Arquitetura Integrada com PostgreSQL/PostGIS e Python para Validação Espacial e Automatização de Atualizações do Cadastro Territorial Multifinalitário

An Integrated PostgreSQL/PostGIS and Python Architecture for Spatial Validation and Automated Updates to the Multipurpose Cadastre

Sofia Alexandrino Lage[1]

Carina Fonseca Portela[1]

Maria Clara Silva Sobreira[1]

Philipe Souza Simões[1]

RESUMO: Projetos de mapeamento digital urbano envolvem o processamento de grandes volumes de dados geoespaciais e tabulares, além do acompanhamento contínuo da base cadastral e do controle de qualidade dos dados. No entanto, frequentemente as informações necessárias para esse monitoramento encontram-se distribuídas em diferentes fontes, demandando consultas e rotinas de processamento, o que dificulta a consolidação e utilização no apoio à gestão territorial. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor uma solução de ambiente integrado para monitoramento e controle de qualidade de um sistema cadastral. A metodologia proposta compreende a consolidação das tabelas de produção em um banco de dados PostgreSQL/PostGIS, a aplicação de validações alfanuméricas e espaciais, a geração de indicadores de desempenho e a disponibilização em um painel gerencial (*dashboard*), integrado com filtros por regiões de interesse. Foi desenvolvida uma ferramenta capaz de sintetizar os indicadores relacionados à evolução da base cadastral e as inconsistências identificadas, permitindo o acompanhamento sistemático em diferentes escalas. Os resultados demonstram que a metodologia proposta favorece a centralização das informações, reduz a necessidade de consultas independentes às múltiplas fontes de dados, amplia o suporte ao mapeamento contínuo e fortalece a tomada de decisão em projetos de atualização e monitoramento do Cadastro Territorial Multifinalitário.

Palavras-chave: Monitoramento urbano; Dashboard; Indicadores; PostgreSQL/PostGIS.

ABSTRACT: Urban digital mapping projects involve the processing of large volumes of geospatial and tabular data, as well as the continuous monitoring of cadastral databases and data quality control. However, the information required for such monitoring is often distributed across different data sources, requiring multiple queries and processing routines, which hinders data consolidation and its effective use in support of territorial management. In this context, this study aims to propose an integrated environment for monitoring and quality control within a cadastral system. The proposed methodology comprises the consolidation of production tables in a PostgreSQL/PostGIS database, the application of alphanumeric and spatial validation procedures, the generation of performance indicators, and their presentation through a management dashboard integrated with filters for specific regions of interest. A tool was developed to summarize indicators related to the evolution of the cadastral database and the identified inconsistencies, enabling systematic monitoring at different spatial scales. The results demonstrate that the proposed methodology promotes the centralization of information, reduces the need for independent queries across multiple data sources, enhances support for continuous mapping activities, and strengthens decision-making in projects involving the updating and monitoring of Multipurpose Territorial Cadastres.

Keywords: Urban monitoring; Dashboard; Indicators; PostgreSQL/PostGIS.

[1] Geopixel Inteligência Municipal – sofia.lage, carina.portela, maria.sobreira, philipe.simoes@geopixel.com.br

1 INTRODUÇÃO

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) tem assumido papel estratégico na gestão pública municipal, especialmente diante da necessidade de integrar informações fiscais, urbanísticas, ambientais, fundiárias e territoriais em bases geoespaciais consistentes (ERBA, OLIVEIRA E JUNIOR, 2005). No entanto, a manutenção dessas bases ainda representa um desafio recorrente, pois muitos municípios operam com dados fragmentados, processos manuais de atualização, baixa rastreabilidade das alterações e dificuldade no acompanhamento contínuo da qualidade das informações.

Nesse contexto, a transformação digital do cadastro exige, não apenas a digitalização de informações, mas também a criação de mecanismos automatizados de controle, monitoramento e validação de dados. Bases cadastrais compostas por dados tabulares e espaciais demandam rotinas capazes de acompanhar as alterações, detectar inconsistências, consolidar indicadores e apoiar decisões técnicas e gerenciais em tempo quase real (SILVA, 2024).

O presente artigo propõe apresentar o desenvolvimento de um painel gerencial (*dashboard)* para monitoramento contínuo da base cadastral urbana. A arquitetura da solução busca estruturar, armazenar e integrar dados tabulares e geométricos obtidos em diversas fontes, por meio de um banco de dados PostgreSQL/PostGIS, implantado em ambiente conteinerizado via *Docker*, além de permitir o acompanhamento das alterações nos dados consolidados. A partir de rotinas de geoprocessamento em Python, a iniciativa possibilita a geração de indicadores de qualidade da base cadastral e de métricas operacionais em uma interface de apoio à gestão territorial.

Como objetivos específicos da pesquisa, tem-se:

- Estruturar uma base de dados cadastral integrada em PostgreSQL/PostGIS;
- Monitorar atualizações de dados tabulares e geometrias;
- Consolidar indicadores cadastrais e espaciais em ambiente de *dashboard*;
- Apoiar processos de validação, auditoria e gestão da qualidade cadastral;
- Demonstrar o potencial da solução para a atualização contínua do Cadastro Territorial Multifinalitário.

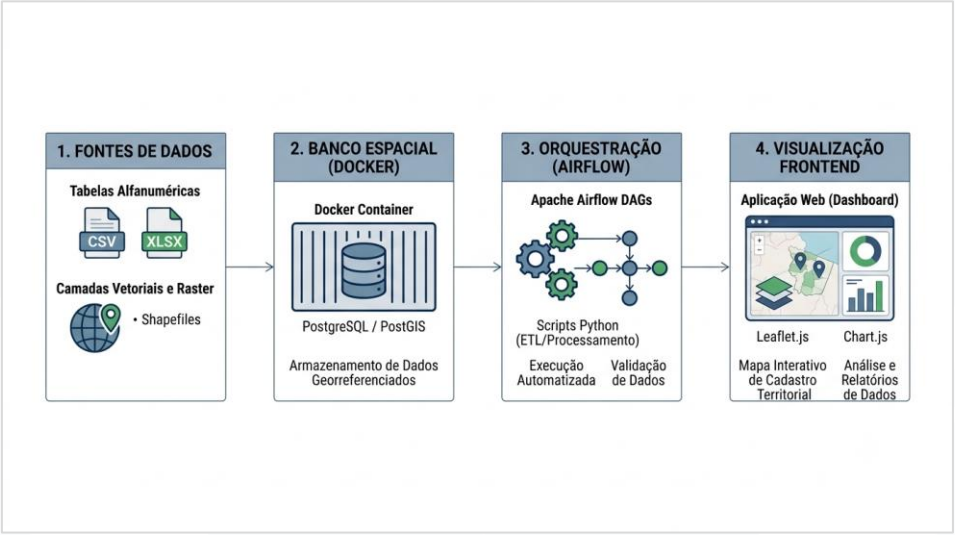
2 MÉTODO

A pesquisa caracteriza-se como um estudo aplicado de natureza tecnológica e abordagem descritiva, voltado ao desenvolvimento de uma solução automatizada que utiliza tecnologias livres para monitoramento contínuo de dados cadastrais imobiliários, à luz das diretrizes da Cartilha para a 6ª Conferência Nacional das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2024). O método adotado baseia-se na estruturação de uma arquitetura integrada (conforme ilustrado na Figura 1) entre banco de dados espacial, rotinas de processamento em Python, ambiente conteinerizado e camada de visualização gerencial, com o objetivo de acompanhar alterações, inconsistências e indicadores de qualidade em bases cadastrais compostas por dados tabulares e geométricos.

2.1 Arquitetura da Solução

O fluxo de processamento proposto é composto por 4 etapas (subseções 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) que abrangem desde a consolidação das bases de dados de produção, passando pela validação das informações de acordo com regras topológicas e de atributos do sistema representado, seguindo para a geração de indicadores, chegando até à disponibilização das métricas resultantes em um *dashboard* interativo. Nesse contexto, as tabelas de produção, compostas por geometrias georreferenciadas e seus atributos, são periodicamente copiadas para um banco PostgreSQL especificamente destinado à construção da base de dados do *dashboard* em questão. As consultas SQL (*Structured Query Language*) são executas por scripts em Python, responsáveis pela consolidação das informações e geração das páginas HTML, que compõem o *dashboard***.** A interface de visualização do painel é estruturada a partir da manipulação dinâmica de elementos via interface DOM (*Document Object Model*) em JavaScript, assegurando maior controle de estados e interatividade do usuário (FLANAGAN, 2012).

Figura 1 – Arquitetura geral da solução.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

2.2 Consolidação e processamento dos dados

O processamento inicia-se com a importação de uma planilha de cadastro imobiliário e das bases cadastrais georreferenciadas incluindo os temas quadras, lotes e edificações, com seus respectivos atributos alfanuméricos e geométricos, para um banco de dados PostgreSQL, hospedado em uma máquina Linux dedicada à plataforma. Cada uma das camadas passa a ser armazenada em tabelas estruturadas no banco de dados podendo conter, ou não, relacionamentos diretos declarados. No entanto, é imprescindível que a

extensão PostGIS seja adicionada para suportar dados geoespaciais e permitir a criação de índices espaciais. A indexação acelera as operações no banco de dados, principalmente em grandes conjuntos de dados, ao buscar registros correspondentes de forma eficiente e permitir o tratamento de dados multidimensionais (OBE; HSU, 2021).

O banco de dados PostgreSQL/PostGIS é utilizado para o processamento analítico e espacial, com o objetivo de analisar e extrair informações dos dados geoespaciais, incluindo ainda, a manipulação e interpretação do resultado com base na localização do fenômeno (LONGLEY et al., 2013). Essas condições, possibilitam automação de procedimentos e processamento independente da base operacional, evitando impactos acidentais diretos sobre os temas oficiais, e permitem a implementação de rotinas periódicas de manutenção, validação e atualização da base cadastral.

As consultas estruturadas responsáveis pela consolidação das informações e pelo cálculo das métricas de produção são executadas sobre as tabelas temáticas. Dentre os principais indicadores gerados nessa etapa estão a contabilização das geometrias por camada temática, o cálculo das áreas produzidas, a quantificação das unidades imobiliárias mapeadas, a consolidação da produção diária, a vinculação entre o cadastro imobiliário e os dados temáticos e, por fim, o agrupamento dos indicadores segundo regiões de interesse previamente definidas.

Complementarmente, uma matriz relacional entre as diferentes camadas é construída através de operações de intersecção espacial. Dessa forma, são estabelecidas relações entre as feições pertencentes a diferentes temas cartográficos, estruturando a base para as diversas consultas apresentadas no *dashboard*. Esse processo produz uma estrutura tabular consolidada por unidade imobiliária, que reúne informações geométricas e atributos, áreas calculadas, dados necessários para as etapas de validação e geração dos indicadores, permitindo a eliminação física de geometrias redundantes no pós-processamento.

Essa modelagem alfanumérica agregada da matriz relacional apresenta vantagens significativas em relação a fluxos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tradicionais:

I. Desacoplamento e estabilidade de consulta:

- A separação física entre a base geográfica transacional de produção e a base estática de monitoramento do *dashboard* evita que requisições analíticas concorrentes impactem a performance e o *hardware* do servidor (RIGAUX; SCHOLL; VOISARD, 2002).

II. Otimização de desempenho no servidor (*web*):

- Ao converter o cruzamento topológico complexo de centenas de milhares de polígonos em um *cache* de dados pré-calculado (JSON), elimina-se a latência na página *web*. Isso contorna as limitações de *hardware* dos navegadores *web* ao compilar geometrias espaciais concorrentes, permitindo que a interface atualize seus filtros e gráficos localmente em milissegundos.

III. Imutabilidade e integridade histórica:

- O uso de chaves primárias no momento da criação do *cache* isola o *dashboard* da volatilidade dos identificadores físicos nativos, os quais sofrem modificações frequentes durante edições vetoriais na base de produção, alinhando-se aos princípios modernos de gestão de cadastros municipais (ERBA, 2007).

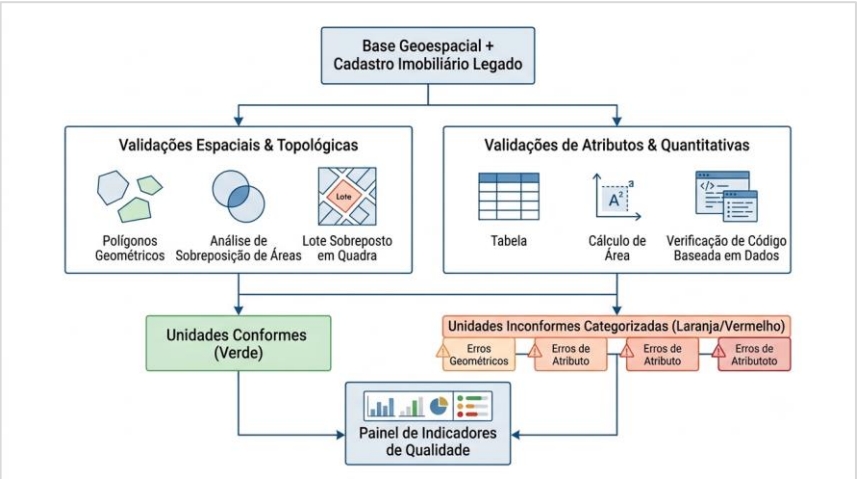
2.3 Validação das informações

As validações do tipo espacial, topológica e qualitativa associadas às diretrizes do projeto são executadas após a consolidação da base geoespacial produzida no banco de dados (Figura 2). As validações espaciais e topológicas incluem a identificação de geometrias inválidas, a verificação de relações espaciais obrigatórias entre diferentes camadas (como exemplo: Lote deve estar sobre Quadra), a detecção de sobreposições indevidas, a existência de geometrias duplicadas, deslocamentos posicionais e alterações significativas no formato das geometrias mapeadas.

Em relação às validações quantitativas, estas contemplam a verificação de valores fora de padrões estabelecidos, inconsistências entre atributos relacionados e a comparação entre a base geoespacial produzida e o cadastro imobiliário legado. Nessa etapa, são calculadas as diferenças de área construída e da área do terreno. Adicionalmente, são verificados os registros sem código de identificação, com valores sem correspondência e sem codificação exclusiva no cadastro imobiliário (inscrições duplicadas). A verificação estruturada e periódica do cadastro imobiliário é fundamental para garantir a consistência das informações fiscais e a regularização tributária municipal no planejamento urbano (BRASIL, 2009). Como consequência, é possível apresentar no *dashboard*, o percentual de vinculação da base com o cadastro, a partir do cálculo entre as unidades mapeadas nos insumos e a identificação das unidades imobiliárias não mapeadas.

Os resultados dessas análises são aplicados para classificar cada imóvel quanto à sua conformidade com as diretrizes e critérios, permitindo a sua identificação sem inconsistências de produção, categorizadas em classes de interesse ou apresentando alguma inconformidade com relação aos critérios definidos de adequação dos dados produzidos.

Figura 2 – Fluxo das validações.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

2.4 Geração dos indicadores e disponibilização no *dashboard*

Os indicadores de produção e qualidade são calculados com base nas validações realizadas. Os indicadores incluem o número total de unidades imobiliárias produzidas, bairros mapeados, a quantidade de feições por camada temática, a produção diária e as estatísticas agrupadas por regiões de interesse. Adicionalmente, são calculadas métricas relacionadas às inconsistências identificadas, incluindo quantitativos totais e percentuais de unidades classificadas em cada tipo de validação.

As consultas SQL e a consolidação das informações são executadas por *scripts* em Python, utilizando a biblioteca psycopg2 para interface direta ao banco, de forma assíncrona. A rotina de processamento analítico é automatizada e monitorada através da ferramenta de orquestração de *workflows Apache Airflow* (LANCELLOTE, 2021), operando sob duas frequências para equilibrar a atualização da informação com a carga de infraestrutura:

- Visão geral (*Overview*): Carga a cada 5 minutos de visualizações consolidadas alfanuméricas leves.

- Física (*Matriz cadastral*): Executada uma vez ao dia, processando os cruzamentos espaciais e a validação topológica em lote de toda a malha municipal.

Toda a infraestrutura de dados (PostgreSQL/PostGIS e *Airflow*) é executada sobre *containers Docker*, utilizando mapeamento persistente de volumes do *host* (*bind mounts*) para garantir a segurança dos dados geográficos (MERKLE, 2018). A adoção de *containers* isolados em ambientes corporativos de geotecnologias garante a portabilidade e a reprodutibilidade dos processos de Extração, Transformação e Carregamento (*Extract, Transform and Load* – ETL) (DUARTE et al., 2019).

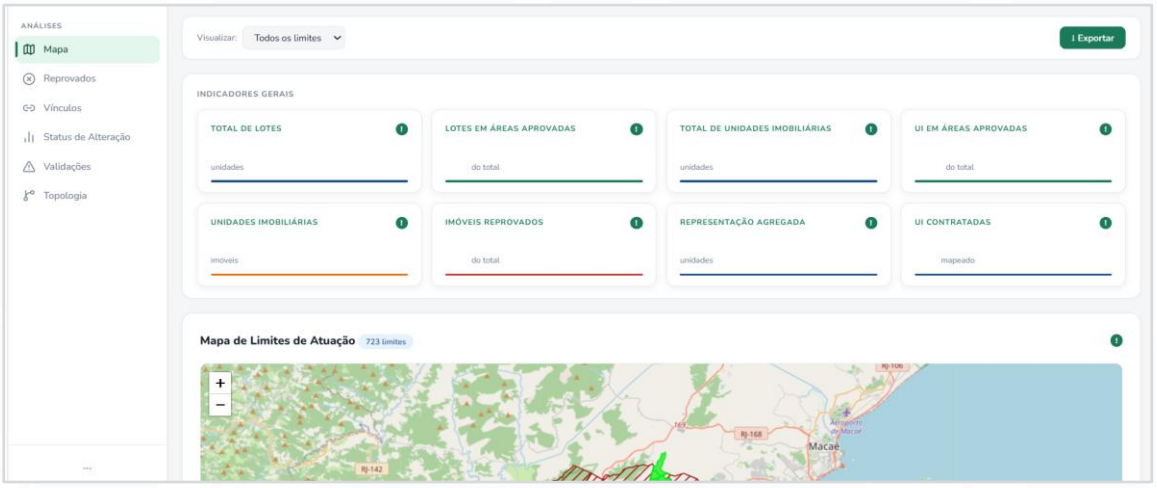
A entrega dos arquivos JSON contendo a pré-agregação analítica é gerida sob o servidor *web* Apache HTTP Server em sistema operacional Ubuntu, aplicando diretivas de

compressão gzip (*mod_deflate*) para otimizar o tempo de transferência das requisições baseadas no protocolo HTTP (FIELDING; TAYLOR, 2002). A rota de acesso é protegida por autenticação básica integrada ao protocolo de autenticação *Lightweight Directory Access Protocol* (*LDAP/Active Directory)* corporativo, permitindo que a aplicação *JavaScript frontend* capte e armazene de forma segura os *tokens* de sessão (*sessionStorage*), mantendo a integridade de dados fiscais sensíveis.

A página inicial (Figura 3) apresenta um mapa interativo desenvolvido em arquitetura SPA (*Single Page Application*) com *Leaflet.js* para compilação rápida de geometrias espaciais simplificadas (GeoJSON) (SHEPHERD, 2015), além de painéis analíticos com *Chart.js*. A interface possibilita ao usuário visualizar o mapa completo ou selecionar uma área específica para atualizar localmente os indicadores em tempo real.

Ademais, a plataforma disponibiliza um histórico das atualizações realizadas, registrando a data e o horário de referência das informações, bem como uma síntese simplificada das principais métricas associadas a cada atualização, permitindo que o usuário acompanhe a evolução temporal da produção e garantindo a rastreabilidade dos indicadores apresentados.

Figura 3 – Wireframe (esboço) do dashboard.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

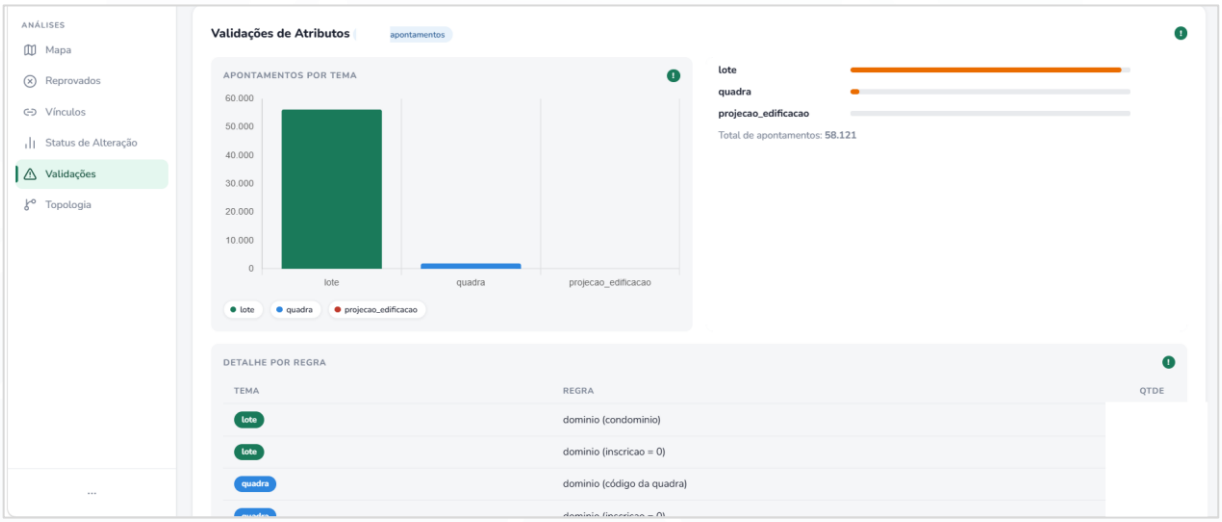
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho em questão se propôs a desenvolver um ambiente integrado para acompanhamento da produção e do controle de qualidade de uma base de dados cadastral. O painel gerencial reúne em uma única plataforma indicadores relacionados ao avanço da produção, à qualidade dos dados e às validações espaciais e cadastrais. Em iniciativas que buscam desenvolver soluções digitais para a construção e aprimoramento do CTM, essas informações frequentemente encontram-se distribuídas em diferentes tabelas e rotinas de processamento (RIZZATTI et al., 2024; PINTO et al., 2022).

Nesse contexto, a consolidação sistemática dessas informações em um único ambiente favorece o acompanhamento da base de dados, reduzindo a necessidade de

consultas independentes e ampliando a disponibilidade de informações para apoio à tomada de decisão. Essa proposta converge com abordagens que utilizam plataformas de monitoramento para integrar grandes volumes de dados geoespaciais em outros contextos (SILVA et al., 2026; ROLIM, 2020), embora o presente trabalho amplie essa perspectiva ao incorporar métricas de qualidade, validações espaciais e cadastrais em uma mesma estrutura analítica (Figura 4).

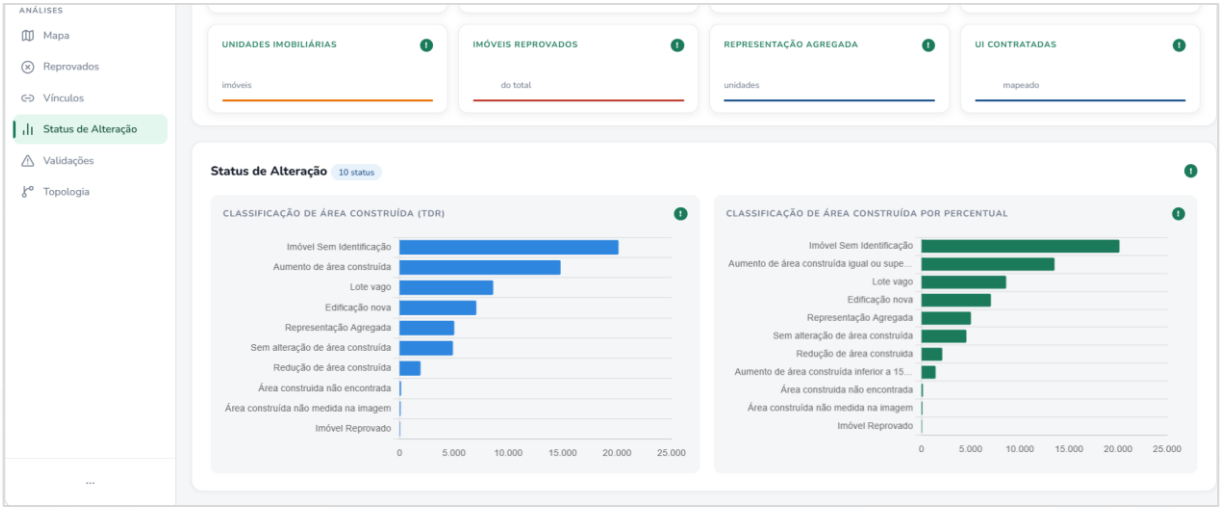
Figura 4 – Painel de validações espaciais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em complemento aos indicadores de produção, o *dashboard* incorpora os resultados das validações topológicas, cadastrais e de atributos, permitindo visualizar a distribuição das inconsistências identificadas e da classificação final das unidades produzidas (Figura 5). Essa compilação beneficia o direcionamento das atividades de revisão, uma vez que possibilita identificar rapidamente regiões com maior concentração de inconsistências ou erros. Adicionalmente, a segmentação espacial por regiões de interesse permite que todos os indicadores sejam recalculados dinamicamente para a área selecionada, possibilitando análises em diferentes escalas sem necessidade de novas consultas ao banco de dados. Esse tipo de abordagem reforça o potencial dos SIG como ferramenta de apoio à gestão ao associar indicadores de desempenho à sua distribuição espacial (COELHO, 2009; MATTEDI et al., 2024; PEREIRA, KAYSER E COLLISCHONN, 2012).

Figura 5 – Visualização de status das unidades imobiliárias.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A manutenção de um histórico de atualizações complementa o processo de monitoramento ao registrar a data e o horário de referência dos dados utilizados em cada processamento. Essa funcionalidade amplia a rastreabilidade dos indicadores disponibilizados e permite acompanhar a evolução temporal da base, fornecendo maior confiabilidade para a interpretação dos resultados. Em conjunto, as aplicabilidades implementadas caracterizam o *dashboard* como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento de projetos de produção cartográfica, integrando indicadores de produtividade, qualidade cadastral e consistência espacial em um ambiente único de monitoramento.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma metodologia para consolidação, validação e monitoramento da produção de um mapa de atualização cadastral, implementada por meio de um painel gerencial que integra indicadores espaciais, métricas de produção e resultados das validações de qualidade. A automatização do processamento dos dados permitiu reunir em um único ambiente informações relacionadas ao desenvolvimento da produção, à qualidade das geometrias, atributos e à comparação com a base cadastral legada. A organização desses indicadores em diferentes categorias amplia o potencial de utilização da ferramenta no acompanhamento operacional dos projetos aos quais será aplicado, bem como no apoio à tomada de decisão pelas equipes gestoras.

A metodologia proposta apresenta potencial de aplicação em outros projetos de produção cartográfica que necessitem de acompanhamento contínuo da produção e de controle sistemático da qualidade dos dados geoespaciais. Trabalhos futuros podem desenvolver a solução apresentada ao incorporar novos indicadores ao ampliar as regras de validação e ao adaptá-la para diferentes contextos de mapeamento.

Referências

BRASIL. Ministério das Cidades. Portaria nº 511, de 07 de dezembro de 2009. **Diretrizes nacionais para o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2009.

COELHO, André Luiz Nascentes. Sistema de Informações Geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais. **Caminhos De Geografia**, v. 10, n. 30, p. 93-110, 2009.

DUARTE, G. A. et al. Uso de containers Docker na implantação de infraestruturas de dados espaciais corporativas. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 19., 2019, Santos. Santos: INPE, 2019. p. 1120-1127.

ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabricio Leal de; LIMA JUNIOR, Pedro de Novais (org.). **Cadastro multifinalitário como instrumento da política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005. 144 p.

ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro Territorial Multifinalitário na América Latina**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. 320 p.

FIELDING, Roy T.; TAYLOR, Richard N. Principled design of the modern Web architecture: Apache HTTP Server and REST. **ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)**, v. 2, n. 2, p. 115-150, 2002.

FLANAGAN, David. **JavaScript: O Guia Definitivo**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 1080 p.

LANCELLOTE, M. **Data Pipelines com Apache Airflow: Orquestrando fluxos de trabalho analíticos em Python**. São Paulo: Novatec, 2021. 280 p.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540 p.

MATTEDI, Marcos Antônio et al. Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do município de Blumenau (SC). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. e23423-e23423, 2024.

MERKLE, Dirk. Docker: Guia Rápido de Conteinerização para Desenvolvedores. São Paulo: Novatec, 2018. 190 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Cartilha para a 6ª Conferência Nacional das Cidades.** Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Cartilha. Disponível em: https://www.capacidades.gov.br/capaciteca/cartilha-para-6a-conferencia-nacionaldas-

cidades/. Acesso em: 28 de julho de 2026.

OBE, Regina O.; HSU, Leo S. **PostGIS in Action**. 3. ed. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2021. 600 p.

PEREIRA, Margarita; KAYSER, Rafael Henrique Bloedow; COLLISCHONN, Walter. Integração do Modelo Hidrológico para Grandes Bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água. **Rega: revista de gestión del agua de America Latina**. Porto Alegre, RS. Vol. 9, n. 2 (jul./dez. 2012), p. 21-33, 2012.

PINTO, Pedro Jardel Barbosa et al. PROGRAMAÇÃO BASEADA EM SQL APLICADA AO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO. In: **17º Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial**. 2022.

RIGAUX, Philippe; SCHOLL, Michel; VOISARD, Agnès. **Spatial Databases: with application to GIS**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2002. 410 p.

RIZZATTI, Maurício et al. Desenvolvimento de Cadastro Multifinalitário de baixo custo e plataforma web para sua atualização: contribuições de softwares livres e geotecnologias no planejamento territorial. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 62, 2024.

ROLIM, Douglas Arthur de Abreu. **Dashboards para desenvolvimento de aplicações e visualização de dados para plataformas de cidades inteligentes**. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Computação) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

SHEPHERD, James. Leaflet.js **Essentials: Build interactive, responsive, and mobile-friendly maps using Leaflet.js**. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015. 240 p.

SILVA, Camila Estevão. Os desafios para a implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário na cidade de Ouro Preto. *In*: CONGRESSO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 2024, Florianópolis. **Anais do COBRAC 2024**. Florianópolis: UFSC, 2024. 11 p.

SILVA, Diogo Andrade et al. Integração de Geotecnologias para Monitoramento Ambiental em Tempo Real. **Biológicas & Saúde**, v. 16, n. 52, p. 59-60, 2026.