precisa do período de monitoramento. As **Áreas** onde o serviço será realizado podem ser escolhidas entre "**Lote 1**" e "**Lote 2**", representando duas regiões de atuação diferentes. O campo **Chamada** possui as opções de "**Rastreo**" e "**Parada**", permitindo obter informações tanto sobre o movimento dos caminhões quanto sobre os momentos em que pararam, ou ambos. O **Turno** pode ser selecionado entre "**Diurno**", "**Noturno**" ou "**Ambos**", que inclui as duas

opções. O campo de **Distância de tolerância** define o limite de desvio em metros, verificando se o caminhão passou corretamente pela rua. A **Velocidade** do veículo também pode ser configurada, permitindo filtrar os dados de acordo com a velocidade dos caminhões nas rotas. Por fim, há um campo para escolher onde salvar o **Relatório de rastreo**, que registra todas as informações do monitoramento.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
SETOR	TRECHOS NÃO ATENDIDOS	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO	TRECHOS NÃO ATENDIDOS PRINCIPAL	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO PRINCIPAL	VEICULO PRINCIPAL	VEICULOS DE APOIO	DATA/HORA DE ENTRADA PRINCIPAL	DATA/HORA DE SAÍDA PRINCIPAL	DATA/HORA DE ENTRADA GERAL	DATA/HORA DE SAÍDA GERAL
2	2512 13103,12830,13122,2574	67,90%	13103,12830,12869,13122,25743,2	64,30%	RZ04H21	GPCP647, GH6143, FW	12/04/2023 18:11	12/04/2023 23:27	12/04/2023 18:11	13/04/2023 06:51
3	2205 18852,30211,13425,1342	10,30%	18852,30211,13425,13428,13430,2		GH6143	PDQ8310, EX14461	12/04/2023 08:40	12/04/2023 17:56	12/04/2023 08:40	12/04/2023 17:56
4	2604 26961,13247,13248,1324	90,40%	26961,13247,13248,13247,13248,1		RZU7D82	RZQ0609, RZR4848	12/04/2023 06:58	12/04/2023 13:51	12/04/2023 06:58	12/04/2023 13:51
5	2903 20691,20696,20697,2034	95,20%	20691,20696,20697,20949,20697,3		RZU7D82	RZR7C70	12/04/2023 08:34	12/04/2023 14:55	12/04/2023 08:34	12/04/2023 14:55
6	2501 28000,15797,16943	94,20%	28000,15797,16943		RZU7D72		12/04/2023 20:04	12/04/2023 21:51	12/04/2023 20:04	12/04/2023 21:51
7	2502 17149,32689,19987,1996	91,50%	17149,32689,19987,19988,26339,2		RZU7D82	RZU7D72	12/04/2023 20:45	13/04/2023 01:25	12/04/2023 20:45	13/04/2023 01:25
8	2614 18061,24542,27113,2711	62,00%	18061,24542,27113,27114,27115,2		RZR3J08	RZV6E09	12/04/2023 09:11	12/04/2023 13:03	12/04/2023 09:11	12/04/2023 13:03
9	2506 24855,14363,23369,2832	82,30%	24855,31226,29871,28846,18802,1		RZR4C08	GPCP647, RZQ0659, RZ	12/04/2023 20:26	13/04/2023 03:09	12/04/2023 20:12	13/04/2023 03:09
10	2507 10361,18076,25164,1314	78,30%	10361,31237,18076,25164,13148,3		RZR4A78	GPCP647, RZR4D08, RZ	12/04/2023 20:19	13/04/2023 06:12	12/04/2023 20:10	13/04/2023 06:12
11	2403 17790,31211,20986,1242	96,30%	14413,27367,28957,17790,25269,2		RZR3J28	FW6D76, BWV1C86	12/04/2023 20:47	13/04/2023 02:01	12/04/2023 20:47	13/04/2023 02:01
12	2404 12478,28170,12483,1248	81,50%	12478,28170,12483,12484,23224,1		RZR4B48	FXP4C16, RZQ0H19, RZ	12/04/2023 21:27	13/04/2023 03:57	12/04/2023 19:08	13/04/2023 07:39
13	2219 15357,31633,17805,3396	92,00%	12629,12636,15357,31633,17806,3		RZR7C30	RZQ3448, RZQ3H18, RZ	12/04/2023 08:42	12/04/2023 14:34	12/04/2023 08:42	12/04/2023 14:59
14	2610 10136,27215,16341,1961	82,80%	13363,12943,10203,17418,9915,10		RZR4B48	RZQ0F49, RZR4B38, RZ	12/04/2023 09:09	12/04/2023 12:59	12/04/2023 09:09	12/04/2023 13:19
15	2402 21952,24743,14658,2406	96,10%	21952,24743,14658,24084,24744,2		RZ00H19	BWV1C86	12/04/2023 20:33	13/04/2023 02:51	12/04/2023 20:33	13/04/2023 03:31

Figura 16: Relatório final do monitoramento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após a execução do monitoramento, a análise dos dados obtidos revelou resultados significativos na eficiência do serviço de coleta de resíduos. A Figura 16 apresenta informações detalhadas sobre cada setor, incluindo o número de trechos atendidos e não atendidos, além do percentual de atendimento. Os dados indicam que alguns setores, como o 2402, alcançaram um percentual de atendimento de 96,10%, evidenciando a eficácia das operações. Por outro lado, setores como o 2205, com apenas 10,30% de atendimento, sinalizam a necessidade de uma revisão estratégica nas rotas e alocação de recursos. A identificação de veículos principais e de apoio destaca o papel crucial que os recursos adicionais desempenham no aumento da cobertura. Esses resultados não apenas possibilitam uma avaliação crítica do desempenho atual, mas também oferecem subsídios valiosos para a implementação de melhorias contínuas na gestão da limpeza urbana.

3.3 Contribuição

Em comparação ao modelo antigo, a implementação da nova solução possibilitou a automação integral de um processo que anteriormente era realizado manualmente. Essa transformação não apenas aumentou a produtividade da equipe, mas também elevou significativamente a confiabilidade dos dados coletados. O tempo necessário para o monitoramento foi reduzido drasticamente, tornando o processo aproximadamente seis vezes mais rápido do que a execução manual. Além disso, essa nova abordagem permitiu que a máquina seja liberada para outros usos durante o monitoramento, uma inovação importante, já que o sistema anterior restringia o uso do computador por cerca de quatro horas.

Essa mudança trouxe benefícios significativos para o bem-estar da equipe, uma vez que a coleta manual de dados era exaustiva e trabalhosa. Com a automação, os colaboradores puderam redirecionar seu tempo e esforços para atividades mais estratégicas e criativas, resultando em um ambiente de trabalho mais satisfatório e motivador. A redução do estresse e da carga de trabalho física não só melhorou a moral da equipe, mas também aumentou a qualidade do trabalho realizado. A nova ferramenta possibilita que a equipe se concentre em tarefas que exigem maior análise crítica e inovação, promovendo um ciclo contínuo de melhoria e eficiência.

4 Dificuldades encontradas

Ao dar início ao desenvolvimento deste projeto de coleta domiciliar exigiu, primeiramente, uma compreensão detalhada da lógica envolvida na execução do serviço. Esse processo envolveu a análise detalhada de cada uma das atividades realizadas pelos agentes do Centro de Controle Operacional, de modo a permitir a construção de uma lógica que pudesse validar eficientemente o fluxo de trabalho. Embora possua uma sólida experiência em Python, nunca havia trabalhado com a plataforma de geoprocessamento QGIS. Portanto, foi necessário realizar um treinamento inicial para me familiarizar com a ferramenta e esclarecer dúvidas com especialistas na área. Durante esse processo, identifiquei as bibliotecas do QGIS que seriam essenciais para a construção da minha lógica de programação. Além disso, contei com o apoio de um especialista que me forneceu orientações sobre o meu desenvolvimento e indicou os caminhos mais adequados para a resolução dos problemas que surgiam.

O desenvolvimento deste projeto não trouxe apenas desafios técnicos, mas também exigiu uma adaptação cultural e organizacional entre os colaboradores. A implementação de novas tecnologias e processos demandou um esforço conjunto para alinhar as expectativas da equipe com os objetivos propostos. Ao analisar as práticas existentes, percebi que muitos estavam habituados a métodos manuais e mostraram-se relutantes em adotar soluções automatizadas. Essa resistência à mudança ressaltou a importância de não apenas fornecer a tecnologia adequada, mas também promover uma transformação na mentalidade da equipe. Durante os encontros semanais, além de discutir o progresso do desenvolvimento, foi fundamental abordar as preocupações e dúvidas dos colaboradores. Essa troca aberta facilitou a construção de uma narrativa de aceitação e engajamento, essencial para uma transição suave para o novo sistema.

Bom, com a equipe do CCO tínhamos encontros semanais sobre o progresso do desenvolvimento, e aproveitar para dúvidas e sugestões que eles teriam de como seria melhor a visualização do resultado. O desenvolvimento da ferramenta começou em janeiro de 2023 e, em quatro meses, a primeira versão funcional foi entregue. Esse processo, marcado por colaboração contínua, garantiu uma solução que atendeu plenamente às necessidades operacionais e otimizou a geração de relatórios.

5 Impactos da sua formação no seu trabalho

A trajetória acadêmica foi essencial para o meu ingresso no mercado de trabalho, proporcionando uma base teórica sólida e uma variedade de experiências práticas que facilitaram a adaptação ao ambiente profissional atual. Todas as disciplinas contribuíram para o aprimoramento acadêmico, mas as disciplinas de Introdução à Programação e Fundamentos de Problemas Computacionais I e II forneceram os principais conhecimentos necessários para o desempenho e a compreensão das atividades relacionadas ao cargo atual, tanto no que diz respeito ao uso da linguagem Python em ambiente de produção quanto à aplicação dessas habilidades na construção de soluções para a sociedade.

Além disso, a formação também me proporcionou uma visão mais ampla sobre a importância

da inovação no setor privado. Ao entender as tendências e as melhores práticas, consegui propor soluções que não apenas atendem às necessidades imediatas, mas que também se alinham a uma visão de modernização e eficiência a longo prazo. Essa perspectiva foi fundamental para fortalecer a cultura organizacional voltada para a inovação dentro da equipe.

Outro aprendizado proporcionado por este projeto foi a valorização de uma comunicação efetiva e constante entre os integrantes da equipe de CCO. Ao compreender o problema e esclarecer dúvidas durante as reuniões com o cliente, tornou-se evidente que o trabalho em equipe contribui para uma maior produtividade e favorece o desenvolvimento de habilidades, tanto pessoais quanto profissionais.

Por fim, a minha formação me ensinou a importância da ética e da responsabilidade no uso de dados. Com a crescente preocupação sobre a privacidade e a proteção das informações, essa compreensão se tornou essencial para garantir que as práticas de coleta e análise de dados respeitem as normas e os direitos dos cidadãos. Esse comprometimento com a ética não só fortalece a confiança da equipe, mas também contribui para a transparência e responsabilidade das ações realizadas.

6 Conclusão

O desenvolvimento deste projeto evidenciou o impacto positivo da substituição de ferramentas tradicionais, como VBA e Excel, por soluções mais avançadas e flexíveis, como QGIS e Python, no contexto da análise de geoprocessamento. A transição não apenas otimizou o tempo de processamento dos dados em até 87,5%, como também trouxe maior escalabilidade e eficiência para a equipe responsável pelo monitoramento dos serviços de coleta domiciliar. A implementação do plugin desenvolvido facilitou a instalação em diferentes máquinas, permitindo que o processo de análise fosse automatizado de forma ágil e consistente, independentemente do ambiente computacional.

Além do aumento da produtividade, o projeto também proporcionou uma melhoria significativa na qualidade dos dados gerados, resultando em uma base mais sólida para a tomada de decisões estratégicas. A conquista do terceiro lugar no prêmio "TPF Labs" em 2023, na categoria "Testado e aprovado", reforça a relevância e a inovação do trabalho realizado.

A adoção de ferramentas de código aberto, como o QGIS, também permitiu uma redução de custos e viabilizou o acesso a tecnologias de geoprocessamento sofisticadas, o que potencializa o uso dessa solução em diferentes contextos dentro da gestão pública. Dessa forma, o projeto não só trouxe avanços operacionais, mas também representou uma importante contribuição para a transformação digital e a modernização dos serviços de coleta domiciliar, promovendo maior transparência, eficiência e acessibilidade.

Com base nesses resultados, o uso de QGIS e Python se mostra uma estratégia promissora para aprimorar a qualidade das análises geográficas em projetos de coleta de dados, além de oferecer uma plataforma flexível e de fácil adaptação para outras aplicações que necessitem de geoprocessamento em tempo real.

Referências Bibliográficas

- [1] A. C. d. Oliveira *et al.*, “Automatização do dimensionamento de redes de esgotamento sanitário utilizando sistemas de informações geográficas (sig),” 2023.
- [2] R. M. D. LIMA, “Otimização de classificador de imperfeições viárias em trechos da cidade de betim.”
- [3] V. Anitta, OLAYA, “Processamento: Uma estrutura python para a integração perfeita de ferramentas de geoprocessamento no qgis,” *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, 2015.
- [4] V. H. P. Pereira *et al.*, “Desenvolvimento de método computacional para definição de rotas baseadas no uso do sistema de transporte coletivo,” 2017.
- [5] M. B. D. d. Costa, “Uma abordagem gis para cálculo de desgaste em programas de manutenção,” B.S. thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.
- [6] R. T. Feyh and M. A. Spohn, “Modelo de mobilidade veicular urbano baseado em traços reais de mobilidade,” *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, vol. 10, no. 1, pp. 30–42, 2018.
- [7] L. Donegan, N. V. Carneiro *et al.*, “De quintal de casa à viagem ocasional: forma urbana, fluxos e usos em lugares diferentes da mesma praia,” *Revista de Morfologia Urbana*, vol. 11, no. 1, 2023.
- [8] G. L. d. Forno and A. J. Strieder, “Sistemas de informações georreferenciadas: precisão, acurácia, resolução e qualidade em topografia, geodésia e cartografia,” *Conselho em Revista*, vol. 50, p. 29, 2008, acesso em: novembro, 2022. [Online]. Available: <https://wp.ufpel.edu.br/modelage/download/artigos/SIG%20prec-acur-resqual%20RevCREA-RS%2050%202008.PDF>
- [9] QGIS. (s.d.) Descubra o QGIS: A liderança do SIG de código aberto. Acesso em: novembro de 2022. [Online]. Available: https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html