

Spatialization of Territorial Parcels for Efficient Land Management

Marco Aurélio BARBIERO and Carlos Antonio Oliveira VIEIRA, Brazil

Key words: Land Management, Multi-Purpose Territorial Cadastre, Spatialization of Territorial Parcels, LADM, CNEFE, CIATA.

SUMMARY

Georeferencing urban land parcels is essential for municipal management, supporting urban planning, land regularization, tax collection, integrated public services, and legal security in real estate transactions. It also promotes transparency and citizen participation while aligning administration with geographic information systems and federal regulations, including the *City Statute* and *National System for Territorial Information Management (SINTER)*. Despite these benefits, georeferencing urban land parcel in Brazilian municipalities is limited. In 2019, only 21% of municipalities had a georeferenced cadastral database, while 59% collected only descriptive data, often without spatialization, and some lacked automation. This highlights the need for methods enabling large-scale spatialization of urban parcels and updated cadastral mapping. This work proposes a *Fit-For-Purpose Land Administration* methodology using *National Address Database for Statistical Purposes (CNEFE)* and municipal cadastre data combined with *OpenStreetMap*. Results show that georeferencing can achieve a maximum error limited to half the block dimensions when CNEFE points are adequately distributed, while discrepancies reveal potential cadastre integrity issues. Collected images and operation logs may support future *deep learning* applications, enhancing accuracy and automation.

RESUMO

O georreferenciamento de parcelas urbanas é essencial para a gestão municipal, apoiando o planejamento urbano, a regularização fundiária, a arrecadação tributária, a gestão integrada de serviços públicos e a segurança jurídica em transações imobiliárias. Também promove transparência e participação cidadã, alinhando a administração a sistemas de informação geográfica e às normas federais, incluindo o Estatuto das Cidades e o SINTER. Apesar desses benefícios, a cobertura de georreferenciamento nos municípios brasileiros é limitada. Em 2019, apenas 21% dos municípios possuíam uma base cadastral georreferenciada, enquanto 59% coletavam apenas dados descritivos, frequentemente sem espacialização, e alguns não utilizavam automação. Isso evidencia a necessidade de métodos que permitam a espacialização em larga escala das parcelas urbanas e a atualização do cadastro municipal. Este trabalho propõe uma metodologia de Administração Territorial Fit-For-Purpose utilizando dados do CNEFE e do cadastro municipal, combinados com *OpenStreetMap*. Resultados mostram que o georreferenciamento das parcelas pode alcançar erro máximo limitado à metade das dimensões da quadra, e que discrepâncias indicam possíveis problemas de integridade cadastral. Imagens e registros coletados podem apoiar futuras aplicações de *deep learning*, aumentando precisão e automação.

1

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

Marco Aurélio BARBIERO and Carlos Antonio Oliveira VIEIRA, Brasil (Brazil?)

1. INTRODUÇÃO

Existem muitas razões para um município fazer o georreferenciamento das parcelas territoriais. Essa prática contribui diretamente para o planejamento urbano, ao permitir a identificação precisa do uso e ocupação do solo, e pode melhorar a eficiência da arrecadação tributária. Também favorece a regularização fundiária, oferece suporte à gestão integrada dos serviços públicos e fortalece a segurança jurídica nas transações imobiliárias. Do ponto de vista institucional, o georreferenciamento viabiliza uma gestão pública moderna, alinhada a sistemas de informação geográfica, e assegura conformidade com legislações federais, como o Estatuto da Cidade e o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER). Além disso, é um instrumento fundamental para redução de riscos urbanos, formulação de políticas sociais territoriais e promoção da transparência e participação social.

Apesar das evidentes contribuições oferecidas pela presença de dados georreferenciados no cadastro urbano, em 2019 apenas um quinto dos municípios brasileiros (21% ou 1.159 municípios) possuíam uma base cadastral georreferenciada, segundo a Pesquisa de Informações Básicas Municipais – 2019 (IBGE, 2019a).

Essa mesma pesquisa mostrou que 59% dos municípios se limitavam a coletar informações descritivas necessárias ao cumprimento da legislação e à cobrança de tributos, sem o apoio de sistemas automatizados. Havia, ainda, municípios que não utilizavam nenhum tipo de automatização.

Diante de índices tão reduzidos de georreferenciamento, independentemente das razões que expliquem essa lacuna nos cadastros municipais, urge buscar alternativas que viabilizem a espacialização em larga escala da malha fundiária urbana, bem como a produção e atualização do mapeamento cadastral municipal.

Uma das estratégias mais eficazes para acelerar esse processo de espacialização consiste no aproveitamento de bases de dados já georreferenciadas e na busca por métodos de integração com os cadastros urbanos municipais, ainda que a precisão obtida inicialmente não seja a ideal. No Brasil, por exemplo, o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE), iniciativa do IBGE voltada à coleta e organização de informações de endereços para fins censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (IBGE, 2025), apresenta-se como uma alternativa relevante para ser utilizada em conjunto com o mapeamento cadastral e outras geotecnologias na gestão urbana dos municípios brasileiros.

Este trabalho propõe uma metodologia *Fit-For-Purpose Land Administration* (Enemark; McLaren; Lemmen, 2021) para a espacialização em larga escala de parcelas da malha urbana, fundamentada em duas bases de dados públicas e gratuitas: o CNEFE/IBGE e o cadastro territorial urbano municipal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho insere-se no campo da gestão territorial urbana, com ênfase na

2

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

especialização de parcelas, e busca ressignificar os cadastros urbanos por meio da incorporação do georreferenciamento, a partir de uma abordagem fundamentada exclusivamente em bases de dados textuais gratuitas, como o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) e o OpenStreetMap.

A metodologia ora apresentada foi denominada *SuperCIATA*, em alusão ao Projeto CIATA (Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo de Municípios), desenvolvido no Brasil na década de 1970, considerado “...a primeira iniciativa formal de estruturação metodológica do cadastro urbano pelo governo federal, iniciativa que balizou a estruturação e implementação do cadastro imobiliário na maioria dos municípios brasileiros” (Cunha et al., 2019).

Além de designar a metodologia, *SuperCIATA* também nomeia a aplicação web desenvolvida para demonstrar as diferentes etapas de transformação e integração dos dados originais até sua consolidação em **informações cadastrais georreferenciadas**.

2.1 ANTECEDENTES SMARTSKEMA E O SUPERCIATA

No contexto internacional de inovação em cadastro técnico, destaca-se a ferramenta *SmartSkeMa*, desenvolvida pelo projeto europeu *H2020 its4land*. Esta solução representa um avanço significativo na abordagem de *sketch mapping* (mapeamento por esboço), propondo-se a democratizar o registro e a formalização de direitos fundiários em comunidades rurais de países em desenvolvimento. Sua principal inovação tecnológica reside na utilização de algoritmos inteligentes de reconhecimento de formas para converter esboços cartográficos rudimentares, desenhados manualmente, em representações digitais geometricamente corretas (Koeva et al., 2021).

A iniciativa *SmartSkeMa* e o *SuperCIATA* compartilham a adesão às recomendações do paradigma *Fit-for-Purpose* e o compromisso com a simplificação de processos. Entretanto, o *SmartSkeMa* direciona-se a áreas rurais e, ao que tudo indica, não recebe atualizações ou manutenção sistemática desde 2019.

2.2 CADASTRO TERRITORIAL URBANO E O CIATA

O Projeto CIATA (Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico) (MF-CIATA, 1979) foi implementado na década de 1970 pela Secretaria de Economia e Finanças do Ministério da Fazenda, com recursos do Programa de Assistência Técnica (PRAT) e apoio do Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO). O objetivo era, inicialmente, auxiliar pequenos municípios na implantação do Cadastro Técnico Municipal e, assim, aumentar a arrecadação de receitas próprias e diminuir a dependência de recursos externos (Silva, 2023).

Apesar de ter como foco principal a melhoria da arrecadação municipal, o CIATA contribuiu para a implementação de cadastros em diversos municípios brasileiros, **servindo como base para o desenvolvimento de sistemas de informações territoriais mais abrangentes**.

2.2.1 Modelo conceitual do CIATA

O CIATA foi concebido de forma modular e flexível para atender às necessidades específicas de cada município, abrangendo módulos de assistência jurídica, administrativa, cadastro imobiliário urbano, cadastro fiscal mobiliário e receita (Carneiro, 2003).

Levando em conta as limitações técnicas das décadas de 1970 e 1980, em especial a inexistência de Sistemas de Bancos de Dados (SGBDs) comerciais, a modelagem dos dados do CIATA seguiu o modelo de registros completos únicos, preponderante na época, em que todas as

informações de um objeto são armazenadas em uma única linha do arquivo (SERPRO; Barbiero, 2025).

O modelo de registro único do CIATA é considerado obsoleto atualmente, tendo sido substituído pelo modelo relacional (Date, 2004), mas algumas características importantes para aplicação foram preservadas em grande parte dos sistemas de cadastro modernos: **uma chave primária hierárquica composta, geralmente, por distrito, setor, quadra e unidade e; as dimensões da testada e da lateral dos terrenos**. Com esses dados é possível representar graficamente as quadras e os terrenos que as compõem de forma proporcional.

2.2.2 O CIATA e o LADM

O LADM, sigla para Land Administration Domain Model, é um modelo de dados internacional padronizado para a representação de informações sobre a administração de terras. Ele foi desenvolvido pela Federação Internacional de Geômetras (FIG) e pela Organização Internacional de Normalização (ISO). O LADM define um conjunto de objetos (classes) e relacionamentos que podem ser usados para descrever diferentes aspectos da administração territorial, como direitos de propriedade, restrições de uso da terra e informações espaciais. A adoção do LADM pode facilitar a integração de dados entre diferentes sistemas e promover a interoperabilidade entre países (Lemmen; Van Oosterom; Bennett, 2015).

A contribuição mais visível do LADM é o conjunto de diagramas UML (Unified Modeling Language) que apresenta as classes e os atributos mais relevantes de um sistema de cadastro. Classes são estruturas que definem o modelo de dados de um objeto, enquanto os atributos são variáveis associadas às classes, responsáveis por descrever as características específicas de cada objeto (ISO 19152(LADM), 2012).

Em linhas gerais, o LADM separa as classes em três pacotes e um subpacote (Panchiniak, 2017):

- Party Packet: Este pacote representa as pessoas, grupos e/ou organizações relacionadas às unidades espaciais. As classes neste pacote incluem LA_Party, LA_GroupParty e LA_PartyMember;
- Administrative Packet: pacote que lida com os direitos, deveres e restrições aos quais cada unidade está sujeita. Ele inclui classes como LA_RRR (com suas especializações LA_Right, LA_Restriction e LA_Responsability), LA_BAUnit e LA_AdministrativeSource;
- Spatial Unit Packet: Este pacote representa as unidades espaciais, como parcelas, edifícios e redes de infraestrutura. Aqui aparecem as classes LA_SpatialUnit, LA_SpatialUnitGroup, LA_Level e outras.
- Surveying and Representation SubPacket: Este subpacote, dentro do Spatial Unit Packet, é responsável pelas representações geométricas das unidades espaciais e correções topológicas por meio de sistemas de informação geográfica associados a bancos de dados. Ele inclui classes como LA_Point, LA_SpatialSource, LA_BoundaryFaceString e LA_BoundaryFace.

As classes listadas acima são padronizadas pela (ISO 19152(LADM), 2012), no entanto cada país pode criar classes para adequar o modelo às suas necessidades.

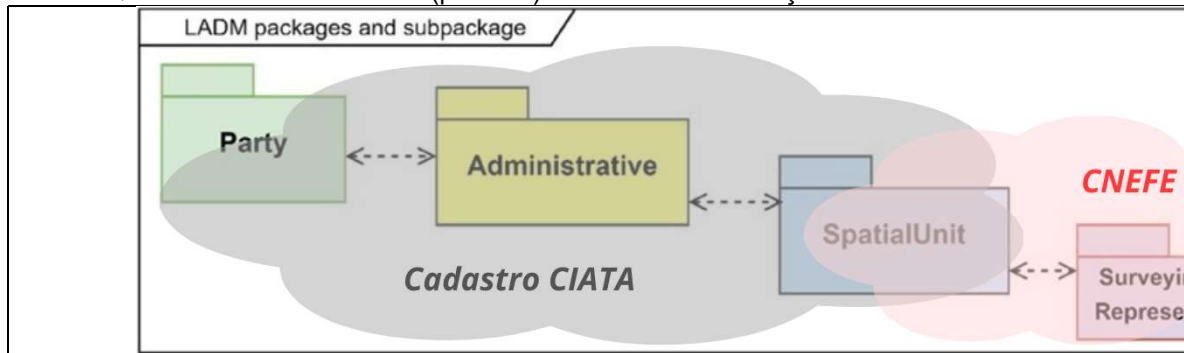
LADM apresenta fortes influências do modelo relacional proposto por Edgar Codd, no qual cada classe ou objeto é modelado em uma estrutura de dados separada (Date, 2004), conforme se verifica na norma ISO 19152(LADM) 2012. Por outro lado, o CIATA foi predominantemente implementado utilizando um único arquivo como base. Suas definições de

dados - ou pelo menos uma pista delas – encontram-se no *Manual do Cadastro Imobiliário* (SERPRO; Barbiero, 2025). Assim, uma comparação direta e detalhada entre as duas tecnologias só é possível no nível conceitual, como mostra o Quadro 1. Entretanto, é possível analisar os campos definidos pelo CIATA à luz do LADM. No Quadro 2, por exemplo, observa-se que o subpacote *Surveying and Representation* não foi contemplado no projeto original do CIATA.

Quadro 1:Comparativo conceitual entre CIATA e LADM

Característica	CIATA	LADM
Origem	Iniciativa do governo brasileiro nas décadas de 1970 e 1980.	Modelo conceitual internacional desenvolvido pela FIG e ISO.
Âmbito	Cadastro territorial urbano no Brasil, com foco inicial em municípios de pequeno porte.	Administração territorial em geral, aplicável a diferentes países e contextos.
Objetivo	Aumentar a arrecadação municipal por meio de um sistema de cadastros técnicos eficiente.	Fornecer um modelo padrão para a administração de terras, promovendo interoperabilidade.
Metodologia	Flexível e adaptável, permitindo a cada município definir as informações a serem coletadas.	Baseado em um modelo conceitual que define objetos e relacionamentos padronizados.
Tecnologia	Limitada à tecnologia disponível na época, com foco em processamento de dados.	Independente de tecnologia, podendo ser implementado com diferentes ferramentas.
Georreferenciamento	Uso incipiente e limitado do georreferenciamento. Poucos casos de integração espacial efetiva.	Georreferenciamento é parte central do modelo, com forte ênfase na representação parcelas.
Implementação	Descontinuado em 1981, com a perda de financiamento.	Em constante desenvolvimento e aprimoramento, com adoção internacional.

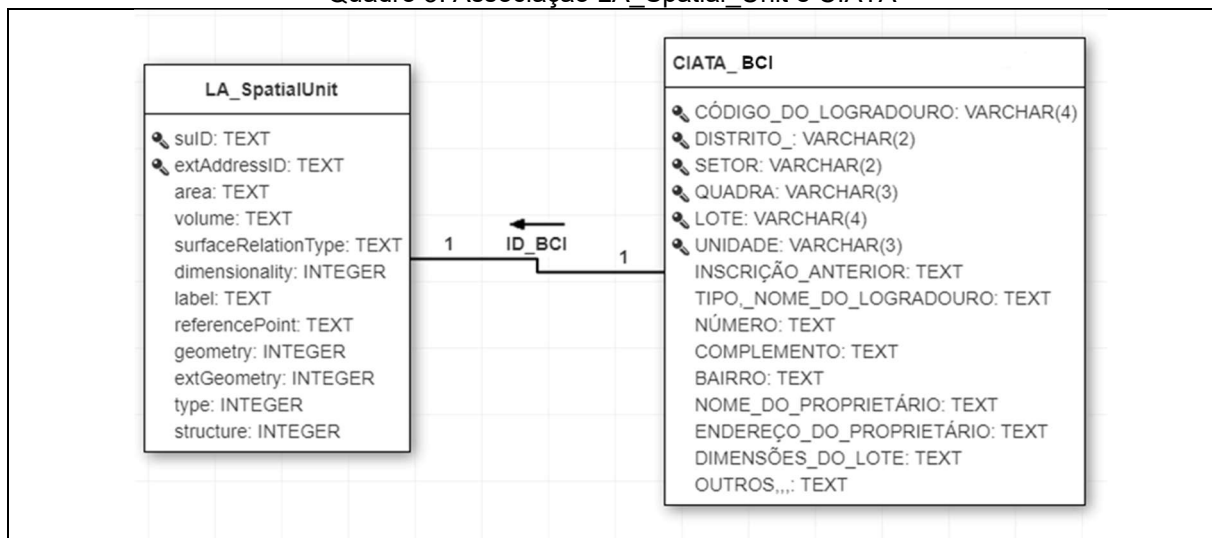
Quadro 2: Classes básicas (pacotes) do LADM e sua relação com CIATA e CNEFE



Fonte:(Yılmaz; Alkan, 2024). Adaptação: Autores

O Quadro 3 mostra uma sugestão de conexão das classes LADM à tabela única do Projeto CIATA original, através da criação de uma nova classe **CIATA_BCI** com os campos extraídos do *Boletim de Cadastro Imobiliário* (BCI). Os seis primeiros campos formam a chave da *Unidade Imobiliária* (**ID_BCI**) (SERPRO; Barbiero, 2025). O **ID_BCI** é a chave primária da tabela **CIATA_BCI** e é a melhor opção para integrá-la a uma base de dados construída sob as recomendações do LADM.

Quadro 3: Associação LA_Spatial_Unit e CIATA



Sistemas de cadastro atuais organizam os diversos temas em tabelas distintas, o que facilita a integração com o modelo LADM.

2.3 CNEFE

Segundo (IBGE, 2025), “O Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE é uma base de dados de abrangência nacional criada em 2005. Esse cadastro contempla **endereços georreferenciados de domicílios e estabelecimentos** de todo o país.”

O CNEFE é administrado pelo IBGE e é atualizado de forma integral nos censos demográficos e pontualmente em outras pesquisas. Os dados são submetidos a um rigoroso processo de validação e padronização, garantindo sua confiabilidade (IBGE, 2024). Ademais, a

abrangência da coleta, que resultou em mais de 103 milhões de endereços validados em 2022, torna sua base de dados georreferenciados uma das mais completas do país.

Em suma, a partir do censo de 2022, para cada endereço encontrado nos municípios, os recenseadores coletaram as coordenadas de um **ponto** localizado no logradouro à frente de unidades construídas ou em construção (IBGE, 2024)

Importante destacar o conceito de **endereço** definido no documento *Padrão de Registro de Endereços* (IBGE, 2019): “um texto que permite identificar uma **unidade construída** de forma adequada dentro de um município, isto é, a partir desse texto, deve ser possível individualizar e localizar um ponto de interesse dentro de um dado município.”.

Da análise da definição de **endereço** apresentada, infere-se que nem todos os objetos de interesse cadastral municipal estão contemplados no CNEFE, uma vez que terrenos baldios e áreas sem destinação não são coletados. Por outro lado, a base inclui endereços em áreas rurais, apresenta repetições de pontos georreferenciados e contém atributos considerados desnecessários, os quais precisam ser filtrados para o processamento eficaz da metodologia *SuperCIATA*.

No que se refere ao georreferenciamento, de acordo com o documento *Nota metodológica n. 01* do IBGE (IBGE, 2024), as coordenadas dos endereços são apresentadas na projeção SIRGAS 2000, no formato de graus decimais com sinal e até cinco casas decimais. A captação dessas coordenadas foi feita dispositivos *GNSS* (*Global Navigation Satellite System*) embarcados nos aparelhos de coleta. Em condições normais de coleta (edificações horizontais, prédios baixos, áreas rurais), o erro máximo atingiu 11,71 metros.

Os arquivos do CNEFE referentes a cada município brasileiro são disponibilizados no portal oficial do IBGE (IBGE, 2025), nos formatos CSV (separado por ponto e vírgula) e GeoJSON. Cada registro possui 35 atributos, cobrindo diferentes dimensões de interesse censitário.

2.3.1 O CNEFE e o LADM

O Quadro 4 apresenta uma comparação entre o CNEFE e o modelo conceitual internacional LADM com foco nas diferenças estruturais e funcionais entre ambos. Destaca-se, nesse contexto, que o CNEFE não contempla informações relativas aos atores envolvidos (entidades *LA_Party* no LADM), tampouco representa as relações jurídicas, técnicas ou administrativas entre essas partes e os endereços cadastrados (*LA_RRR — Rights, Restrictions and Responsibilities*). Além disso, a representação espacial se limita à indicação de pontos georreferenciados, não sendo incluídas informações sobre a extensão ou delimitação das unidades espaciais, como áreas ou polígonos.

Em síntese, os dados públicos disponibilizados pelo IBGE por meio do CNEFE podem ser interpretados, à luz do LADM, como uma representação parcial centrada nas unidades administrativas básicas (*LA_BAUnit*), desprovidas dos vínculos jurídicos e relacionais que caracterizam um sistema cadastral completo segundo os padrões internacionais (“ISO 19152(LADM)”, 2012).

Quadro 4: Comparando CNEFE e LADM

Característica	CNEFE	LADM
Origem	Desenvolvido pelo IBGE a partir de 2005, como base de endereços para operações	Modelo conceitual internacional elaborado pela FIG e padronizado

7

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

	censitárias.	pela ISO 19152.
Âmbito	Cadastro de endereços para fins estatísticos e logísticos em todo o território brasileiro.	Modelo global para administração de terras, aplicável a diferentes legislações e contextos.
Objetivo	Fornecer uma base nacional de endereços com cobertura ampla para apoiar censos e pesquisas domiciliares.	Estabelecer um padrão para representação de direitos, restrições e responsabilidades sobre a terra.
Metodologia	Coleta de dados em campo com GPS e questionários, com estrutura orientada a unidades domiciliares e logradouros.	Baseado em conceitos abstratos como “partes interessadas”, “fontes”, “unidades espaciais” e “unidades legais”.
Tecnologia	Utiliza GPS, banco de dados e sistemas internos do IBGE; informações com atributos espaciais simples (ponto).	Independente, mas voltada à integração com SIG, bancos espaciais e infraestruturas de dados espaciais (IDE).
Georreferenciamento	Possui dados com coordenadas geográficas (pontos) coletadas em campo, mas com foco em localização de domicílios e logradouros, não em limites de parcelas ou unidades espaciais completas.	Georreferenciamento é central ao modelo, permitindo múltiplos tipos de geometrias (ponto, linha, polígono) vinculadas a unidades legais e administrativas.
Implementação	Em uso contínuo pelo IBGE, com atualizações periódicas durante operações censitárias e por meio de parcerias locais.	Em expansão global, sendo adaptado por diversos países e integrado a legislações nacionais de cadastro e registro.

2.4 OPENSTREETMAP – OSM

O *OpenStreetMap* (OSM) é um projeto colaborativo que oferece dados geográficos abertos e gratuitos, mantidos por uma comunidade global de contribuidores. Ele contém representações vetoriais detalhadas de elementos urbanos como logradouros (vias públicas), edificações, praças, entre outros (Haklay, 2010).

O OSM foi criado em 2004 por Steve Coast, no Reino Unido, como resposta à restrição de acesso e aos altos custos de dados geográficos proprietários (Haklay; Weber, 2008). Inspirado no modelo colaborativo da Wikipedia, o projeto consolidou-se como a principal iniciativa de mapeamento livre e aberto do mundo, sustentado por uma comunidade global de voluntários

8

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Especialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

(Goodchild, 2007).

O banco de dados do OSM é organizado em *nodes*, *ways* e *relations* que representam, respectivamente, pontos discretos, linhas (logradouros e rios) e estruturas complexas. Nesse trabalho, para a espacialização das quadras do cadastro municipal, são usadas as coordenadas de trechos dos logradouros (*ways*), acessadas através do serviço *API Overpass*. A *API Overpass* é um serviço de consulta especializado para extração de dados do OSM usando uma linguagem semelhante ao SQL (Olbricht; Paulmann, 2015).

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Itabira, localizado no Quadrilátero Ferrífero a aproximadamente 110 km de Belo Horizonte, possui área total de 1.253,704 km², dos quais cerca de 70 km² são urbanos. A população estimada em 2020 era de 120.904 habitantes.

O cadastro imobiliário municipal encontrava-se desatualizado, composto por informações alfanuméricas vinculadas ao sistema de tributação e por dados geoespaciais em meio digital, porém em bases desconectadas. Nesse contexto, identificou-se a necessidade de estruturar um modelo conceitual atualizado, em conformidade com as tendências de modernização dos sistemas cadastrais. Esse modelo deveria ter a **parcela territorial (lote)** como objeto central do cadastro, em consonância com a definição da Federação Internacional dos Geômetras (FIG), permitindo sua utilização como referência básica para os cadastros temáticos e possibilitando a integração com classes como pessoas, endereços e tributos (Vieira et al., 2024).

3.2 MATERIAIS:

Este trabalho utiliza três fontes de dados: o CNEFE do IBGE, o cadastro municipal urbano e, quando disponíveis, os dados abertos provenientes do *OpenStreetMap*.

Para organizar as diferentes origens de dados, adotou-se a convenção de acrescentar um identificador de domínio antes dos nomes das tabelas: **CN_** para CNEFE; **CI_** para CIATA e; **SC_** para *SuperCIATA*

A aplicação *SuperCIATA*, construída para testar e demonstrar a metodologia de integração das bases de dados, também emprega: o sistema gerenciador de banco de dados *MySQL* (“MySQL”, 2025) para armazenamento de informações; a linguagem de programação *Javascript* (“JavaScript | MDN”, 2025) para a realização de cálculos e desenvolvimento das páginas e; a biblioteca *Leaflet* (“Leaflet”, 2025) para a visualização cartográfica.

Todos esses componentes são fornecidos pelo serviço de hospedagem e o acesso à aplicação e aos documentos e códigos pode ser feito pela URL: <http://SuperCIATA.smuu.com.br>.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Obtenção de Pontos do IBGE

A padronização, a disponibilidade e a documentação do CNEFE conferem simplicidade ao processo de importação de seus dados para um banco de dados relacional. Para tal, basta realizar o download do arquivo em formato CSV e utilizar os recursos disponibilizados pelos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) para importação. Nessa etapa inicial, recomenda-se importar o arquivo integral do município, procedendo posteriormente às filtragens e às transformações estruturais necessárias por meio da linguagem SQL (*Structured Query Language* – Linguagem Estruturada de Consultas), uma linguagem de programação padronizada e amplamente empregada para interação com sistemas de gerenciamento de bancos

de dados relacionais.

Uma vez armazenados os dados em uma tabela denominada **CN_PONTOS**, é possível executar uma única consulta SQL com múltiplos propósitos: selecionar os atributos de interesse, excluir endereços não urbanos ou de baixa qualidade, concatenar atributos e eliminar pontos duplicados. O código necessário para essa tarefa é mostrado no Quadro 5 e ilustra a eficiência e a capacidade do SQL na manipulação e no tratamento de grandes volumes de dados.

Quadro 5: Código SQL para criação da tabela **CN_PONTOS_UNICOS**

```
CREATE TABLE CN_PONTOS_UNICOS AS
SELECT
  COD_MUNICIPIO,
  COD_UNICO_ENDereco,
  -- ID_QUADRA = concatenação COD_SETOR + NUM_QUADRA
  CONCAT(COD_SETOR, LPAD(NUM_QUADRA, 3, '0')) AS ID_QUADRA,
  -- ID_FACE = concatenação COD_SETOR + NUM_QUADRA + NUM_FACE
  CONCAT(COD_SETOR, LPAD(NUM_QUADRA, 3, '0'), LPAD(NUM_FACE, 2, '0')) AS ID_FACE,
  REPLACE(
    CONCAT(
      TRIM(COALESCE(NOM_TIPO_SEGLOGR, '')), ' ',
      TRIM(COALESCE(NOM_TITULO_SEGLOGR, '')), ' ',
      TRIM(COALESCE(NOM_SEGLOGR, ''))
    ),
    ' ', ''
  ) AS NOM_LOGRADOURO, -- NOM_LOGRADOURO com limpeza de espaços
  NUM_ENDereco,
  LATITUDE,
  LONGITUDE,
  ST_GeomFromText(
    CONCAT('POINT(', LONGITUDE, ' ', LATITUDE, ')'), 4326
  ) AS COORDS -- Campo do tipo geometry (POINT)
FROM CN_PONTOS
WHERE NUM_QUADRA > 0
  AND NV_GEO_COORD < '4'
ORDER BY ID_QUADRA;
```

A tabela **SC_PONTOS_UNICOS** agora apresenta novos atributos: **ID_QUADRA = (COD_SETOR + NUM_QUADRA; ID_FACE = COD_SETOR + NUM_QUADRA + NUM_FACE** e; **NOM_LOGRADOURO = NOM_TIPO_SEGLOGR + NOM_TITULO + SEGLOGR + NOM_SEGLOGR**. Essas modificações são necessárias para alinhar os conceitos do CIATA e do CNEFE.

Outras tarefas da metodologia, como cálculo dos centroides e geração das identidades de quadras são realizadas através de consultas em SQL disponíveis em (*SuperCIATA*, 2025).

3.3.2 Obtenção dos dados do CIATA (Cadastro Municipal)

Obter os dados do cadastro municipal no formato correto pode ser bastante desafiador porque, embora a maioria das prefeituras usem um modelo de dados semelhante ao CIATA, não há padronização quanto ao formato ou tipologia dos atributos. Além disso, é muito comum que as aplicações de cadastro sejam terceirizadas e armazenem as informações em bancos de dados proprietários. Nesse caso, a administração deve solicitar ao fornecedor do software uma extração dos registros no formato **CSV** (*Comma Separated Values* Valores Separados por Vírgula)(Open Knowledge, [S.d.]) e, posteriormente, fazer as alterações necessárias no SGBD. É possível que surjam dúvidas quanto à obrigatoriedade de fornecimento de dados à prefeitura; entretanto, a legislação brasileira dispõe de forma detalhada sobre esse tema. Conforme o artigo 5º da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD, 2018), que disciplina o tratamento de dados

pessoais no Brasil, distinguem-se dois tipos de agentes de tratamento: o Controlador, responsável por definir as finalidades e os meios do tratamento de dados pessoais, e o Operador, que executa o tratamento de acordo com as instruções do controlador.

No caso do cadastro urbano a prefeitura exerce o papel de controladora e pode determinar as operações a serem realizadas, inclusive a exportação das informações para formatos abertos, sendo permitida a cobrança de indenização pelo trabalho de conversão executado pelo operador.

3.3.3 Obtendo dados do OpenStreetMap (OSM)

As coordenadas dos logradouros fornecidas pelo OpenStreetMap são usadas para ajustar a declividade geográfica de um segmento de via em relação ao eixo norte-sul e, por extensão, do polígono gerado a partir de informações do cadastro municipal.

Com o centroide da face mais povoada calculado e usando o serviço *API Overpass* faz-se uma consulta na linguagem *OverpassQL* (“Overpass API”, 2025) para retornar as coordenadas dos pontos do logradouro próximos ao centroide. O Quadro 6 apresenta uma consulta que procura pontos da *way* **logradouro**, num raio de **around** metros das coordenadas **lat** e **long**.

Quadro 6: Consulta ao *API Overpass*

```
`[out:json][timeout:25];
  (way["highway"] ["name"~"${logradouro}",i] (around:${raioMetros},${lat},${lng}));
  out body;>;out skel qt;`;
```

3.3.4 Integrando CNEFE e CIATA

A ideia central da aplicação *SuperCIATA* é que o cadastro da prefeitura permita representar as quadras em polígonos, e que o CNEFE forneça a posição aproximada delas. Para isso, é fundamental estabelecer a correspondência entre as quadras nos dois cadastros.

Como as prefeituras definem livremente os valores dos componentes da chave, sem coordenação prévia com o IBGE, não há uma fórmula direta para relacionar a chave padrão CIATA com a chave CNEFE. No entanto, combinando a chave primária CIATA com o nome de logradouro dos endereços dos lotes/parcelas pode-se identificar quais são os logradouros que delimitam as diferentes quadras do município.

Ao aplicar o mesmo processo na base do CNEFE, a aplicação cria um atributo - o **SC_ID_QUADRA** – capaz de vincular as quadras nos dois bancos de dados.

3.3.5 Nomes de Logradouros

Uma vez que a estratégia escolhida para vincular as quadras nas duas bases de dados consiste em utilizar os nomes dos logradouros que as circundam, torna-se imprescindível conferir atenção rigorosa a essas denominações.

Em qualquer sistema informatizado, a inserção de dados incorretos é uma ocorrência comum. A aplicação proposta aqui não possui autoridade sobre nenhuma das bases, ou seja, não pode alterar dados no cadastro da prefeitura e nem no CNEFE. Então será preciso criar um domínio para adequar os nomes de logradouros.

Como os dados do IBGE já estão padronizados, a maior parte do pré-processamento deve ser feito sobre a base originária das prefeituras. O tipo de pré-processamento necessário depende de uma análise individualizada, mas provavelmente inclui a eliminação de acentos e outros caracteres especiais e a concatenação de campos.

O processo subsequente envolve a identificação de equivalências toponímicas entre as bases. A estratégia adotada segue um fluxo hierárquico: (i) comparação exata; (ii) métodos fonéticos (Soundex/Double Metaphone) para os não pareados; e (iii) finalmente, algoritmos de

similaridade (Levenshtein) para os casos residuais - conforme metodologia validada por Manning (Manning et al., 2008). Registros irrecuperáveis por esses métodos demandam uso de técnicas de inteligência artificial, intervenção manual ou descarte controlado (Macedo, 2023). Uma vez estabelecida a correspondência entre os nomes dos logradouros, é criada uma tabela que incluirá o **COD_MUNICIPIO**, os nomes de logradouros originais do CIATA e do CNEFE, além de uma identificação única para o logradouro.

A identificação única da correspondência dos logradouros, denominada **SC_ID_LOGRADOURO**, é um *digest value* hexadecimal calculado pela função CRC32 aplicada sobre a concatenação dos outros atributos seguindo a ordem: **CN.COD_MUNICIPIO**, **CN.NOM_LOGRADOURO_CIATA** e **NOM_LOGRADOURO_CNEFE**. Ela será incorporada nas listas de endereços das duas bases. Após essa anexação, a aplicação passa a identificar os logradouros pelo **SC_ID_LOGRADOURO** em todas as operações de bancos de dados.

3.3.6 Criação do SC_ID_QUADRA

Depois de gerados os **SC_ID_LOGRADOURO**, eles são agrupados em ordem alfabética crescente em um vetor, de acordo com as quadras que delimitam. Esse vetor é inserido nas tabelas de quadras do CIATA e CNEFE e passa a ser uma identidade unívoca da quadra compartilhada pelas duas bases.

Uma vez que o atributo **SC_ID_QUADRA** tenha sido pensado às tabelas, é possível correlacioná-las automaticamente.

3.3.7 Representação gráfica das quadras

Foram testadas três abordagens para posicionar a quadra CIATA próximo à localização geográfica: usando uma reta de regressão dos pontos CNEFE; pelo centroide da quadra e; pelo centroide da face com maior quantidade de pontos únicos.

Em uma análise visual, a abordagem com o centroide da face mais povoada demonstrou ser a mais adequada. Ela consiste em posicionar o centro do lado do polígono no centroide da face escolhida e desenhar a quadra usando as dimensões do cadastro CIATA.

A função que desenha a quadra no *SuperCIATA* recebe como parâmetros:

id dos logradouros ordenada pela posição; dimensões das faces da quadra; centroides das faces da quadra; quantidade de pontos únicos das faces.

A quadra é desenhada com as dimensões originárias do cadastro CIATA, inicialmente em um ângulo paralelo ao equador, e depois ajustada usando dados do OpenStreetMap, quando disponíveis.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO CIATA

Usando os dados do cadastro urbano se obtém um polígono com as dimensões das quadras. Já o posicionamento aproximado do polígono é obtido da base CNEFE e corresponde ao centroide da face com maior quantidade de pontos únicos da quadra. Essa face tem maior probabilidade de apresentar uma boa precisão.

4.2 AJUSTE COM O OPENSTREETMAP

Os dados do OpenStreetMap são utilizados para ajustar o ângulo do desenho CIATA ao ângulo do trecho do logradouro referente à face usada como âncora. Nem sempre é possível obter dados com a precisão adequada porque o OSM é uma base de dados cooperativa. Nesses casos a quadra é desenhada sem ajustes.

12

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Na Figura 1 pode-se visualizar o centroide da quadra selecionada e a representação gráfica da quadra ajustada pelo ângulo obtido do OSM.

Figura 1: Centroide da face e quadra ajustada



A Figura 2 mostra a imagem do *shapefile* retirado diretamente do Sistema de Informação Territorial (SIT) do município de Itabira-MG, que serve de referência para validação da metodologia. Os dados usados para cálculo do erro médio e do erro médio quadrático apresentados na seção 4.3 foram extraídos deste *shapefile*.

Figura 2: *Shapefile* original da Prefeitura de Itabira



4.3 VALIDAÇÃO

A verificação da acurácia do método *SuperCIATA* foi realizada por meio da métrica estatística Root Mean Square Error (RMSE), também conhecida como Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ). Seu cálculo consiste em obter a média dos quadrados das diferenças entre valores observados e valores estimados e, em seguida, extrair a raiz quadrada desse resultado (BUSSAB; MORETTIN, 2021). O RMSE é amplamente empregado na validação de modelos

13

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Especialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

preditivos espaciais (Almeida et al., 2007).

A Tabela 1 mostra os erros que ocorrem quando a quadra CIATA é desenhada tendo como âncora o centroide da quadra e após o ajuste de ângulo com os dados do OSM. Os dados se referem a uma quadra do município de Itabira-MG e os valores de referência foram obtidos do *Shapefile* extraído diretamente do Sistema de Informação Territorial (SIT) do município

Tabela 1: Erro médio com ajuste de ângulo usando OSM

Ponto	Latitude SIT-Itabira	Longitude SIT-Itabira	Latitude Ajustada	Longitude Ajustada	Δ latitude (°)	Δ longitude (°)	Distância (°)	Erro em metros
1	-19,61782	-43,21399	-19,61779	-43,21398	0,000027	0,000004	0,0000273	3,03
2	-19,61725	-43,21417	-19,61723	-43,21417	0,000020	0	0,0000200	2,22
3	-19,61691	-43,21301	-19,61688	-43,21302	0,000034	0,000009	0,0000352	3,91
4	-19,61748	-43,21280	-19,61744	-43,21282	0,000032	0,000025	0,0000406	4,51

MAE (Erro Absoluto Médio)	3,42m
RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio)	3,53m
Erro Máximo	4,51m

5. CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi alcançado, demonstrando a viabilidade de se utilizar dados do CNEFE em associação a um cadastro municipal urbano consistente e ao OpenStreetMap para o georreferenciamento das parcelas urbanas com diferentes níveis de precisão.

Considerando que qualidade dos dados da coleta do CNFE é homogênea em todo o país, os níveis de qualidade do georreferenciamento do *SuperCIATA* podem ser resumidos assim:

- Se a quadra urbana apresentava pelo menos um imóvel construído em cada face na última coleta do CNEFE, então um cadastro municipal urbano realista é suficiente para garantir o georreferenciamento das parcelas urbanas com um erro máximo limitado à metade das dimensões da quadra. Essa condição estabelece um patamar mínimo de confiabilidade do método proposto.
- Se pelo menos uma das faces dispuser de pontos únicos do CNEFE em quantidade suficiente para gerar um centroide de face com boa precisão, então um cadastro municipal urbano realista torna-se suficiente para permitir o georreferenciamento das parcelas urbanas com precisão razoável. Isso evidencia que a densidade dos pontos do CNEFE em cada face é determinante para refinar o resultado espacial.
- Por fim, se a representação de uma quadra CIATA divergir significativamente do mapa *SuperCIATA* em formato e/ou tamanho, é provável que o cadastro municipal apresente falhas de integridade de dados. Essa constatação reforça o potencial da metodologia não apenas para georreferenciamento, mas também como instrumento de auditoria e validação da base cadastral municipal.

5.1 UTILIDADE E VALIDADE JURÍDICA

Certamente um cadastro georreferenciado facilita o cumprimento de diversas obrigações legais. No entanto, as normas que obrigam o georreferenciamento dos imóveis para registro exigem que ele seja feito em um nível de precisão muito superior ao que será fornecido pela aplicação *SuperCIATA*.

14

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Especialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

5.2 CRÍTICAS E PONTOS A MELHORAR

5.2.1 Localização

A utilização do CNEFE e de cadastros municipais no padrão CIATA restringe a aplicação do *SuperCIATA* e da metodologia de espacialização apresentada neste trabalho a municípios do Brasil.

No entanto, a metodologia pode ser adaptada para uso em outros países, desde que haja uma base de dados com informações georreferenciadas das quadras e outra com identificação das quadras e dimensões dos lotes. Na ausência de georreferenciamento, as administrações municipais podem coletar apenas o posicionamento das esquinas e associá-lo à chave primária do cadastro municipal.

5.2.2 Inteligência Artificial

O *SuperCIATA* não utiliza, atualmente, tecnologias de inteligência artificial de forma direta no processo de geolocalização das parcelas. Entretanto, a coleta de imagens anteriores e posteriores aos ajustes, aliada ao registro detalhado (log) das operações realizadas, pode constituir uma base de treinamento robusta e diversificada para aplicações de aprendizado profundo (*deep learning*). Dessa maneira, futuras versões da aplicação poderão incorporar os conhecimentos extraídos dessa base de dados, aprimorando a precisão e a automação dos processos.

REFERÊNCIAS:

ALMEIDA, Cláudia Maria de *et al.* (ORGS.). **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo, SP, Brasil: Oficina de Textos, 2007.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. [S.l.]: Editora Saraiva, 2021.

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

GOODCHILD, Michael F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211–221, 30 nov. 2007.

HAKLAY, M.; WEBER, P. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. **IEEE Pervasive Computing**, v. 7, n. 4, p. 12–18, out. 2008.

HAKLAY, Mordechai. How Good is Volunteered Geographical Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 37, n. 4, p. 682–703, ago. 2010.

IBGE. **Padrão de Registro de Endereços - liv101639**. , 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101639.pdf>>

IBGE. **Censo Demográfico 2022. Coordenadas Geográficas dos Endereços. Nota metodológica n. 01**. , 2024. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102063.pdf>>

15

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira
Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

IBGE. **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos** | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/habitacao/38734-cadastro-nacional-de-enderecos-para-fins-estatisticos.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ISO 19152:2012(en), Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM). Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:19152:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

JavaScript | MDN. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

KOEVA, Mila *et al.* Geospatial Tool and Geocloud Platform Innovations: A Fit-for-Purpose Land Administration Assessment. **Land**, v. 10, n. 6, p. 557, 26 maio 2021.

Leaflet - a JavaScript library for interactive maps. Disponível em: <<https://leafletjs.com/>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MACEDO, Diego. Integração do Cadastro Único com Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatístico através da modelagem de um banco de dados espacial. *[S.l.]*: mds.gov.br, 2023. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/pesquisas/documentos/relatorio/relatorio_270.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2025.

MANNING, Christopher D.; RAGHAVAN, Prabhakar; SCHÜTZE, Hinrich. **Introduction to information retrieval**. Cambridge: Cambridge university press, 2008.

MySQL. Disponível em: <<https://www.mysql.com/>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

OLBRICHT, Roland; PAULMANN, Michael. **Overpass API**. FOSS@HFT, , 2015. Disponível em: <<https://av.tib.eu/media/17720>>. Acesso em: 17 jul. 2025

OPEN KNOWLEDGE. **The Open Data Handbook**. Disponível em: <https://opendatahandbook-org.translate.google/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge>. Acesso em: 23 jul. 2025.

Overpass API/Overpass QL - OpenStreetMap Wiki. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Overpass_API/Overpass_QL>. Acesso em: 11 ago. 2025.

16

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira
Especialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

SERPRO; BARBIERO, Marco. ***SuperCIATA/PROJETO CIATA - MANUAL DO CADASTRO IMOBILIÁRIO.pdf*** at main · mbarbiero/*SuperCIATA*. Disponível em: <<https://github.com/mbarbiero/SuperCIATA/blob/main/PROJETO%20CIATA%20-%20MANUAL%20DO%20CADASTRO%20IMOBILI%C3%81RIO.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SUPERCIATA, Barbiero, M. A. ***SUPERCIATA - Georreferenciamento Municipal***. Aplicação. Disponível em: <<http://SuperCIATA.smuu.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2025.

VIEIRA, Carlos A. O. *et al.* PROPOSIÇÃO DE MODELOS DE GOVERNANÇA E UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE RELAÇÕES INTERGOVERNAMENTAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO. **16º Congresso Brasileiro de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial, 2024, Florianópolis**, p. 1–13, UFSC 2024.

YILMAZ, Okan; ALKAN, Mehmet. Applicability of spatial planning system package for the LADM Turkey country profile. **Transactions in GIS**, v. 28, n. 4, p. 858–883, jun. 2024.

BIOGRAPHICAL NOTES

Biographical notes here ...

CONTACTS

Given name and family name

Institution

Address

City

COUNTRY

Phone: +

Fax: +

E-mail:

Website:

17

Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira

Espacialização de Parcelas Territoriais com Cadastro Literal, Levantamentos Georreferenciados Genéricos e OpenStreetMap

FIG Basil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)

3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil