Módulo de Coleta em Campo para Atualização Cadastral Urbana Baseado em Odometria e Sensores de *Smartphone*

Módulo de Recolección de Datos de Campo para la Actualización Catastral Urbana Basado en Odometría y Sensores de Smartphone

Field Data Collection Module for Urban Cadastral Updating Based on Odometry and Smartphone Sensors

Marco Aurélio Barbiero[1]

Carlos Antonio Oliveira Vieira[2]

RESUMO: A manutenção evolutiva do cadastro imobiliário municipal constitui um dos principais desafios para a gestão territorial e a justiça fiscal, especialmente diante das novas exigências de qualidade e integração de dados. Este artigo apresenta um sistema embarcado baseado em *smartphone* projetado para apoiar o processo de espacialização da malha fundiária. O método consiste no monitoramento sequencial de faces de quadra por meio de um *smartphone* integrado a um sensor mecânico de deslocamento para mensuração de distâncias lineares montados em uma bicicleta. A solução utiliza os recursos nativos do aparelho, como receptores GNSS/GPS, magnetômetro e câmera digital, para determinar o posicionamento geográfico, registrar a orientação azimutal da fachada e capturar as imagens. O operador pode, ainda, informar as características da parcela ou do imóvel definindo atributos como uso do solo, tipologia construtiva e número de pavimentos por meio de uma interface estruturada. Toda a operação de coleta em campo pode ocorrer de forma desconectada da rede, utilizando tabelas de apoio baixadas previamente do servidor central. Testes preliminares demonstram que a solução elimina o fluxo redundante de digitação pós-campo, mitiga erros na atribuição de dados alfanuméricos e confere expressiva celeridade e agilidade à varredura cadastral face a face em ambiente urbano.

Palavras-chave: CTM; Mapeamento Móvel Terrestre; Integração de Sensores, *Fit-for-purpose*.

RESUMEN: *La manutención evolutiva del catastro inmobiliario municipal constituye uno de los principales desafíos para la gestión territorial y la justicia fiscal, especialmente ante las nuevas exigencias de calidad e integración de datos. Este artículo presenta un sistema embebido basado en smartphone diseñado para apoyar el proceso de espacialización de la malla fundiaria. El método consiste en el monitoreo secuencial de frentes de manzana por medio de un smartphone integrado a un sensor mecánico de*

[1] Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Receita Federal do Brasil - RFB
marco.barbiero@posgrad.ufsc.br; https://orcid.org/0009-0002-3237-2549

[2] Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
carlos.vieira@ufsc.br; https://orcid.org/0000-0003-4047-8466

desplazamiento para la medición de distancias lineales montados en una bicicleta. La solución utiliza los recursos nativos del aparato, como receptores GNSS/GPS, magnetómetro y cámara digital, para determinar el posicionamiento geográfico, registrar la orientación azimutal de la fachada y capturar las imágenes. El operador puede realizar la caracterización cualitativa y cuantitativa de los lotes en tiempo real, definiendo atributos como el uso del suelo, la tipología constructiva y el número de pisos por medio de una interfaz estructurada. Toda la operación de recolección en campo puede ocurrir de forma desconectada de la red, utilizando tablas de apoyo descargadas previamente del servidor central. Los pruebas preliminares demuestran que la solución elimina el flujo redundante de digitación poscampo, mitiga errores en la atribución de datos alfanuméricos y confiere una expresiva celeridad y agilidad al relevamiento catastral cara a cara en ambiente urbano.
Palabras clave: *CTM. Mapeo Móvil Terrestre. Integración de Sensores. Fit-for-purpose.*

ABSTRACT: *The evolutionary maintenance of the municipal real estate cadastre constitutes one of the main challenges for territorial management and fiscal justice, especially given the new data quality and integration requirements. This paper presents a smartphone-based embedded system designed to support the urban mesh spatialization process. The method consists of the sequential monitoring of block faces using a smartphone integrated with a mechanical displacement sensor for linear distance measurement, both mounted on a bicycle. The solution utilizes the device's native features, such as GNSS/GPS receivers, a magnetometer, and a digital camera, to determine geographic positioning, record the azimuthal orientation of the facade, and capture images. The operator can perform qualitative and quantitative parcel characterization in real time, defining attributes such as land use, building typology, and the number of floors through a structured interface. The entire field collection operation can occur offline, utilizing support tables previously downloaded from the central server. Preliminary tests demonstrate that the solution eliminates the redundant post-field data entry workflow, mitigates errors in alphanumeric data attribution, and provides significant speed and agility to face-to-face cadastral surveys in urban environments.*
Keywords: *CTM. Terrestrial Mobile Mapping. Sensor Integration. Fit-for-purpose.*

1 INTRODUÇÃO

A administração pública e o planejamento urbano municipal enfrentam o desafio constante de manter suas bases de dados territoriais atualizadas para subsidiar políticas públicas eficientes e garantir a justiça fiscal. Para viabilizar essa estruturação de dados no cenário brasileiro, o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) consolida-se como o principal pilar operacional, encontrando seu amparo legal no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), que o consagra como instrumento obrigatório e fundamental para a formulação de políticas de desenvolvimento urbano. Essa necessidade tornou-se ainda mais premente com as diretrizes de modernização e interoperabilidade balizadas pela Portaria nº 3.242/2022 do Ministério das Cidades (BRASIL, 2022), e com a iminente obrigatoriedade de integração das bases locais ao Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB) (BRASIL, 2024). Além disso, a transição para os novos modelos tributários nacionais trazidos pela Lei Complementar nº

214/2024, que institui o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) (BRASIL, 2024), impõe aos municípios a urgência de implementar mecanismos céleres e de qualidade na identificação e na espacialização da malha urbana. O CTM deixa de ser um mero instrumento arrecadador e passa a ser a base para a governança e a gestão inteligente do território.

Contudo, a realidade operacional da maioria dos municípios revela um cenário de escassez de recursos e defasagem tecnológica. Os levantamentos cadastrais de campo tradicionais, frequentemente apoiados em formulários físicos de papel e pranchetas, mostram-se lentos, onerosos e altamente propensos a inconsistências topológicas e erros de digitação durante o pós-processamento no escritório. Por outro lado, as plataformas comerciais convencionais de Sistemas de Mapeamento Móvel (*Mobile Mapping Systems – MMS*), embora apresentem alta precisão e automação, demandam investimentos financeiros em sensores laser e veículos dedicados (ELHASHASH; ALBANWAN; QIN, 2022). Cria-se, assim, uma lacuna metodológica entre a necessidade legal de atualização cadastral e a viabilidade financeira das administrações locais que tem sido alvo constante de iniciativas (CASTANHEIRO; CAMPOS; TOMMASELLI, 2018).

Como alternativa para mitigar essa barreira, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema embarcado baseado em smartphone projetado para apoiar o processo de espacialização da malha fundiária de forma ágil e otimizada. A solução proposta apoia-se no conceito de administração territorial *fit-for-purpose* (FFP) (ENEMARK; MCLAREN; LEMMEN, 2021), priorizando a flexibilidade, o foco no resultado e o dinamismo na coleta de dados em campo.

O método consiste no monitoramento sequencial de faces de quadra por meio de um *smartphone* integrado a um sensor mecânico de deslocamento para mensuração de distâncias lineares, ambos montados em uma bicicleta. O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica e a eficiência desse sistema na automação da coleta de dados geoespaciais e alfanuméricos em campo. Espera-se que a integração entre sensores mecânicos de precisão linear e os recursos nativos de dispositivos móveis ofereça uma metodologia replicável para a modernização cadastral, eliminando fluxos redundantes de digitação e conferindo expressiva celeridade à gestão do território urbano.

2 METODOLOGIA E MATERIAIS

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A validação experimental do sistema embarcado e do protocolo de varredura foi delimitada no município de Passo Fundo, localizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul. A escolha desta localidade fundamenta-se em sua relevância representativa para o cenário cadastral brasileiro: o município dispõe de uma base de dados alfanumérica bem estruturada e organizada no âmbito da administração tributária, contudo, ainda carece da devida espacialização vetorial e topológica da sua malha urbana.

A área amostral selecionada concentra-se na região central da cidade, que apresenta quadras com geometria ortogonal, facilidade de acesso e dados de cadastro atualizados. Essa tipologia espacial constitui um padrão recorrente no desenho urbano dos municípios brasileiros, o que confere ao experimento elevado potencial de replicabilidade (*fit-for-*

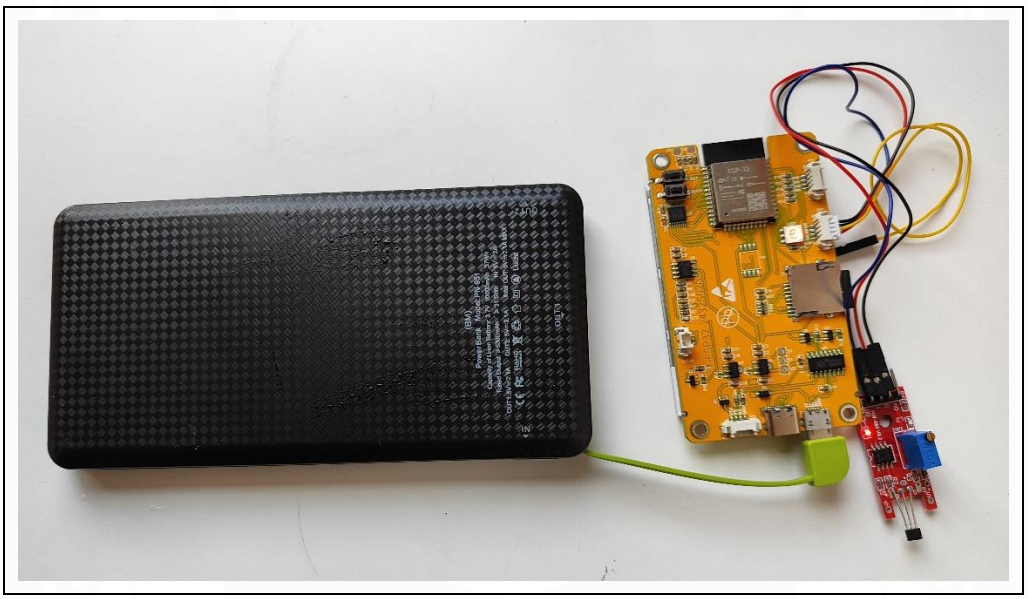
purpose) para a modernização do CTM.

2.2 COMPONENTES E INTEGRAÇÃO DE SENSORES

Esta seção descreve a atuação conjunta e complementar dos sensores instalados na bicicleta e no *smartphone*. A arquitetura do sistema integra um odômetro digital físico aos sensores internos do *smartphone*, que compreendem o magnetômetro, o receptor GNSS e a câmera digital.

O odômetro é responsável por mensurar a distância linear percorrida ao longo da face de quadra. Na versão apresentada, o dispositivo é composto por um sensor de efeito Hall, que identifica a passagem de um ímã fixado à roda da bicicleta, uma placa microcontroladora ESP32 (coddy.tech, *[S.d.]*) para a decodificação e transmissão do acumulador através de *Bluetooth*, e uma bateria de alimentação (Figura 1). Por fundamentar-se no movimento mecânico da roda, essa medição de distância é imune a interferências atmosféricas ou a obstruções do meio urbano que comumente degradam os sinais de satélite.

Figura 1 – Bateria, sensor de efeito Hall e ESP32



Elaboração: autores - 2026

Os ímãs são fixados ao pneu (Figura 2) em intervalos angulares regulares. O protótipo emprega uma bicicleta dobrável de aro 18 (raio do pneu cheio de 23 cm), resultando em uma circunferência de rolagem de aproximadamente 1,445 m. A definição do número de ímãs e, consequentemente, do comprimento do arco entre eles decorre de um equilíbrio entre a resolução espacial do odômetro e a viabilidade prática de montagem do hardware. A adoção de 3 ímãs equidistantemente dispostos gera uma discretização linear de aproximadamente 48 cm a 50 cm por pulso, valor que foi configurado no aplicativo de coleta. Essa dimensão de arco é particularmente vantajosa para o cadastro urbano, pois alinha a menor unidade de leitura do sensor aos submúltiplos comuns do parcelamento do solo, onde as testadas de lotes e recuos costumam ser projetadas em métricas arredondadas (ex.: intervalos de 0,50 m ou 1,00 m). Embora o adensamento dos ímãs possa elevar a resolução teórica, aumentaria o risco de interferências e repiques de leitura no sensor de efeito Hall em velocidades maiores.

Figura 2 - Detalhe da instalação dos ímãs e do sensor



Elaboração: autores - 2026

Para assegurar a consistência dos dados do odômetro, foi instalado um botão de pressão do tipo normalmente aberto (NA) que permite a atualização do registrador apenas quando pressionado. Esse mecanismo elimina ruídos na leitura, garantindo que o registro dos dados ocorra exclusivamente durante o deslocamento da bicicleta pelo operador

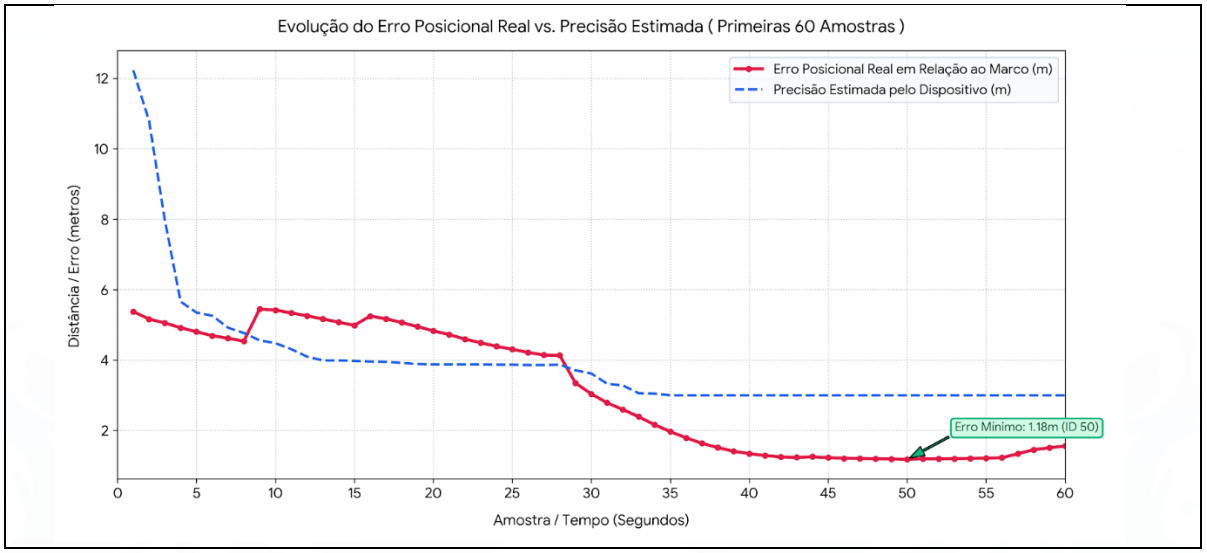
A determinação da orientação espacial é realizada pelo magnetômetro. Este sensor registra o azimute magnético no exato instante de cada amostragem, fornecendo o vetor de orientação da testada do lote, dado essencial para as etapas de pós-processamento e espacialização.

Por fim, o georreferenciamento do conjunto é provido pelo receptor GNSS do *smartphone*. O modelo utilizado na coleta foi o Xiaomi 12 Lite. Em razão da baixa acurácia absoluta inerente aos receptores integrados a dispositivos móveis, adota-se um procedimento de amostragem temporal para atenuar o erro posicional. Esses pontos atuam na amarração geográfica das faces, definindo referências espaciais globais que orientam a estimativa do posicionamento dos vértices intermediários, tais como as divisas de lotes e os acessos aos imóveis.

Para determinar as possibilidades de uso de um sensor simples nessa aplicação, realizou-se um experimento de posicionamento junto ao marco geodésico do IBGE localizado na Universidade de Passo Fundo (Estação 92029: lat. 28º 13' 34,22994" S, long. 52º 23' 02,91518" O), sobre o qual foram coletadas 60 leituras GNSS com o *smartphone*. A Figura 3 apresenta o gráfico com os erros posicionais verificados.

Nota-se que a convergência dos pontos se estabiliza após a 30ª amostra, demonstrando o efeito do tempo de ocupação (*dwell time*) na redução do desvio das leituras GNSS de receptores móveis de frequência simples. Observa-se também que o valor estimado pelo sistema Android, apesar de não ser exato, guarda proporcionalidade com o valor calculado. Após 40 segundos, o erro se aproxima do seu valor mínimo, de 1,18 metro. Dessa forma, sugere-se que o tempo de espera em cada amostragem durante o percurso da CAMyCLETA seja estabelecido em torno desse valor.

Figura 3 – Erro posicional real versus erro estimado - Estação 92029 do IBGE



Fonte: (IBGE, 2026); Elaboração: autores – 2026

O sistema completo foi instalado em uma bicicleta dobrável para facilitar o transporte e a operacionalidade em campo (Figura 4). O conjunto foi denominado CAMyCLETA, em homenagem ao veículo utilizado pelos personagens Shazam e Xerife do antigo seriado da TV brasileira Shazan, Xerife & Cia.

Figura 4 – Montagem dos componentes na CAMyCLETA



Elaboração: autores - 2026

O Quadro 1 sintetiza a relação de componentes de hardware empregados na montagem do protótipo e seus respectivos custos aproximados de aquisição, evidenciando o baixo

investimento financeiro necessário para a replicação da solução.

Quadro 1 – Custos estimados da solução

Componente / Item	Função no Sistema	Qtd.	Custo Aprox. (R$)
Smartphone com GPS/GNSS	Coletar dados e imagens das unidades imobiliárias	1	R$ 1.600,00
Placa microcontroladora ESP32	Processamento e transmissão Bluetooth	1	R$ 45,00
Sensor de efeito hall (NJK-5002C ou similar)	Detecção dos pulsos magnéticos	1	R$ 25,00
Ímãs de neodímio	Acionamento do sensor na roda	3	R$ 15,00
Power bank (bateria portátil)	Alimentação do microcontrolador	1	R$ 60,00
Suporte para smartphone / cabeamento	Fixação física no guidão da bicicleta	1	R$ 35,00
Botão de pressão normalmente aberto	Controlar a contagem dos ímãs pelo sensor	1	R$ 20,00
Custo Estimado (Hardware)			**R$ 1.800,00**
Consultoria, manutenção e treinamento	Adaptar as estruturas de dados e treinar operadores	20 horas	R$ 2.400,00
Custo Total Estimado			**R$ 4.200,00**

Fonte: Web (10/08/2026); Elaboração: autores - 2026

Ressalta-se que a valoração apresentada restringe-se aos custos diretos de aquisição dos componentes físicos e insumos de hardware do protótipo, e aos serviços de consultoria. A discriminação formal de planilhas financeiras completas não é uma prática usual nesse tipo de trabalho devido à complexidade e subjetividade na mensuração de custos indiretos, tais como o esforço de desenvolvimento, a assessoria técnica para implantação, o suporte institucional e as rotinas de manutenção preventiva e corretiva. Dessa forma, torna-se complexo estabelecer um quadro comparativo direto entre as soluções propostas na literatura acadêmica, embora se possa afirmar que tais abordagens convergem para a minimização expressiva dos custos a partir do uso de tecnologias abertas e de baixo custo (*low-cost*).

2.3 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS DO CADASTRO URBANO

As informações do cadastro urbano pré-existente são, inicialmente, importadas para uma aplicação web de suporte (https://superciata.com.br) que executa um processo de padronização estrutural e formatação. Nessa etapa de escritório, prioriza-se a organização dos atributos de identificação do bloco de quadras e do dicionário de nomes de logradouros que compõem o plano de amostragem. Em seguida, a base de dados pré-processada é sincronizada e transferida para o módulo de coleta em campo, permitindo a operação offline e a consulta ágil de tabelas de apoio pelo operador durante o percurso.

2.4 PROTOCOLO OPERACIONAL DE COLETA ESTÁTICA INTERMITENTE

O processo de coleta de dados em campo não ocorre de forma contínua ou em movimento dinâmico. Ele adota um protocolo estático intermitente estruturado em quatro operações bem definidas.

1. **Fixação das âncoras geométricas (esquinas):** nas esquinas, pontos de início e fim da face de quadra, o operador realiza uma parada prolongada de aproximadamente 40 segundos. O aplicativo registra amostras do receptor GNSS a cada segundo e aplica

um algoritmo que seleciona a leitura que apresentou o menor valor de HPE dentro da janela de observação. Esse procedimento reduz a dispersão posicional inerente aos receptores não corrigidos de dispositivos móveis.

2. **Mensuração linear:** ao deslocar-se entre as esquinas, o operador mantém o botão de controle do odômetro pressionado para calcular continuamente o deslocamento métrico a partir da esquina de partida.
3. **Mapeamento de divisas aparentes:** o operador realiza uma parada total ao alinhar, visualmente ou com o auxílio de um nível laser, o *smartphone* com as divisas físicas das parcelas (muros, cercas ou divisões de lotes). Com a bicicleta imóvel, o aplicativo registra a distância acumulada do odômetro e realiza uma amostragem do GPS (30 a 40 segundos) para obter a coordenada da divisa. Também é possível fotografar a divisa para análise posterior.
4. **Caracterização e Registro Fotográfico dos Acessos:** nos acessos principais dos imóveis, o operador faz uma parada para registrar a foto da fachada (vinculando a imagem diretamente ao lote) e preencher os dados alfanuméricos básicos conforme definido pela administração.

O Quadro 2 apresenta os objetos de interesse do módulo de coleta e as formas de obtenção dos dados.

Quadro 2 - Operações de coleta no módulo

Etapa / Operação	Estado do Veículo	Sensores e Instrumentos	Objetivo Cadastral
1. ESQUINA	Parada, estabilizada no vértice da quadra	GNSS, odômetro e magnetômetro (câmera)	Determinar vértices das quadras
2. DESLOCAMENTO	Movimentando-se em direção à próxima esquina	Odômetro.	Capturar as distâncias cadastrais para aferição
3. DIVISAS	Bicicleta parada brevemente no ponto de mudança de lote	GNSS, odômetro e magnetômetro (câmera)	Registrar limites entre unidades imobiliárias, apoiando a segmentação cadastral
4. ACESSOS	Bicicleta parada diretamente em frente ao acesso	GNSS, odômetro e magnetômetro (câmera)	Enriquecer o cadastro territorial com atributos visuais e geométricos

Elaboração: autores - 2026

2.5 GRAVAÇÃO DOS REGISTROS DE COLETA

Para garantir a autonomia operacional em campo e a integridade das informações sem dependência de conexão com a rede, os dados amostrados são armazenados localmente em um banco de dados relacional embarcado *SQLite* (“Documentação de SQLite”, *[S.d.]*).

As feições coletadas são classificadas funcionalmente em três tipologias operacionais: DIVISA (delimitação entre parcelas), ACESSO (ponto de entrada/numeração do imóvel) ou ESQUINA (vértice de amarração da quadra). Para cada registro efetuado, o sistema associa de forma síncrona os seguintes atributos:

arcos_esquina - contagem do número de arcos (impulsos) acumulados pelo odômetro desde a esquina;

latitude, longitude e precisão - coordenadas geográficas e estimativa de acurácia obtidas do receptor GNSS;

azimute - alinhamento da testada magnético instantâneo capturado pelo magnetômetro;

caminho_foto - captura opcional de imagem do imóvel ou elemento de interesse para posterior validação visual.

Junto com as informações alfanuméricas e descritivas, essa estrutura de dados integrada assegura a rastreabilidade das amostras e provê os insumos necessários para as rotinas automáticas de reconstrução vetorial e espacialização na plataforma web (Quadro 3).

Quadro 3 - Amostra do JSON de registro de coleta


```
{
  "cabecalho": {"pais": "BR", "estado": "242620",
    "municipio": "242585", "dim_arco": 48,
    "data_exportacao": "2026-07-27T10:24:27.294Z"
  },
  "coletas": [ {
      "id": 1, "id_quadra": "Q2", "nm_logradouro": "Av Brasil",
      "data_hora": "2026-07-27T10:23:53.210Z",
      "arcos_esquina": 0, "latitude": -28.2637937,
      "longitude": -52.4143326, "precisao": 15.461999893188477,
      "azimute": 152.2, "operacao": "ESQUINA",
      "caminho_foto": null, "numero_predial": null
    } ]
}
```


Elaboração: autores – 2026

2.6 DESLOCAMENTO ENTRE COLETAS

Durante o deslocamento para o ponto de coleta subsequente, e com o botão de ativação pressionado, o odômetro registra continuadamente o acúmulo de impulsos gerados pela passagem dos ímãs pelo sensor de efeito Hall. O valor acumulado é armazenado na memória temporária do microcontrolador ESP32 e transmitido via protocolo *Bluetooth* no momento do registro do próximo ponto.

O percurso ao longo da face de quadra deve ser iniciado, obrigatoriamente, em uma esquina, vinculando-se a identificação do logradouro a ser percorrido. Ao atingir a esquina subsequente, o operador deve registrar a transição para o novo logradouro.

Recomenda-se que o levantamento do perímetro das quadras seja executado no sentido horário. No caso de quadras fechadas, o circuito de coleta deve ser finalizado no mesmo ponto em que foi iniciado, garantindo o fechamento geométrico do percurso.

2.7 PROCESSAMENTO DOS REGISTROS DE COLETA

Ao final da coleta, os dados do equipamento são transferidos para a aplicação web *SuperCIATA* através de uma conexão com a internet. O pós-processamento dos dados coletados em campo é realizado pela aplicação web em três etapas consecutivas.

A primeira etapa consiste em agrupar os *logs* de telemetria das quadras para a renderização e visualização dos vetores no ambiente cartográfico interativo da aplicação.

Depois é feita a compatibilização dos endereços com a identificação automática de

correspondências entre os endereços e feições registradas em campo e os dados tabulares pré-existentes na base municipal.

Por fim, é feita a geração de relatórios analíticos preliminares com o sumário dos elementos identificados durante a varredura.

Após o alinhamento das correspondências possíveis, a plataforma web disponibiliza uma interface visual para a complementação de atributos. Essa etapa permite mapear os achados do levantamento e identificar descompassos e vazios cadastrais, fornecendo subsídios diretos para a indicação de novas pesquisas e atualizações em campo.

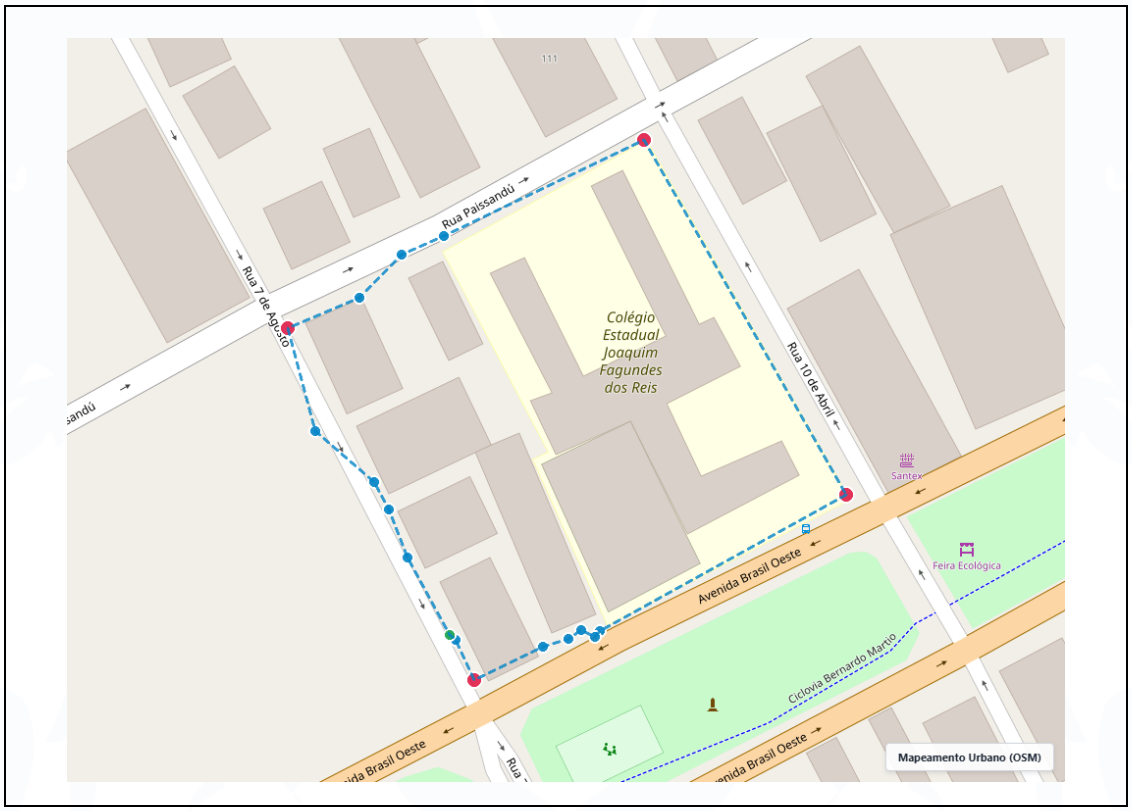
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a validação do protótipo e do fluxo metodológico proposto, foi realizada a coleta de dados de uma quadra urbana (identificada como quadra 001.015) e de um conjunto de 6 lotes georreferenciados localizados no município de Passo Fundo – RS.

Os experimentos foram conduzidos sob céu limpo e condições favoráveis à recepção dos sinais dos satélites. Por se tratar de uma rotina flexível de atualização cadastral, é viável planejar a coleta em janelas meteorológicas adequadas. Todavia, limitações do meio físico, como a presença de vegetação densa e o mascaramento provocado por edificações de grande porte (cânions urbanos), constituem barreiras fixas à propagação do sinal.

A Figura 5 Figura 6 apresenta a distribuição espacial das coordenadas obtidas diretamente pelo receptor GNSS do smartphone durante o levantamento de campo da quadra 001.015, utilizando o *Openstreetmap* como base cartográfica.

Figura 5 - Visualização da coleta de pontos do GNSS sobre o mapa do *OpenStreetMap*



Elaboração: autores – 2026

A despeito das boas condições meteorológicas e da ausência de obstruções severas (como prédios altos ou vegetação densa), as posições pontuais capturadas pelo receptor GNSS do dispositivo móvel apresentaram inconsistências e acurácia espacial limitada. Essa dispersão reforça a fragilidade do uso isolado do GNSS em *smartphones* para o detalhamento da malha urbana e justifica a necessidade do odômetro físico e da amarração geométrica como filtros de ajuste no pós-processamento.

Ao realizar o pós-processamento, no qual as distâncias do odômetro são aplicadas para determinar as divisas, o resultado apresentou uma distribuição espacial consistente, conforme demonstrado na Figura 6. Nessa imagem, cada testada é representada por uma cor diferente e os pontos pretos indicam a posição aproximada das divisas.

Figura 6 - Visualização da coleta pelo odômetro sobre a planta quadra



Elaboração: autores – 2026

Como a base cadastral municipal de referência não se encontra completamente georreferenciada, a avaliação de acurácia pautou-se na conformidade geométrica e na análise de desvios posicionais relativos. Observa-se que, embora não ocorra uma sobreposição absoluta ponto a ponto, o arranjo espacial obtido apresenta elevada similaridade morfológica.

A discrepância média observada entre os vértices gerados e a planta-quadra oficial foi de aproximadamente 1,6 metros. Esse desvio residual é atribuído a fatores conjunturais, tais como: dificuldade do operador em precisar a exata divisa física entre lotes em campo; planta-quadra desatualizada; discretização métrica do arco dos ímãs na roda (~50 cm na configuração utilizada); e eventuais oscilações de leitura do sensor de efeito Hall diante de pavimentos irregulares. Considera-se que a discretização em passos de 50 cm atende com boa aderência a varredura de testadas urbanas típicas, e as pequenas imprecisões observadas

situam-se dentro de margens toleráveis para mapeamentos de diagnóstico rápido (*fit-for-purpose*), podendo ser minimizadas pelo aprimoramento dos algoritmos de filtragem ou por testes com maior densidade de pulsos.

Para melhor avaliação da acurácia, realizou-se nova amostragem sobre lotes urbanos previamente georreferenciados e homologados pela prefeitura municipal. A metodologia de validação consistiu no confronto direto entre três conjuntos de dados posicionais:

Coordenadas dos Lotes no Cadastro Territorial Urbano (CTU), composto pelas coordenadas dos vértices testados, obtidas do cadastro imobiliário de Passo Fundo (PMPF, 2026).

Coordenadas Coletadas pela CAMyCLETA, que são o conjunto de coordenadas geográficas capturadas em campo por um *smartphone*.

Coordenadas da CAMyCLETA Retificadas, resultantes de uma reconstrução vetorial alinhada a partir do vetor de orientação definido pelos pontos extremos do trecho ensaiado (IDs 1 e 8), aplicando a distância acumulada pelo odômetro de pulsos ao longo do alinhamento (Figura 7).

Figura 7 – Visualização de lotes georreferenciados pela prefeitura X GNSS X Coord Retificadas



Elaboração: autores – 2026

A Tabela 1 apresenta os erros posicionais entre as coordenadas do CTU/CIATA e as coletadas em campo pelo equipamento CAMyCLETA. Nota-se a presença de erros aleatórios expressivos na recepção GNSS bruta, reduzindo a precisão e inviabilizando a aplicação direta desses dados para fins cadastrais sem tratamento prévio.

Tabela 1 – Erros posicionais das coordenadas coletadas

TABELA COMPARATIVA DE COORDENADAS E ERROS POSICIONAIS COORDENADAS COLETADAS CAMYCLETA			
Ref. Cadastro	**Coordenadas Cadastro (Lat, Long)**	**Coordenadas Coletadas (Lat, Long)**	**Erro Posicional (m)**
CTU_1	-28.243137, -52.416341	-28.243141, -52.416323	1,82
CTU_2	-28.243012, -52.416399	-28.243019, -52.416353	4,57
CTU_3	-28.242912, -52.416445	-28.242892, -52.416443	2,23
CTU_4	-28.242811, -52.416491	-28.242825, -52.416468	2,74
CTU_5	-28.242711, -52.416537	-28.242731, -52.416531	2,3
CTU_6	-28.242611, -52.416583	-28.242569, -52.416593	4,77
CTU_7	-28.242511, -52.416629	-28.242497, -52.416579	5,14

Elaboração: autores – 2026

A Tabela 2 apresenta os erros obtidos após a espacialização da malha urbana por meio do processamento na plataforma *SuperCIATA*. A metodologia realiza o alinhamento geométrico do segmento viário a partir das coordenadas dos vértices das esquinas (pontos extremos), projetando a posição dos vértices intermediários com base nas distâncias acumuladas registradas pelo odômetro. O procedimento proporciona ganhos expressivos de acurácia e padronização da precisão posicional ao longo do trecho.

Tabela 2 – Erros posicionais das coordenadas retificadas

TABELA COMPARATIVA DE COORDENADAS E ERROS POSICIONAIS COORDENADAS DA CAMYCLETA RETIFICADAS			
Ref. Cadastro	**Coordenadas Cadastro (Lat, Long)**	**Coordenadas Coletadas (Lat, Long)**	**Erro Posicional (m)**
CTU_1	-28.243137, -52.416341	-28.243141, -52.416323	1,85
CTU_2	-28.243012, -52.416399	-28.243008, -52.416385	1,49
CTU_3	-28.242912, -52.416445	-28.242908, -52.416431	1,45
CTU_4	-28.242811, -52.416491	-28.242808, -52.416477	1,41
CTU_5	-28.242711, -52.416537	-28.242716, -52.416520	1,79
CTU_6	-28.242611, -52.416583	-28.242616, -52.416566	1,78
CTU_7	-28.242511, -52.416629	-28.242521, -52.416611	2,14

Elaboração: autores – 2026

O Quadro 4 sintetiza e compara as melhorias proporcionadas pela retificação das coordenadas, tomando como referência o alinhamento fixado a partir dos pontos extremos do levantamento.

Quadro 4 - Resumo estatístico comparativo

RESUMO ESTATÍSTICO ERROS POSICIONAIS – COORDS RETIFICADAS			
Métrica Estatística	**Coordenadas Coletadas (m)**	**Coordenadas Retificadas (m)**	**Redução Relativa (%)**
Média ($\bar{x}$)	3,37	1,7	49,50%
Desvio-Padrão (s)	1,4	0,26	81,10%
Erro Mínimo	1,82	1,41	22,50%
Erro Máximo	5,14	2,14	58,40%
RMSE (Erro Médio Quadrático)	3,61	1,72	52,40%

Elaboração: autores – 2026

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento e a aplicação de uma ferramenta de hardware e software voltada à otimização da coleta de dados territoriais em campo. A partir da integração do odômetro físico, sensores do *smartphone* e da plataforma de processamento *web*, foi possível avaliar a viabilidade do sistema no contexto da gestão imobiliária e urbana.

Ressalta-se que a solução proposta não se caracteriza como um sistema de georreferenciamento de precisão cadastral estrita, mas sim como uma ferramenta de apoio ao trabalho de campo voltada à coleta sistemática de dados territoriais para criação ou atualização de um cadastro urbano realista, com identificação de logradouros, numeração predial e amarração espacial aproximada.

Sob a ótica do planejamento urbano, a disponibilização de uma metodologia de baixo custo e alta operacionalidade representa um avanço significativo para a promoção da justiça territorial e da equidade fiscal. Ao viabilizar a atualização célere e massiva do cadastro imobiliário, a ferramenta reduz as assimetrias de informação e fortalece a capacidade de gestão pública local.

O fluxo metodológico desenvolvido facilita a aquisição estruturada de dados em campo, mitigando a dependência de bases colaborativas externas e a inconsistência frequentemente associada a dados de terceiros. Por fim, a abordagem integra e centraliza as etapas de pré e pós-processamento em uma aplicação web dedicada, otimizando o tratamento das informações e garantindo maior fluidez ao ciclo de vida dos dados da malha fundiária.

5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E TRABALHOS FUTUROS

Apesar dos resultados promissores alcançados pela metodologia proposta, foram identificadas limitações operacionais e de amostragem que devem ser consideradas no aprimoramento do sistema.

O experimento de validação limitou-se a uma amostra piloto de quadra urbana e outra em um conjunto de 6 lotes georreferenciados, o que restringiu a avaliação rigorosa da acurácia absoluta. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a expansão dos ensaios para áreas urbanas previamente georreferenciadas por métodos topográficos convencionais (como receptores GNSS RTK ou estações totais), permitindo uma análise estatística de erros mais detalhada.

A proximidade física entre a trajetória da bicicleta e o alinhamento predial resultou em um campo de visão reduzido nas imagens capturadas pelo *smartphone*, comprometendo o enquadramento completo das fachadas. Propõe-se, para versões subsequentes, o emprego de lentes grande-angulares adaptadas ou a integração de uma câmera auxiliar para otimizar o registro das divisas e acessos aos imóveis.

Ademais, reconhece-se como limitação o teste focado na configuração de 3 ímãs (~50 cm de arco em roda aro 18). Como trabalho futuro, planeja-se realizar ensaios comparativos variando a densidade de ímãs (por exemplo, testando configurações com 6 ímãs para obter arcos de ~25 cm), avaliando experimentalmente a curva de ganho de precisão geométrica nas divisas em contrapartida ao incremento no ruído de leitura do sensor e à complexidade de montagem mecânica.

Por fim, sugere-se a prospecção da influência da densidade de redes Wi-Fi acessíveis na acurácia e na curva de estabilização (*dwell time*) do GNSS do *smartphone*, avaliando em que medida a triangulação por redes sem fio atenua os desvios posicionais do dispositivo móvel e reduz o tempo de parada necessário em campo (GOMES; OLIVEIRA; KRUEGER, 2022).

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. [Estatuto da Cidade]. Brasília, DFPresidência da República, , 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>

BRASIL. Lei Complementar nº 214, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e a Contribuição Social sobre Bens e Serviços (CBS). Brasília, DFPresidência da República, , 2024. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp214.htm>

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento. Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Institui as Diretrizes Nacionais para o Cadastro Técnico Territorial Multifinalitário (CTTM) e a formulação da Planta de Valores Genéricos (PVG) nos Municípios Brasileiros. Diário Oficial da UniãoBrasília, DF, nov. 2022.

CASTANHEIRO, Leticia; CAMPOS, Mariana; TOMMASELLI, Antonio. Análise da Viabilidade de um Sistema de Mapeamento Móvel Terrestre de Baixo Custo para Cadastro Territorial Urbano. *In*: out. 2018.

Documentação de SQLite. Disponível em: <https://coddy.tech/docs/pt/sqlite>. Acesso em: 27 jul. 2026.

ELHASHASH, Mostafa; ALBANWAN, Hessah; QIN, Rongjun. A Review of Mobile Mapping Systems: From Sensors to Applications. Sensors, v. 22, n. 11, p. 4262, 2 jun. 2022.

ENEMARK, Stig; MCLAREN, Robin; LEMMEN, Christian. Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale. Land, v. 10, n. 9, p. 972, 15 set. 2021.

GOMES, Allan; DE OLIVEIRA JÚNIOR, Paulo Sérgio; KRUEGER, Claudia Pereira. Posicionamento pelo GNSS via smartphones: breve histórico e contextualização de novas ferramentas e tecnologias. Revista Brasileira de Cartografia, v. 74, n. 3, p. 518–535, 5 set.

2022.

IBGE. Rede Planialtimétrica | IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16284-rede-planialtimetrica.html>. Acesso em: 18 set. 2026.

PMPF. Revisão de Dados Cadastrais do Imóvel. Disponível em: <https://www.pmpf.rs.gov.br/secretaria-de-planejamento/servicos/revisao-de-dados-cadastrais-do-imovel/>. Acesso em: 17 set. 2026.