

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA – IGESC
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

HESLEN BARROS CARDOSO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLUGINS *CARTOGRAPHIC GENERALIZER* E
SIMPLIFY PARA O MAPEAMENTO CADASTRAL URBANO USANDO A
DIFERENÇA SIMÉTRICA.**

Monte Carmelo - MG

2026

HESLEN BARROS CARDOSO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLUGINS *CARTOGRAPHIC GENERALIZER* E
SIMPLIFY PARA O MAPEAMENTO CADASTRAL URBANO USANDO A
DIFERENÇA SIMÉTRICA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde
Coletiva da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel em Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica

Área de concentração: Cadastro Técnico
Multifinalitário (CTM) e Agrimensura Legal

Orientadora: Prof^a Dra. Tatiane Assis Vilela
Meireles

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula
Santil

Monte Carmelo - MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C268 2026	Cardoso, Heslen Barros, 2003- Análise comparativa dos plugins cartographic generalizer e simplify para o mapeamento cadastral urbano usando a diferença simétrica. [recurso eletrônico] / Heslen Barros Cardoso. - 2026. Orientadora: Tatiane Assis Vilela Meireles. Coorientador: Fernando Luiz de Paula Santil. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Agrimensura. I. Meireles, Tatiane Assis Vilela ,1981-, (Orient.). II. Santil, Fernando Luiz de Paula ,1964-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. IV. Título. CDU: 528
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele
Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

HESLEN BARROS CARDOSO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLUGINS *CARTOGRAPHIC GENERALIZER* E
SIMPLIFY PARA O MAPEAMENTO CADASTRAL URBANO USANDO A
DIFERENÇA SIMÉTRICA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde
Coletiva da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel em Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica

Área de concentração: Cadastro Técnico
Multifinalitário (CTM) e Agrimensura Legal

Monte Carmelo, março de 2026

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles – Orientadora (UFU)

Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil – Coorientador (UFU)

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva – (UFU)

Dedico este trabalho primeiro a Deus, a minha
mãe e meus dois irmãos, obrigado por todo
carinho, dedicação, apoio e compreensão.

"O teu princípio, na verdade, terá sido pequeno,
mas o teu último estado crescerá em extremo."

(Jó 8:7)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre está ao meu lado, concedendo saúde, força, coragem e determinação para conseguir trilhar todos os passos nessa jornada.

Agradeço a minha mãe, Maria da Conceição, por todos os seus ensinamentos desde o primeiro dia de vida, por sempre está presente em minha trajetória e por me apoiar desde criança, ensinando em casa meus primeiros cálculos e despertando em mim o gosto pela matemática desde pequeno. Agradeço aos meus irmãos, Héilton e Helisson por todo apoio e carinho. Agradeço a minha avó, Francisca (in memoriam) pelos ensinamentos transmitidos de geração em geração, com sua simplicidade e educação, que mesmo sem estudo sempre orientou a sua família, especialmente os seus netos, a seguir caminhos corretos e com honestidade. Ao meu tio Afonso (in memoriam), por todos ensinamentos e conselhos, sempre incentivando todos que os estudos podem mudar vidas. E a todos familiares e amigos que sempre estiveram presentes durante essa trajetória.

Agradeço a todos os colegas e amigos que estiveram presentes durante esses anos de graduação. Em especial, aos meus amigos Kayky Monteiro, Luís Felipe, Luiz Felipe, Pedro Bernado, Pedro Augusto, por toda convivência desde o primeiro dia de aula, por cada momento e pela construção da nossa amizade.

Agradeço ao Programa de Educacional Tutorial de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica (PET EAC), por toda a contribuição durante os anos que estive presente no grupo, pelos momentos vividos e pelo compartilhamento de ensinamento e experiências que contribuíram para meu desenvolvimento como profissional e pessoal.

Agradeço também a todos os professores e à equipe técnica da Universidade Federal de Uberlândia pelos ensinamentos e apoio durante essa graduação.

Minha profunda gratidão à minha orientadora. Tatiane Assis Vilela Meireles que me acompanha desde o início da graduação, desde a primeira aula de cartografia no segundo período do curso, e que me ensinou a gostar de mapas e a me aprofundar cada vez mais no assunto. Obrigado por todos os ensinamentos e aprendizados em especial durante esse TCC. Ao meu coorientador Fernando Luiz de Paula Santil, pelos ensinamentos que me mostraram que não se trata apenas de construir mapas, mas compreender o que se deseja transmitir com cada um deles.

Muito Obrigado a todos!

RESUMO

A Base Cartográfica Cadastral Municipal desempenha um papel relevante na organização do território, sendo essencial para o planejamento urbano, mobilidade urbana, infraestrutura e regularização fundiária. Quando estruturada com precisão geométrica e simbologia padronizada, permite a integração de diversas informações temáticas em um sistema único, promovendo maior eficiência à gestão municipal. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo analisar uma proposta para padronização visual de um Mapa Base Cadastral Municipal, integrando uma avaliação comparativa de algoritmos de generalização cartográfica automática. O estudo foi aplicado à área-piloto localizada no Bairro Bagagem, no município de Iraí de Minas – MG. A abordagem fundamentou-se na vetorização da base primitiva a partir de ortofotos, assegurando a precisão exigida pela ABNT NBR 14166, e na definição de parâmetros da percepção visual baseados nas diretrizes da Sociedade Suíça de Cartografia (SSC). Em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), a generalização das áreas construídas foi executada em quatro cenários de transição de escala (1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000), avaliando-se o desempenho dos plugins *Cartographic Generalizer* e *Simplify* (baseado no algoritmo de Douglas-Peucker). Para a validação topológica e quantificação da perda de área em cada transição, empregou-se o geoprocessamento de Diferença Simétrica. Os resultados demonstraram que o *Cartographic Generalizer*, por aplicar uma suavização contínua de bordas, altera severamente as feições antrópicas nas escalas menores. Em contrapartida, o plugin *Simplify* provou reduzir a complexidade vetorial de preservando a ortogonalidade e a área original das edificações. O produto cartográfico gerado apresentou uma hierarquia visual clara, utilizando espessuras de linhas normatizadas e o sistema de cores RGB para diferenciar os pavimentos. Conclui-se que a aliança entre a padronização visual adotada e o algoritmo de Douglas-Peucker atendem as exigências topológicas do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), entregando à gestão pública um documento confiável à atualização contínua do mapeamento urbano.

Palavras-chave: Base Cartográfica Cadastral. Generalização Cartográfica. Algoritmo de Douglas-Peucker. Cadastro Técnico Multifinalitário. SIG.

ABSTRACT

The Municipal Cadastral Cartographic Base plays a relevant role in territorial organization, being essential for urban planning, urban mobility, infrastructure, and land regularization. When structured with geometric precision and standardized symbology, it allows the integration of diverse thematic information into a single system, promoting greater efficiency for municipal management. In this sense, this work aimed to analyze a proposal for the visual standardization of a Municipal Cadastral Base Map, integrating a comparative evaluation of automatic cartographic generalization algorithms. The study was applied to a pilot area located in the Bagagem neighborhood, in the municipality of Iraí de Minas - MG. The approach was based on the vectorization of the primitive base from orthophotos, ensuring the precision required by ABNT NBR 14166, and on the definition of visual perception parameters based on the guidelines of the Swiss Society of Cartography (SSC). In a Geographic Information System (GIS) environment, the generalization of built areas was executed in four scale transition scenarios (1:1,000, 1:2,000, 1:5,000, and 1:10,000), evaluating the performance of the Cartographic Generalizer and Simplify (based on the Douglas-Peucker algorithm) plugins. For the topological validation and quantification of area loss in each transition, Symmetrical Difference geoprocessing was employed. The results demonstrated that the Cartographic Generalizer, by applying continuous edge smoothing, severely alters anthropic features at smaller scales. In contrast, the Simplify plugin proved to reduce vector complexity while preserving the orthogonality and the original area of the buildings. The generated cartographic product presented a clear visual hierarchy, using standardized line weights and the RGB color system to differentiate building floors. It is concluded that the alliance between the adopted visual standardization and the Douglas-Peucker algorithm meets the topological requirements of the Multipurpose Technical Cadastre (CTM), delivering a reliable document to public management for the continuous updating of urban mapping.

Keywords: Cadastral Cartographic Base. Cartographic Generalization. Douglas-Peucker Algorithm. Multipurpose Technical Cadastre. GIS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia.	19
Figura 2 – Mapa de Localização da Área de Estudo no Município de Iraí de Minas - MG.....	20
Figura 3 – Exemplo de pontos específicos de detalhamento das edificações.	22
Quadro 1 – Distribuição da percepção visual aplicada às feições da Quadra 10.	24
Quadro 2 – Valores de tolerância e resolução aplicados no Cartographic Generalizer.	26
Quadro 3 – Valores de tolerância aplicados com o plugin Simplify.	27
Figura 4 – Demonstração dos Vetores da base inicial vetorizados a partir da ortofoto.	29
Figura 5 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:1.000.	31
Figura 6 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:2.000.	32
Figura 7 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:5.000.	33
Figura 8 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:10.000.	34
Quadro 4 – Comparativo dos dados de perda de área construída nas escalas alvo.	35
Figura 9 – Gráfico Comparativo de Percentual perda de Área.....	36
Figura 10 – Mapa Base Cadastral generalizado via Cartographic Generalizer (Escala 1:1.000).	37
Figura 11 – Mapa Base Cadastral generalizado via Simplify (Escala 1:1.000).	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivo Específicos.....	13
3	JUSTIFICATIVA	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1	Fundamentos da Cartografia Cadastral e o CTM.....	15
4.2	Normatização e Estruturação de Dados Espaciais	15
4.3	Percepção Visual e Comunicação Cartográfica.....	16
4.4	Generalização Cartográfica Automática em Ambientes SIG.....	17
4.5	Desafios e Aplicações na Gestão Pública Municipal.....	17
5	METODOLOGIA.....	19
5.1	Material e Métodos	19
5.1.1	Área de Estudo	19
5.1.2	Dados.....	20
5.1.3	Procedimentos Metodológicos.....	21
5.2	Análise Comparativa em Diferentes Escalas.....	21
5.3	Quadro de Percepção Visual.....	23
5.4	Procedimento de Generalização Cartográfica	24
5.4.1	Cartographic Generalizer.....	25
5.4.2	Simplify.....	27
5.5	Análise Comparativa e Verificação Topológica.....	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6.1	Vetorização da Base Inicial.....	29
6.2	Aplicação e Comparação da Generalização Cartográfica Automática	30
6.2.1	Generalização na Escala 1:1.000.....	30
6.2.2	Generalização na Escala 1:2.000.....	31
6.2.3	Generalização nas Escalas 1:5.000 e 1:10.000.....	32
6.3	Análise Quantitativa da Perda de Área	35
6.4	Mapas da Base Cadastral Municipal	36
7	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Uma gestão territorial exige, como premissa básica, uma base cartográfica precisa, atualizada e funcional, servindo de alicerce para decisões estratégicas sobre o espaço geográfico. No contexto brasileiro, há municípios que enfrentam sérias limitações nesse aspecto, operando com dados espaciais fragmentados, despadronizados ou, em muitos casos, inexistentes. Essa carência compromete ações fundamentais como o planejamento urbano, a regularização fundiária, a tributação e a formulação de políticas públicas (Taura, 2007; Nalini, 2005). Como é o caso de Iraí de Minas, município localizado no Triângulo Mineiro, cuja ausência dessa base dificulta a integração entre os setores administrativos e as ações do poder executivo para tomada de decisão.

A cartografia cadastral atua como um “instrumento técnico” indispensável para representar fidedignamente os elementos do território, como lotes, edificações, vias e equipamentos urbanos. Quando organizada segundo normas técnicas e padrões gráficos, ela permite a interoperabilidade entre sistemas e a comunicação entre diferentes usuários (Sluter et al., 2011). O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), por exemplo, é uma aplicação direta dessa cartografia, voltada à gestão integrada do território e à melhoria dos serviços públicos (Comé, 2014). Contudo, a sua implementação exige não apenas dados geoespaciais confiáveis, mas também uma estrutura simbólica e visual que facilite a leitura e o uso dos mapas.

A ausência de simbologias e convenções cartográficas comprometem a legibilidade, especialmente quando há a necessidade de representar a mesma área em diferentes escalas. Estudos como os de Taura (2007) e Castro e Sluter (2019) demonstram que a percepção visual é um fator determinante na eficácia da comunicação cartográfica. Torna-se imperativo, portanto, aplicar os operadores de generalização cartográfica que ajustem o nível de detalhamento, o contraste e a hierarquia gráfica de acordo com a escala de representação, evitando-se a saturação visual.

O avanço das geotecnologias e a consolidação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de código aberto representam um marco na superação desses desafios técnicos, sobretudo para administrações municipais com recursos financeiros limitados. A integração de rotinas automatizadas e complementos específicos em ambiente SIG permitem otimizar o processamento dos dados e verificar as transições de escala e as representações geométricas se ocorrem de maneira sistemática e fidedigna à realidade do terreno.

Diante desse contexto, este trabalho foi desenvolvido com o propósito de analisar a construção de uma base cartográfica cadastral de uma área-piloto da Quadra 10 do Bairro Bagagem, em Iraí de Minas, integrando a percepção visual com as ferramentas de generalização no SIG, com o propósito de verificar a ação dos operadores e o produto gerado.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Analisar comparativamente os plugins *Cartographic Generalizer* e *Simplify* de generalização cartográfica automática em uma área-piloto localizada na Quadra 10 do bairro Bagagem, em Iraí de Minas – MG.

2.2 Objetivo Específicos

- ✓ Aplicar os parâmetros de percepção visual e simbologia (espessuras de linha, sistema de cores RGB e dimensões mínimas) fundamentados nas diretrizes da Sociedade Suíça de Cartografia (SSC).
- ✓ Aplicar o processo de generalização cartográfica automática das áreas construídas em diferentes escalas (1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000), e comparando o desempenho entre os plugins *Cartographic Generalizer* (suavização) e *Simplify* (algoritmo de Douglas-Peucker).
- ✓ Quantificar e verificar o impacto topológico e a perda de área gerada por cada algoritmo por meio do geoprocessamento de Diferença Simétrica, avaliando a preservação da ortogonalidade e da integridade morfológica das feições antrópicas.

3 JUSTIFICATIVA

A escolha do município de Iraí de Minas fundamenta-se na realidade comum a grande parte dos municípios brasileiros de pequeno porte: a escassez de recursos humanos e financeiros para a geração de uma base cartográfica municipal. A ausência dessa base cartográfica pode comprometer a eficiência da gestão territorial, limitando a capacidade do poder público de atuar em processos cruciais, como a regularização fundiária, o planejamento de infraestruturas e, sobretudo, a justiça tributária. Torna-se essencial, portanto, propor soluções metodológicas que sejam tecnicamente rigorosas, mas passíveis de replicação pelas prefeituras de pequeno porte.

Do ponto de vista científico e tecnológico, a pesquisa justifica-se pela necessidade crítica de avaliar o impacto das ferramentas de generalização automática na integridade dos dados cadastrais urbanos. A transição de escalas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) frequentemente recorre a algoritmos genéricos de suavização geométrica que, embora reduzam a saturação visual, tendem a descaracterizar feições antrópicas, destruindo a ortogonalidade e alterando significativamente a área das edificações. Como a área construída é a variável central para o lançamento tributário e para o cálculo de índices urbanísticos, o uso inadequado dessas ferramentas pode gerar problemas como fiscais e jurídicas para o município.

Nessa perspectiva, a relevância desta pesquisa estende-se à formação profissional, evidenciando as competências estratégicas do Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo na gestão pública e privada. O trabalho demonstra que a manipulação de bases cadastrais exige um critério técnico que vai além da operação de ferramentas computacionais, demandando o domínio sobre a acurácia dos dados e a fidelidade das representações. Ao propor uma metodologia de organização estruturada para municípios de pequeno porte, este estudo capacita o profissional a atuar como um agente transformador, capaz de converter dados vetoriais brutos em instrumentos de decisão territorial com segurança jurídica e precisão cartográfica.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Fundamentos da Cartografia Cadastral e o CTM

A cartografia é a ciência responsável pela representação gráfica e matemática do espaço geográfico, viabilizando a comunicação de informações espaciais por meio de mapas. Com o avanço das geotecnologias, essa ciência desdobrou-se em diversas especializações para atender a demandas específicas. Enquanto a cartografia topográfica busca representar o relevo e os elementos físicos do terreno com precisão, e a temática enfatiza atributos específicos (como uso do solo e vegetação), a cartografia cadastral possui um foco detalhado na delimitação de parcelas de terra, edificações e infraestruturas urbanas, possuindo forte caráter jurídico, fiscal e administrativo (Sluter et al., 2011).

Essa vertente cadastral é essencial para o ordenamento territorial. Segundo Taura (2007), a representação atualizada e rigorosa do território é uma condição indispensável para a gestão pública eficiente, sobretudo em municípios que enfrentam desafios históricos de regularização fundiária. A ausência de uma base cadastral geometricamente estruturada compromete de forma direta a capacidade do poder público de planejar, fiscalizar e executar políticas urbanas.

É nesse contexto que se insere o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM). Trata-se de uma ferramenta estratégica de gestão que integra informações espaciais e alfanuméricas sobre o território, atendendo a finalidades tributárias, ambientais, urbanísticas e sociais. De acordo com Comé (2014), o CTM permite a administração integrada do espaço urbano, oferecendo suporte técnico robusto para a tomada de decisões. Além de otimizar a arrecadação fiscal, o cadastro multifinalitário é o alicerce para o planejamento de infraestruturas, o controle do crescimento urbano e a gestão inteligente de serviços públicos.

Nalini (2005) destaca ainda que, ao centralizar dados espaciais, o CTM fortalece a governança municipal e promove maior transparência administrativa. Contudo, a eficácia desse sistema é diretamente proporcional à qualidade da sua base cartográfica, o que exige o cumprimento das normas técnicas.

4.2 Normatização e Estruturação de Dados Espaciais

A produção cartográfica de excelência deve estar subordinada a normas técnicas que garantam a precisão posicional, a legibilidade e a interoperabilidade dos dados gerados. No Brasil, a governança da geoinformação passou recentemente por atualizações institucionais, com a transição das diretrizes da antiga Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) para a

Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO), instituída em 2025. Esses órgãos, em conjunto com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) são responsáveis por assinalar os parâmetros oficiais de escalas, sistemas de referência, convenções cartográficas, padronização e estruturação de dados.

Um dos principais marcos regulatórios para a modelagem em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), que define as classes de objetos, seus atributos obrigatórios e as regras de aquisição geométrica conforme a escala do mapeamento (Concar, 2018).

No âmbito específico da topografia e do cadastro urbano, a ABNT NBR 14166 assume papel de destaque ao dispor sobre a Rede de Referência Cadastral Municipal, estabelecendo as bases para a representação gráfica precisa de plantas e mapas urbanos. Além das normas civis, o manual técnico T 34-700 do Exército Brasileiro (2002) normatiza símbolos convencionais para cartas topográficas, servindo frequentemente de subsídio supletivo para os mapeamentos em grandes escalas.

4.3 Percepção Visual e Comunicação Cartográfica

A leitura de um mapa é um processo complexo que envolve a tradução e a interpretação da simbologia pelo usuário com o propósito de usar o mapa. Isso pode ser alcançado quando há uma comunicação eficiente entre o conteúdo geométrico e a forma como essas informações são apresentadas visualmente. A escolha de símbolos, cores, espessuras e convenções gráficas afetam diretamente a legibilidade do produto gerado. Princípios fundamentais do design cartográfico, como o contraste, a hierarquia de informação e o respeito às dimensões mínimas perceptíveis pelo olho humano, são considerados nesse processo.

Estudos como os de Taura (2007) e Castro e Sluter (2019), demonstram que a eficácia de um mapa é amplamente determinada por sua organização gráfica. A percepção visual exige que o cartógrafo considere o limite de acuidade visual do usuário, evitando o congestionamento de feições (*cluttering*).

Para estabelecer esses limites de forma técnica, instituições internacionais como a Sociedade Suíça de Cartografia (SSC, 2002) fornecem parâmetros de legibilidade. Tais diretrizes determinam valores para as espessuras mínimas de linhas (como as utilizadas para delimitar vias e contornos de lotes) e dimensões para símbolos pontuais, assegurando que, independentemente da escala de visualização, a hierarquia entre os elementos principais (arruamento) e secundários (divisão fundiária) seja mantida, contribuindo à interpretação do espaço urbano.

4.4 Generalização Cartográfica Automática em Ambientes SIG

Um dos maiores desafios da cartografia é a representação de uma mesma base de dados em diferentes escalas sem perda de legibilidade. A generalização cartográfica envolve processos como a abstração, a seleção e a simplificação de feições espaciais, aplicados quando há redução da escala do mapa. Seu objetivo principal é preservar as características essenciais e a topologia das feições, eliminando detalhes que causariam poluição visual ou descaracterização geométrica na nova escala (Freiman; Santos, 2022).

Com a consolidação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, como o QGIS, a generalização deixou de ser um processo exclusivamente manual para se tornar uma rotina automatizada e matematicamente controlável. Algoritmos modernos utilizam o Índice de Generalização (razão entre a escala de origem e a escala alvo) para calcular a tolerância geométrica sendo baseada no erro gráfico ou limite de percepção que assinalam; por quais vértices de uma edificação devem ser simplificados ou agregados.

Além da simplificação de polígonos, a generalização de elementos pontuais (como postes e equipamentos urbanos) exige a aplicação de funções de deslocamento (*offset*). O *offset* automático atua afastando sutilmente símbolos que sofreriam coalescência (sobreposição visual) devido à redução do espaço de representação, garantindo que a individualidade das feições seja mantida até o limite em que a escala exija a sua omissão total para preservar a clareza do documento cartográfico.

4.5 Desafios e Aplicações na Gestão Pública Municipal

A base cartográfica cadastral, quando adequada aos seus propósitos, torna-se o principal ativo para diversas áreas da gestão pública. Ela subsidia análises complexas de mobilidade, zoneamento, infraestrutura, licenciamentos e regularização fundiária, permitindo o cruzamento de informações espaciais com dados administrativos, o que eleva substancialmente a capacidade institucional do município (Comé, 2014).

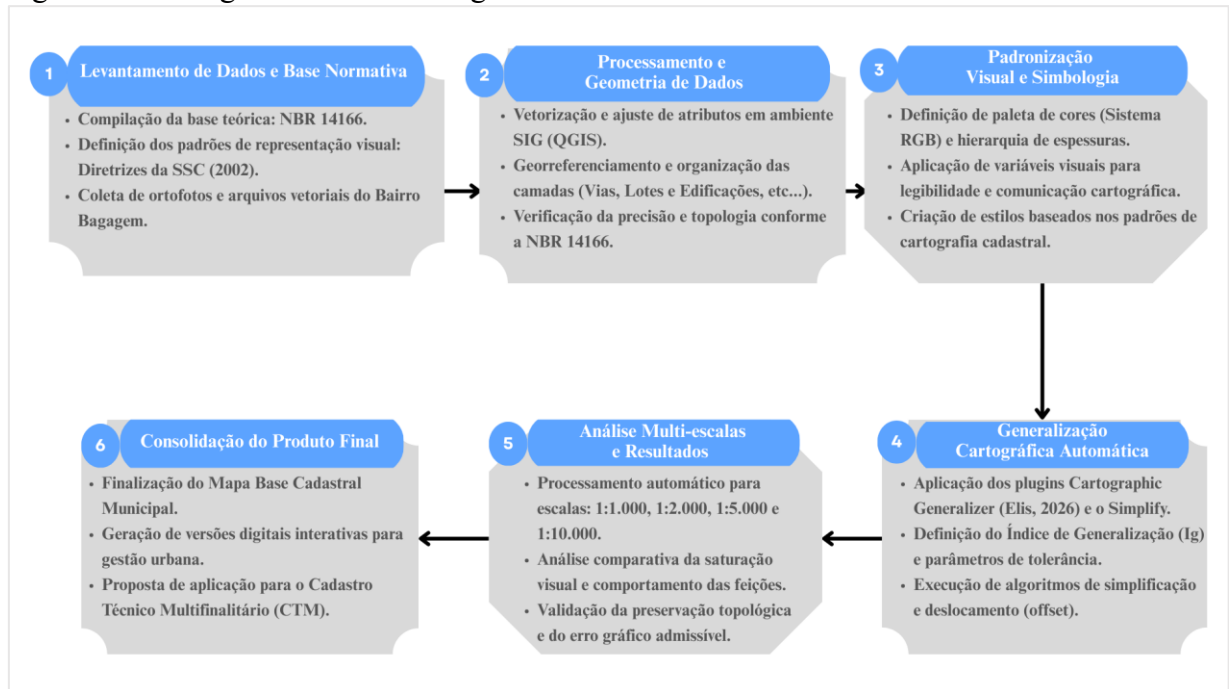
Contudo, a implantação dessas bases enfrenta desafios expressivos, especialmente em municípios de pequeno porte. As barreiras variam desde a falta de capacitação técnica e a carência de profissionais especializados, até limitações orçamentárias para a aquisição de softwares e hardwares. Segundo Sluter et al. (2011), a superação desses obstáculos passa pela adoção de ferramentas de código aberto (SIG livre), pela capacitação de servidores e pelo estabelecimento de cooperações técnicas.

A adoção estrita de padrões nacionais (ET-EDGV) e a automação de processos cartográficos não apenas reduzem os custos de produção, mas garantem que o município possua uma base de dados perene, funcional e preparada para dar suporte a complexidade do crescimento urbano e da tomada de decisões estratégicas.

5 METODOLOGIA

Com o objetivo de facilitar a compreensão do desenvolvimento do trabalho, elaborou-se um fluxograma que ilustra, de maneira sequencial, as etapas fundamentais da metodologia adotada, como se ilustra na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia.



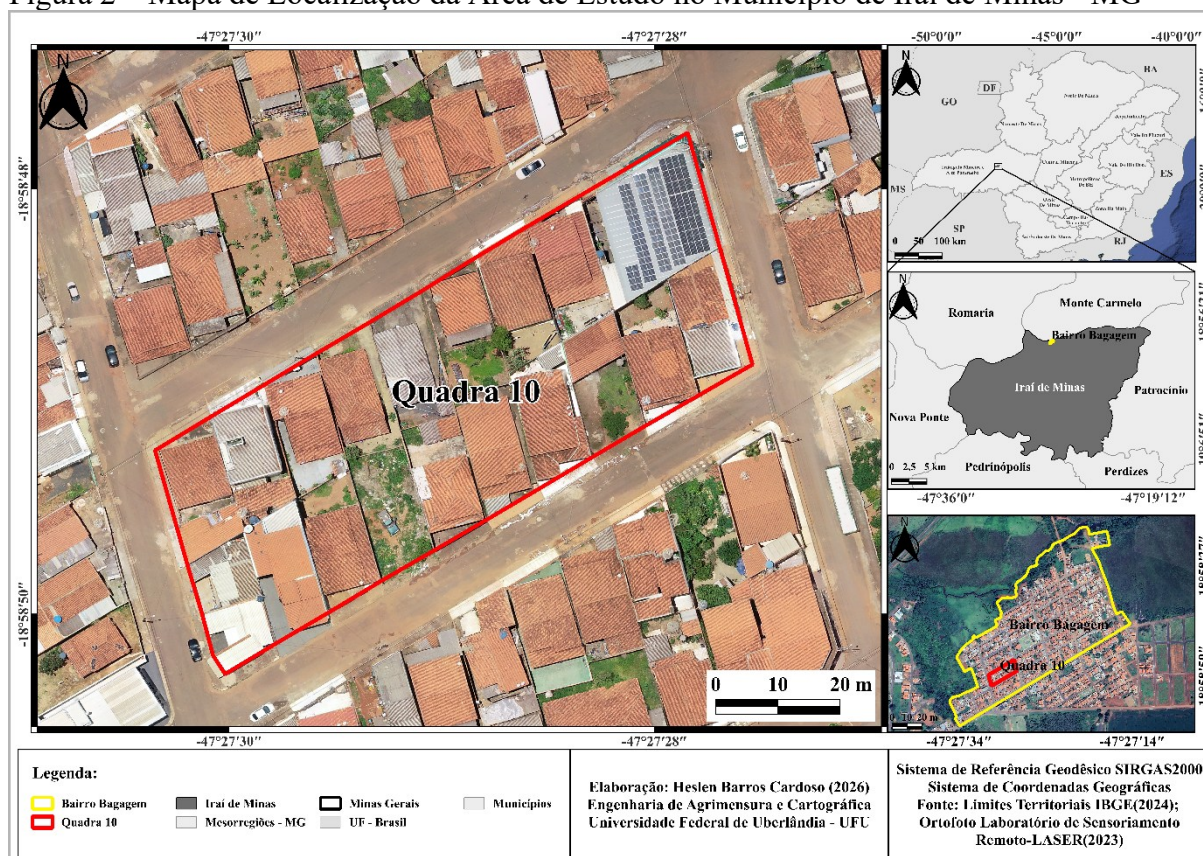
Fonte: O Autor (2026).

5.1 Material e Métodos

5.1.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Iraí de Minas, situado na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. A pesquisa foi realizada na área-piloto Quadra 10, localizada no bairro Bagagem. A escolha desta área foi justificada em função de sua diversidade de uso, da presença de infraestrutura urbana consolidada e de sua representatividade territorial para fins de planejamento cartográfico. A localização da área de estudo está ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Mapa de Localização da Área de Estudo no Município de Iraí de Minas - MG



Fonte: O Autor (2026).

5.1.2 Dados

Para a construção da proposta de base cartográfica cadastral, foram utilizados os seguintes dados:

- **Ortofotos recentes:** imagens aéreas georreferenciadas, obtidas por meio de fontes públicas e projeto desenvolvido entre a Universidade Federal de Uberlândia e a Prefeitura municipal, com resolução compatível com a escala de trabalho (1:1.000).
- **Dados cadastrais municipais:** vetores das edificações, lotes e infraestrutura urbana, coletados junto aos setores e bases responsáveis.
- **Informações complementares:** dados demográficos, rede viária, equipamentos urbanos e limites administrativos, obtidos por meio de bases públicas dados IBGE.

Todos os dados foram organizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS, por ser de código aberto e uso gratuito. Adotou-se a projeção cartográfica compatível com o Sistema Geodésico Brasileiro (SIRGAS2000), conforme as diretrizes da Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) (CONCAR, 2018).

5.1.3 Procedimentos Metodológicos

A metodologia foi composta pelas seguintes etapas:

Levantamento da base cartográfica existente: Foi realizada a análise da base cartográfica disponibilizada pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASER), com o objetivo de identificar lacunas, inconsistências e limitações.

Definição das classes de informação e simbologia: Foram definidas as classes de objetos espaciais representadas (quadra, lotes, áreas construídas, vias, passeios, equipamentos urbanos etc.), bem como suas respectivas simbologias, cores e dimensões mínimas perceptíveis, com base nas normas técnicas vigentes (ET-EDGV, ABNT, T 34-700).

Elaboração de proposta de generalização cartográfica: Foram desenvolvidas uma sugestão de modelo gráfico baseados em modelos já existentes para a base cadastral, considerando critérios de legibilidade, hierarquia visual e comunicação cartográfica eficiente e estudos de generalização.

Vetorização e estruturação da base em ambiente SIG: As feições espaciais foram vetorizadas a partir da ortofoto e dados cadastrais, utilizando o software QGIS. A estruturação seguiu os padrões da ET-EDGV, com definição de atributos e codificação temática.

Produção de mapas temáticos e layouts: Foram realizadas análises de generalização cartográfica gerando exemplos para representação dos detalhamentos das distribuições das áreas construídas e representações dos postes presentes na quadra para produção da base cadastral para a área-piloto, com layout padronizado e generalizado, legenda, visando à aplicação prática e funcional na gestão municipal.

5.2 Análise Comparativa em Diferentes Escalas

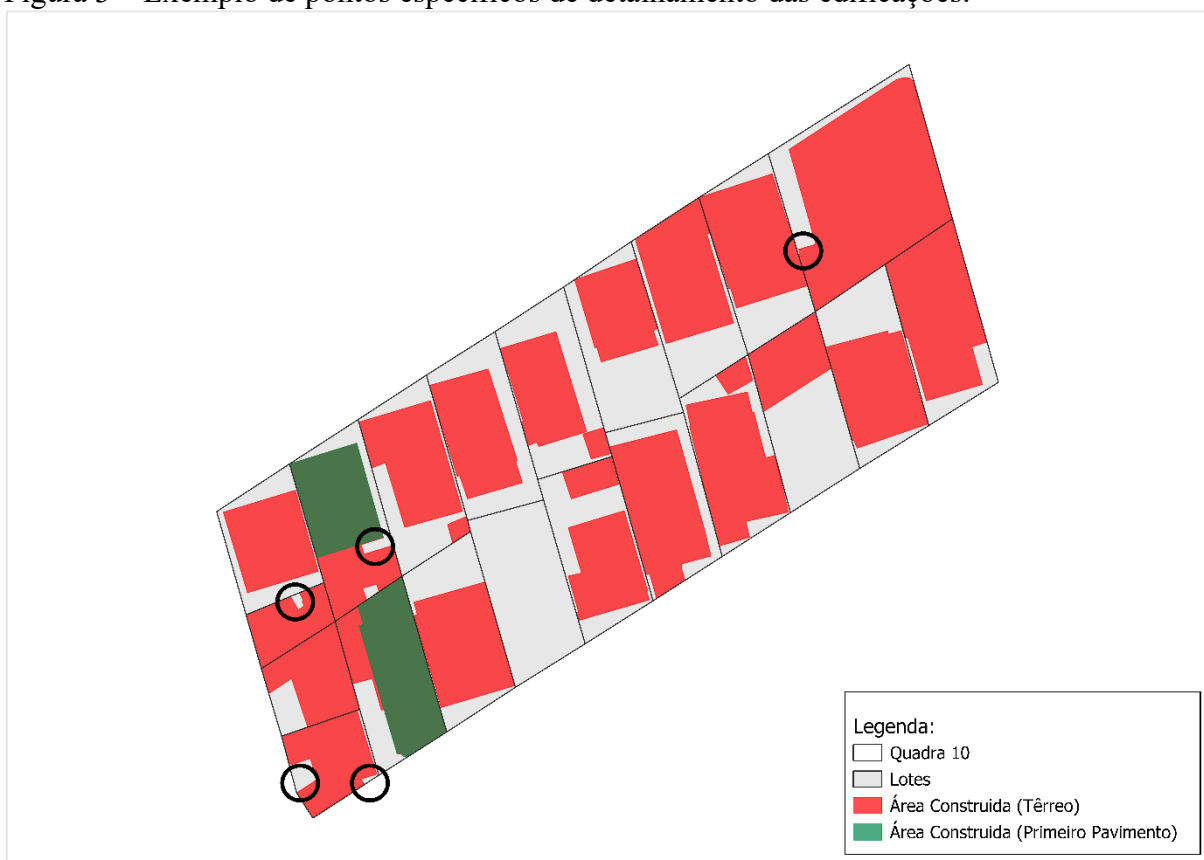
Para atender à proposta de generalização cartográfica, foram produzidos mapas comparativos da Quadra 10 em quatro escalas distintas: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000. Essa etapa permitiu avaliar a legibilidade e a percepção visual dos elementos representados, especialmente os detalhamentos das áreas construídas, conforme os critérios de percepção mínima estabelecidos por Taura (2007), que discute a adequação da escala 1:2.000 para a representação urbana em nível de quadra, garantindo clareza na leitura dos símbolos.

Além disso, Castro e Sluter (2019) reforçam que a percepção visual deve considerar contrastes, espessuras e opacidades, de modo a assegurar que símbolos e áreas diferenciadas sejam compreendidos pelo usuário. A Sociedade Suíça de Cartografia (2002) complementa essa

visão ao estabelecer parâmetros internacionais de legibilidade, como a espessura mínima de linhas e as dimensões mínimas de símbolos.

Para exemplificar a aplicação e a observação dos critérios de percepção visual, elaborou-se um exemplo da Quadra 10 destacando, para o detalhamento das edificações, em círculos pretos pontos específicos das edificações como ilustrado na Figura 3. Esse recurso gráfico permitiu observar como os detalhes das áreas construídas se comportaram em diferentes escalas, evidenciando os limites de legibilidade cartográfica.

Figura 3 – Exemplo de pontos específicos de detalhamento das edificações.



Fonte: O Autor (2026).

5.3 Quadro de Percepção Visual

A percepção visual é um aspecto essencial na comunicação cartográfica, pois garante que os elementos representados sejam compreendidos de forma clara e eficiente. Para a elaboração desta base cadastral, as decisões de projeto gráfico foram fundamentadas em literaturas consolidadas da área, garantindo que cada classe de feição respeitasse os limites da visão humana.

Segundo Taura (2007), a definição de limites mínimos de percepção é indispensável para assegurar a legibilidade em escalas cadastrais. Neste trabalho, os preceitos da autora embasaram as escolhas dimensionais para a representação poligonal dos lotes e das áreas construídas, garantindo que suas formas sejam perceptíveis sem causar poluição visual.

Por outro lado, Castro e Sluter (2019) destacam que a escolha da simbologia deve considerar o contraste, a espessura e a opacidade para diferenciar categorias de informações. Baseado nos estudos destes autores, definiu-se o padrão de cores RGB para distinguir as áreas construídas (diferenciando pavimentos térreos dos primeiros pavimentos), além de embasar a escolha da espessura de 0,6 mm para o símbolo pontual representativo dos postes, garantindo o contraste necessário com o fundo do mapa.

A partir das diretrizes da Sociedade Suíça de Cartografia (SSC, 2002), foram adotadas as espessuras de linha mínimas para elementos viários, definindo-se 0,25 mm para os trechos de arreamento e contornos de lotes, e 0,18 mm para os passeios e edificações.

Com base nessas diretrizes combinadas e para garantir a consistência visual dos produtos cartográficos gerados, sistematizou-se a padronização de cores, espessuras e simbologias aplicadas às feições da Quadra 10, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Distribuição da percepção visual aplicada às feições da Quadra 10.

Representação Espacial	Elemento gráfico	Simbologias			
		Contorno		Preenchimento	
		Símbolo	Espessura da linha (mm)	Símbolo	RGB
Área	Lotes		0,25		0,0,0
Área	Áreas construídas (térreo)		0,18		255,190,190
Área	Áreas construídas (pav. 1)		0,18		0, 0, 255
Linha	Trechos de arruamento		0,25		56,156,156
Linha	Passeios		0,18		204,204,204
Ponto	Postes		0,6		255, 255, 0

Fonte: Adaptado de Taura (2007); Castro & Sluter (2019); SSC (2002).

5.4 Procedimento de Generalização Cartográfica

A escolha metodológica pela utilização conjunta do complemento *Cartographic Generalizer* (ELIS, 2026) e da ferramenta *Simplify* justifica-se pela complementaridade de suas abordagens na adequação geométrica do mapeamento cadastral. O *Cartographic Generalizer* foi adotado por sua capacidade de automação, calculando as tolerâncias a partir do limiar de percepção visual para cada transição de escala. Por outro lado, a ferramenta *Simplify* foi selecionada para a execução do algoritmo de Douglas-Peucker por meio da definição parametrizada de tolerâncias, permitindo um refinamento topológico direcionado. Essa integração possibilita tratar as especificidades morfológicas das feições do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) que demandam parâmetros customizados, garantindo a redução da complexidade dos dados vetoriais e a manutenção da acurácia cartográfica.

5.4.1 Cartographic Generalizer

Para a execução da etapa de generalização cartográfica, utilizou-se o complemento *Cartographic Generalizer* (Elis, 2026), integrado ao software QGIS (3.32.2). O estudo prático da generalização foi aplicado para as transições de escala partindo de 1:1.000 para as escalas alvo de 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000.

De acordo com Elis (2026), esta ferramenta realiza a generalização automática de feições com base na mudança de escala através do cálculo do Índice de Generalização (Ig). O Ig é obtido pela razão direta entre o denominador da escala de origem e o denominador da escala alvo, conforme expressa na equação (1):

$$Ig = \frac{E_{original}}{E_{alvo}}$$

A tolerância geométrica (T), por sua vez, determina o grau de simplificação dos vértices das feições e é calculada automaticamente pela ferramenta em metros. O cálculo utiliza uma relação inversamente proporcional ao Índice de Generalização multiplicada por uma constante base de 0,5, conforme expresso na equação (2):

$$T = \left(\frac{1}{Ig} \right) \times 0,5$$

A adoção da constante 0,5 na equação não é arbitrária, mas fundamentada no limiar de percepção visual humano, classicamente estabelecido na cartografia em 0,5 mm (milímetros). Esse valor representa a menor distância gráfica para que duas feições não sofram coalescência (fusão visual) aos olhos do leitor no mapa impresso ou em tela. Ao aplicar essa constante, a ferramenta converte esse limite visual para a unidade do terreno (em metros) na escala de destino, garantindo que o algoritmo de simplificação elimine apenas os detalhes geométricos que seriam visualmente imperceptíveis.

Segundo as notas de desenvolvimento do algoritmo (Elis, 2026), a aplicação desta fórmula resulta em valores estritamente apropriados para a mudança de escala, cabendo ajustes apenas para dados específicos. A partir dessa equação, o complemento calculou e gerou tolerâncias proporcionais e automáticas de 0,5 m; 1 m; 2,5 m e 5 m para as reduções às escalas de 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000, respectivamente.

Além de aplicar os algoritmos de simplificação, o complemento calcula e gera de forma automática os valores ideais para os parâmetros de *offset* (deslocamento para evitar coalescência) e de interações (número de repetições do algoritmo sobre a feição). Para o

desenvolvimento deste trabalho, optou-se por aplicar esses valores mínimos automáticos gerados pelo sistema nas escalas reduzidas, assegurando uma generalização controlada.

Cabe destacar a abordagem metodológica adotada para o primeiro produto (escala 1:1.000 para 1:1.000). Trata-se da escala com o maior nível de detalhamento do projeto, cujo Índice de Generalização é igual a 1.

Essa aplicação para a escala com o maior nível de detalhamento e verifica como o plugin funciona em relação a suavizações em relação as topologias. Dessa forma, verificaram-se pequenas aproximações entre linhas das feições antrópicas e ajustaram-se os níveis de detalhamento para garantir a integridade do dado original, evitando-se perdas desnecessárias de geometria e ocorrendo somente suavização de bordas antes que as reduções de escala “mais drásticas” fossem executadas.

Os parâmetros específicos adotados no complemento, contendo os valores automáticos de tolerância, interações, *offset* e o *Ig* para cada escala avaliada, foram sistematizados e podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores de tolerância e resolução aplicados no Cartographic Generalizer.

Valores Aplicados com o uso do Plugin “Cartographic Generalizer”					
Exemplo	Escala Alvo	Tolerância (m)	Interações	Offset	Ig
Produto 1	1:1.000 → 1:1.000	0,5	4	0,10	1
Produto 2	1:1.000 → 1:2.000	1	4	0,20	0,5
Produto 3	1:1.000 → 1:5.000	2,5	4	0,25	0,2
Produto 4	1:1.000 → 1:10.000	5	4	0,25	0,1

Fonte: O Autor (2026).

5.4.2 Simplify

Para fins de avaliação comparativa, a generalização geométrica das feições cadastrais também foi executada utilizando o plugin *Simplify* (Simplificar), nativo do ambiente SIG utilizado (QGIS). Ao contrário do método anterior, que se baseia diretamente no cálculo do Índice de Generalização (Ig), o plugin *Simplify* atua na redução da quantidade de vértices das geometrias vetoriais empregando o algoritmo de Douglas-Peucker. Esse método avalia a geometria da feição e elimina vértices redundantes com base em um limite de tolerância de distância pré-determinado, preservando as características essenciais do formato original.

A aplicação deste plugin exigiu a definição matemática de valores de tolerância específicos para cada salto de escala, garantindo que a simplificação respeitasse a precisão gráfica e não descaracterizasse a feição real no terreno. O cálculo da tolerância foi realizado multiplicando-se o limite de erro gráfico pelo fator da escala alvo, conforme expresso pela equação (3):

$$\text{Tolerância} = 0,0002 \times \text{Fator de Escala}$$

sendo o fator de escala corresponde ao denominador da escala para a qual a feição será generalizada.

A partir da aplicação desta equação, foram obtidos os valores para o processamento. O Quadro 3 apresenta os parâmetros de tolerância calculados e adotados para as transições da escala de origem (1:1.000) para as quatro escalas do estudo.

Quadro 3 – Valores de tolerância aplicados com o plugin Simplify.

Valores Aplicados com o uso do Plugin “Simplify”		
Exemplo	Escalas	Tolerância (m)
Produto 1	1:1.000 → 1:1.000	0,2
Produto 2	1:1.000 → 1:2.000	0,4
Produto 3	1:1.000 → 1:5.000	1
Produto 4	1:1.000 → 1:10.000	2

Fonte: O Autor (2026).

5.5 Análise Comparativa e Verificação Topológica

Com o intuito de mensurar o impacto geométrico causado pelos diferentes algoritmos de generalização, foi estabelecido um procedimento de validação topológica e quantificação de área. O objetivo desta etapa foi determinar a área construída que foi omitida, simplificada ou distorcida durante o processo de abstração cartográfica executado por cada um dos plugins avaliados (*Cartographic Generalizer* e *Simplify*).

Para a obtenção destes dados, utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento denominada Diferença Simétrica, acessada no software QGIS por meio do caminho: Vetor > Geoprocessamento > Verificação de topologia > Diferença Simétrica.

Este processamento atua sobrepondo a camada da base vetorial original (referência na escala 1:1.000) com as camadas generalizadas resultantes de cada escala alvo. O algoritmo extrai apenas as porções de área que não coincidem entre as duas geometrias, gerando uma nova camada vetorial que representa exclusivamente a "área perdida" ou modificada pela generalização.

A partir do cálculo geométrico dessa nova feição residual, tornou-se possível extrair a área da área construída expressa em metros quadrados (m²), calcular a taxa percentual (%) de perda de área construída para cada de escala e plugin. Esse procedimento forneceu a base de dados quantitativa e as “evidências visuais” de deslocamento que sustentam a análise comparativa de desempenho desses plugins.

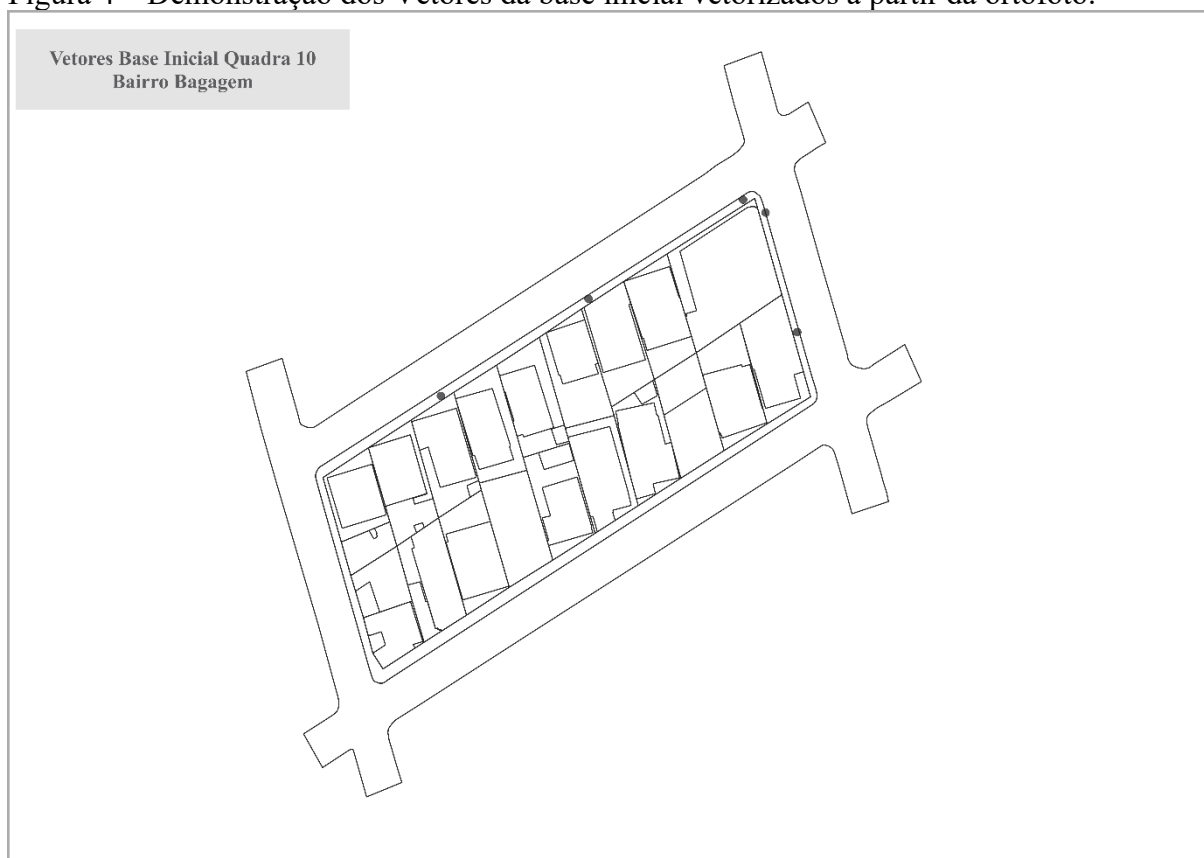
Além da quantificação da área omitida, a etapa de validação topológica propriamente dita observou o comportamento estrutural e a integridade espacial das feições após a aplicação dos algoritmos. Especificamente, a análise buscou identificar a geração de geometrias inválidas (como auto interseções e laços), a formação de vazios (*gaps*) não intencionais e a possível ocorrência de sobreposições (*overlaps*) entre polígonos adjacentes, ressaltando-se que não foi detectada nenhuma ocorrência de sobreposição dos dados processados. Estas validações visam assegurar a qualidade técnica e a consistência das regras espaciais exigidas no cadastro urbano, permitindo atestar se os dados generalizados mantiveram a estrutura topológica original.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Vetorização da Base Inicial

Apresentando os produtos cartográficos gerados a partir da aplicação dos procedimentos metodológicos, a análise tem como ponto de partida o comportamento das feições em seu “estado bruto”. Assim, o primeiro produto obtido consistiu na extração vetorial das feições presentes na área de estudo Quadra 10. Esta vetorização foi realizada tomando-se como base a ortofoto disponibilizada, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Demonstração dos Vetores da base inicial vetorizados a partir da ortofoto.



Fonte: O Autor (2026).

A estruturação dessa base inicial é uma etapa crítica. De acordo com os preceitos da ABNT NBR 14166 (1998), que dispõe sobre a Rede de Referência Cadastral Municipal, a precisão na aquisição dos dados geométricos é o alicerce para qualquer Sistema de Informação Geográfica (SIG) de caráter multifinalitário. Constatou-se que a base inicial possuía sobreposições indesejadas e um excesso de vértices que, em representações de escalas menores, inviabilizaria a leitura cartográfica. Isso justificou a necessidade das etapas subsequentes de generalização.

6.2 Aplicação e Comparação da Generalização Cartográfica Automática

A etapa de generalização cartográfica das feições de área construída foi executada de forma automatizada para as quatro escalas alvo do projeto. A fim de evidenciar o impacto de cada algoritmo na preservação morfológica, aplicou-se o geoprocessamento de Diferença Simétrica. O objetivo principal desta análise é verificar qual ferramenta consegue reduzir a complexidade geométrica para evitar a mancha gráfica, mas sem “destruir” a ortogonalidade (ângulos retos e linhas retas), que é uma característica das feições antrópicas urbanas.

As subseções detalham o comportamento visual comparativo entre os plugins *Cartographic Generalizer* e *Simplify*, destacando as parcelas da geometria original que foram suprimidas, deslocadas ou distorcidas em cada alteração de escala.

6.2.1 Generalização na Escala 1:1.000

A aplicação dos algoritmos mantendo a escala de origem (1:1.000 para 1:1.000) foi adotada como um teste de referência. O objetivo dessa etapa preliminar foi avaliar a ação inicial das ferramentas sobre a geometria original, verificando como lidam com o excesso de vértices gerados na vetorização e se provocam perdas geométricas ou topológicas indesejadas antes da aplicação de reduções de escala mais severas. A partir dessa análise preliminar, foi possível mensurar as alterações iniciais propostas por cada complemento. A Figura 5 ilustra essa etapa.

Na escala 1:1.000, por se tratar de uma transição mínima em relação à base, as alterações foram sutis. O plugin *Simplify* atua na remoção de vértices colineares redundantes (gerados durante o processo de vetorização), mantendo fidelidade à forma original e à área do polígono. Em contrapartida, observa-se que o *Cartographic Generalizer* já inicia um processo de suavização (smoothing) nas bordas. Ao arredondar os cantos das construções, o algoritmo gera feições residuais (diferença simétrica) justamente nas quinas, o que representa a primeira perda geométrica e uma leve descaracterização da feição arquitetônica.

Figura 5 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:1.000.



Fonte: O Autor (2026).

6.2.2 Generalização na Escala 1:2.000

Com a alteração para a escala 1:2.000, o limite de tolerância aumenta e a diferença de comportamento entre os algoritmos fica latente. O *Simplify*, pautado pelo algoritmo de Douglas-Peucker, começa a suprimir pequenos detalhes das fachadas (como projeções de varandas ou recortes menores), alinhando os vértices para formar blocos mais retangulares. Essa abordagem a preza por preservar a estrutura morfológica dos blocos e a aparência de uma edificação. Já o *Cartographic Generalizer* torna a suavização contínua e cria curvas onde deveriam existir retas, descaracterizando os polígonos e gerando uma supressão de área nas extremidades das construções (Figura 6).

Figura 6 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:2.000.

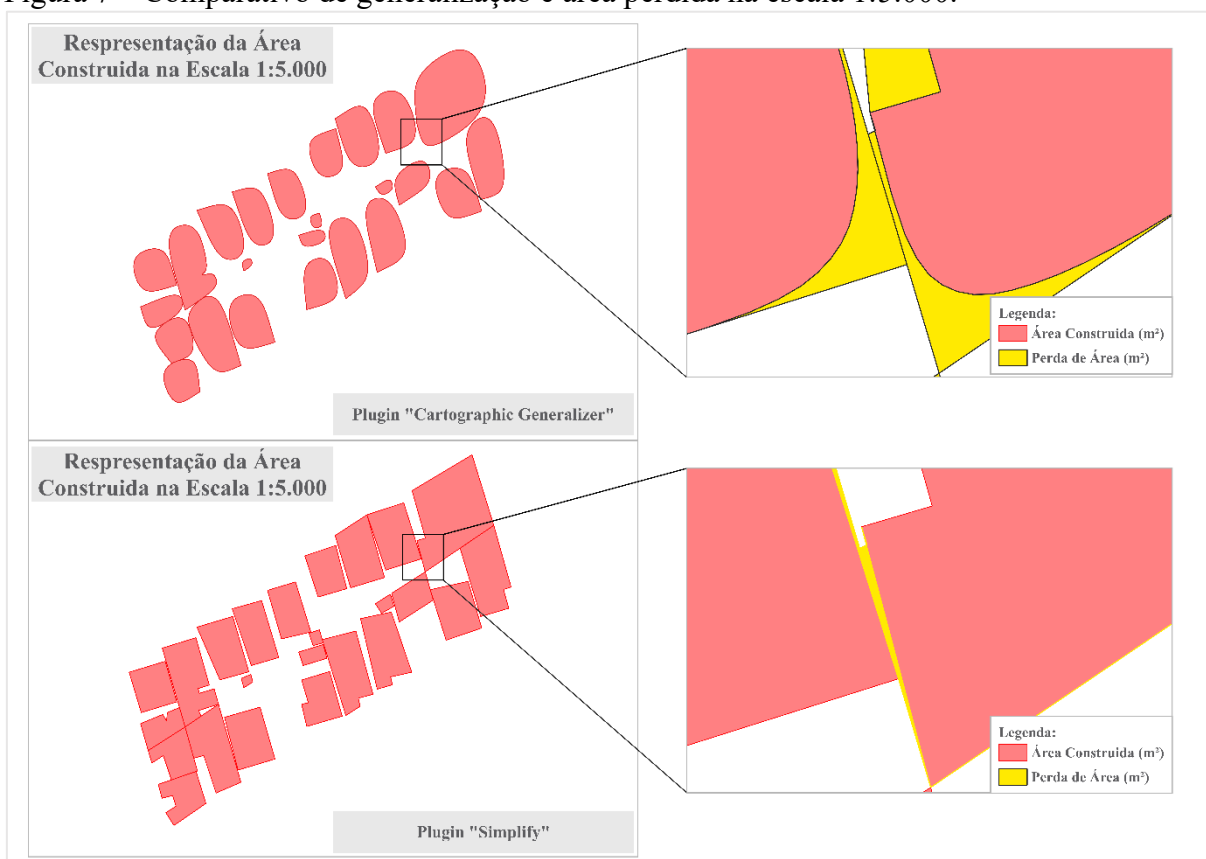


Fonte: O Autor (2026).

6.2.3 Generalização nas Escalas 1:5.000 e 1:10.000

A transição para a escala 1:5.000 representa um marco crítico no processo de generalização de bases cadastrais. Neste nível de redução, o adensamento gráfico das feições construídas exige uma supressão geométrica “mais severa” para evitar a coalescência (saturação e sobreposição visual) no mapa. A Figura 7 ilustra o comportamento dos algoritmos neste cenário, evidenciando como cada ferramenta lida com a necessidade de agrupar vértices e eliminar reentrâncias das edificações.

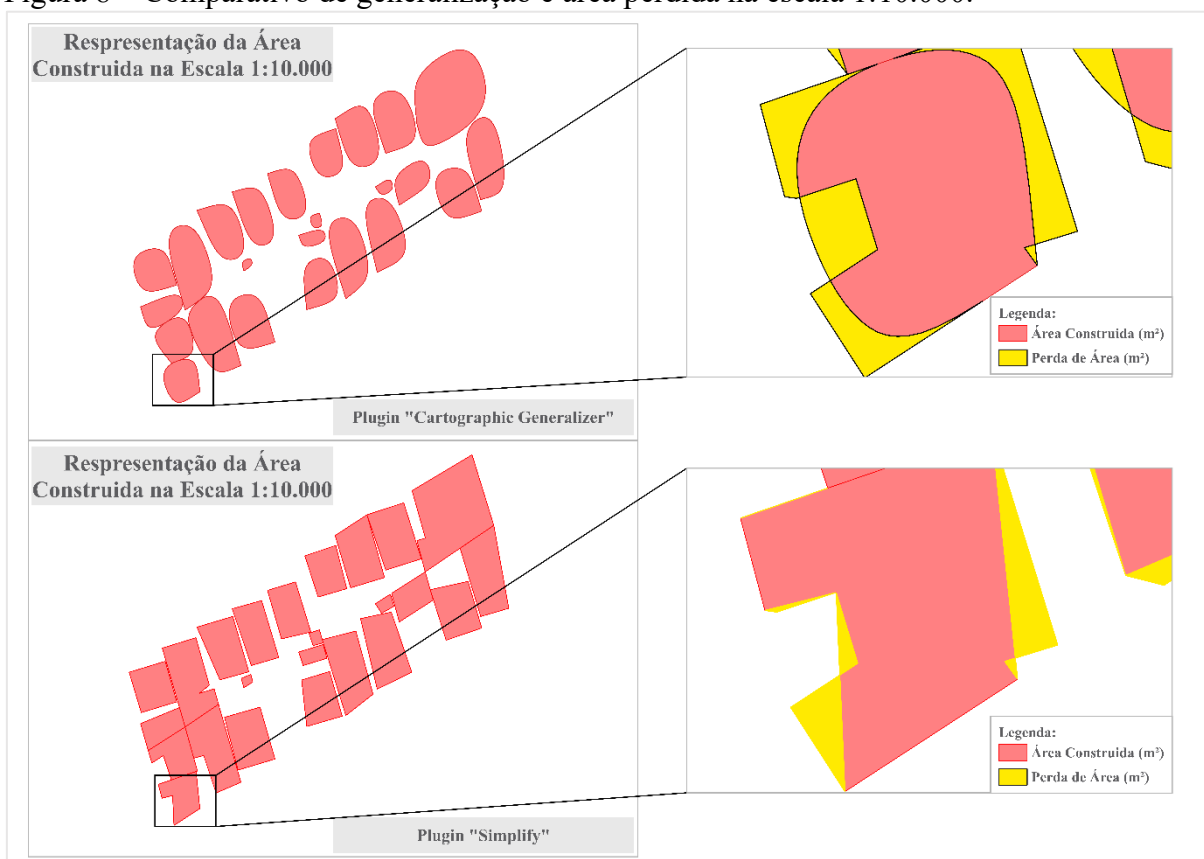
Figura 7 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:5.000.



Fonte: O Autor (2026).

Avançando para a escala 1:10.000, observa-se que possui direção ao planejamento macro urbano e zoneamento, em detrimento do detalhamento individual do lote, a exigência por simplificação da geometria atinge seu ápice em relação as análises anteriores. A Figura 8 demonstra o impacto do aumento da tolerância matemática sobre o polígono original, revelando a área residual perdida no processo.

Figura 8 – Comparativo de generalização e área perdida na escala 1:10.000.



Fonte: O Autor (2026).

A análise conjunta e visual das escalas extremas (1:5.000 e 1:10.000) atestam que o *Cartographic Generalizer* precisa de refinamentos para o mapeamento cadastral de edificações. As imagens demonstram que esse algoritmo deforma severamente as feições, transformando prédios e casas ortogonais em formas elípticas ou amorfas, que se assemelham visualmente a feições naturais (como lagos ou manchas de vegetação) e perdem completamente sua semântica urbana.

Em oposição, o plugin *Simplify* atinge o objetivo da generalização cartográfica nestas escalas com excelência. Ele consegue diminuir os detalhes e resolver o conflito gráfico, reduzindo edificações complexas a polígonos simples (geralmente retângulos mínimos envolventes). O grande mérito do algoritmo de Douglas-Peucker é conseguir reter o formato essencial das construções e a sua orientação espacial no lote, preservando a área original em comparação ao método de suavização.

6.3 Análise Quantitativa da Perda de Área

Na cartografia cadastral, a área construída é a variável mais crítica, pois é a base de cálculo para o lançamento tributário urbano (como o IPTU) e para o planejamento da densidade construtiva. Dessa forma, além da análise visual, procedeu-se à extração quantitativa da diferença simétrica gerada por cada plugin. O Quadro 4 consolida a área total construída original (representando 100% da base) e o percentual de supressão geométrica ocorrido em cada transição.

Quadro 4 – Comparativo dos dados de perda de área construída nas escalas alvo.

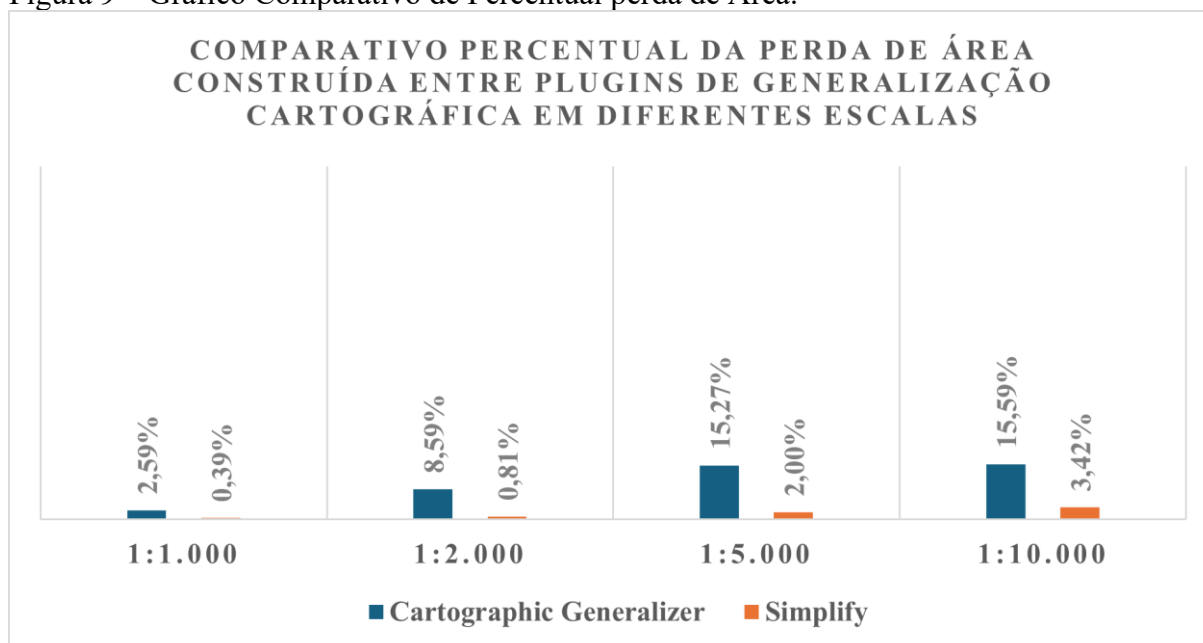
Área Construída (m²)	2781,7613	100 %
Escala	Plugins	
	Cartographic Generalizer	Simplify
1:1.000	2,59%	0,39%
1:2.000	8,59%	0,81%
1:5.000	15,27%	2%
1:10.000	15,59%	3,42%

Fonte: O Autor (2026).

Os dados tabulados confirmam a preservação morfológica do plugin *Simplify*. Para facilitar a visualização do impacto da suavização do *Cartographic Generalizer* em contraponto à eficiência geométrica do *Simplify*, os percentuais de perda de área foram plotados, como ilustra a Figura 9.

O *Cartographic Generalizer* apresenta valores elevados em relação a perda de área de degradação geométrica acentuada, enquanto o *Simplify* mantém uma taxa de supressão controlada, reafirmando sua adequação técnica para a generalização de dados e indicando ser útil para trabalhos cadastrais urbanos.

Figura 9 – Gráfico Comparativo de Percentual perda de Área.



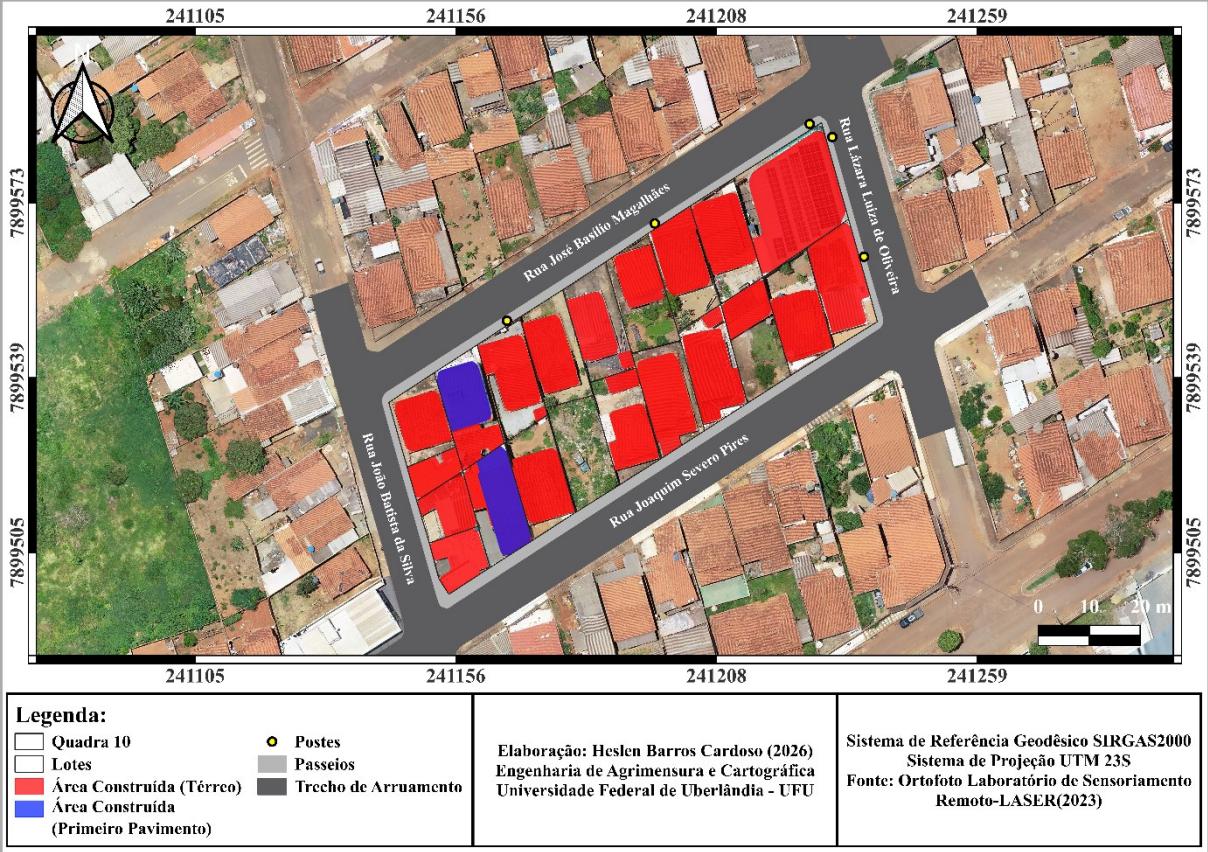
Fonte: O Autor (2026).

6.4 Mapas da Base Cadastral Municipal

Como consolidação prática desta pesquisa, as diretrizes de padronização visual e comunicação cartográfica (espessuras de linha, simbologias e sistema de cores RGB) elaboradas na etapa metodológica foram aplicadas sobre a geometria generalizada. O resultado materializa-se nos Mapas da Base Cadastral elaborados na escala de referência de 1:1.000. O objetivo desta etapa é mostrar como o tratamento geométrico prévio afeta a estética e a usabilidade do produto cartográfico final.

O primeiro produto cartográfico gerado utilizou a base de dados processada pelo plugin *Cartographic Generalizer*. Como ilustra a Figura 10, embora a aplicação das cores e espessuras normatizadas confira uma hierarquia visual ao documento, a geometria subjacente das edificações já reflete os efeitos da suavização. Observa-se que o leve arredondamento das quinas ortogonais confere às construções um aspecto ligeiramente orgânico, o que gera um descompasso com a representação clássica e rigorosa exigida no parcelamento do solo urbano.

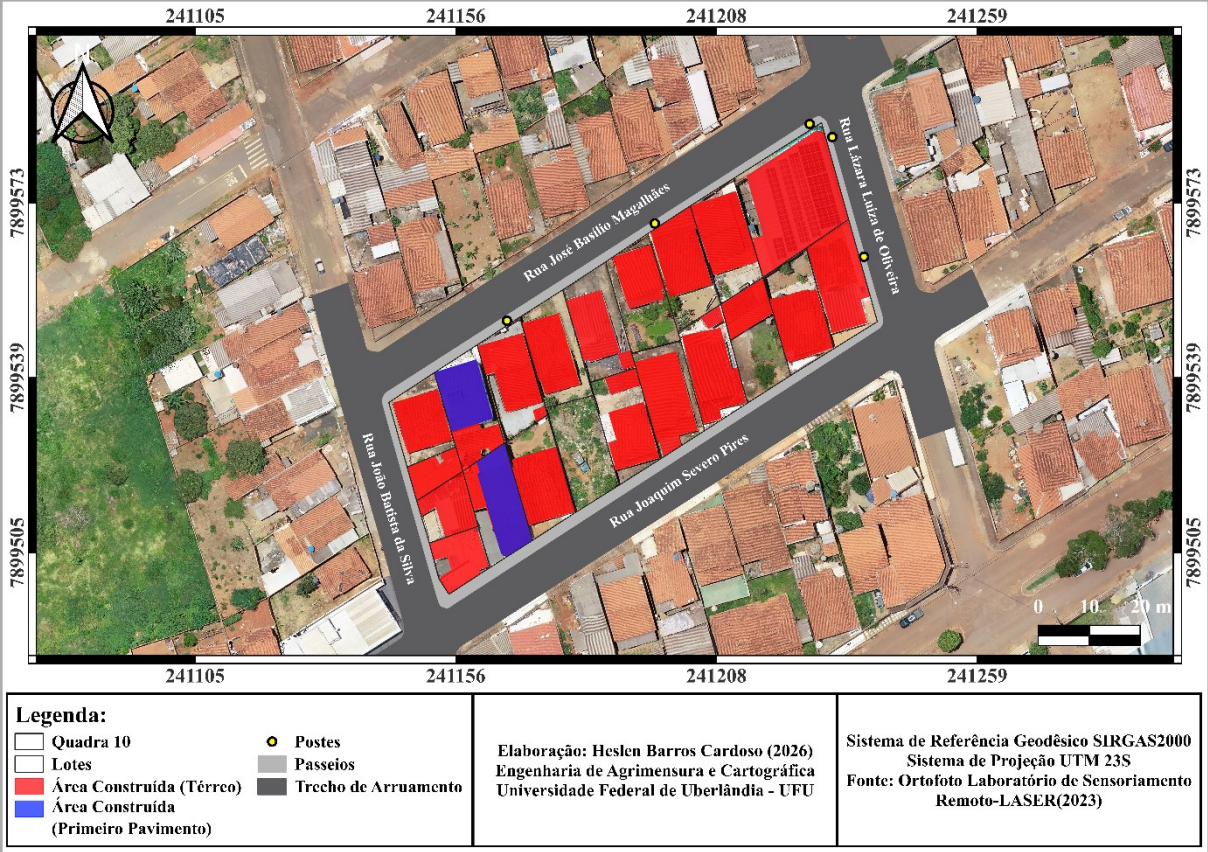
Figura 10 – Mapa Base Cadastral generalizado via Cartographic Generalizer (Escala 1:1.000).



Fonte: O Autor (2026).

Em contrapartida, o segundo produto cartográfico foi estruturado a partir dos dados generalizados pelo plugin *Simplify*. A Figura 11 evidencia o resultado entre a padronização visual (diretrizes da SSC e NBR 14166) e o algoritmo de preservação morfológica (Douglas-Peucker). Neste mapa, as feições antrópicas mantêm sua ortogonalidade e coesão geométrica, resultando em uma planta cadastral esteticamente limpa, precisa e fidedigna à realidade física das construções em terreno.

Figura 11 – Mapa Base Cadastral generalizado via Simplify (Escala 1:1.000).



Fonte: O Autor (2026).

A comparação final entre os dois produtos consolidados demonstra que a legibilidade e a confiabilidade de uma planta cadastral dependem não apenas da simbologia ou das cores adotadas, mas também da escolha do algoritmo de generalização. O mapa derivado do *Simplify* (Figura 11) configura-se como uma base visualmente e geometricamente segura para a manutenção do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM).

Esse comportamento das ferramentas de generalização sobre as feições cadastrais está alinhado com os resultados obtidos por Tolentino, Silva e Santil (2017). Ao avaliarem a acurácia posicional de feições lineares submetidas a algoritmos de simplificação e suavização, os autores constataram que feições com perfil retilíneo tendem a preservar melhor as suas características originais, enquanto geometrias mais complexas exigem uma quantidade maior de pontos para a sua representação, sofrendo perdas geométricas mais acentuadas durante a redução. Diante disso, os autores reforçam que é indispensável não apenas confiar nos resultados automatizados dos *softwares*, mas aplicar um critério analítico para assegurar a confiabilidade posicional e semântica do produto cartográfico final.

Um dos grandes destaques desta representação é o uso do sistema de cores RGB para diferenciar, de forma imediata e intuitiva, os pavimentos térreos dos primeiros pavimentos das edificações com a aplicações dos polígonos generalizados. Essa diferenciação visual é um trunfo estratégico, pois facilita a identificação de áreas construídas adensadas verticalmente, subsidiando processos de atualização tributária e de planejamento da infraestrutura urbana.

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho permitiu verificar a padronização visual e generalização cartográfica para a construção de uma base cadastral municipal, aplicada à área-piloto da Quadra 10, no município de Iraí de Minas - MG. Ao longo do estudo, evidenciou-se que a estruturação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) voltado ao Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) vai muito além da simples vetorização de feições, exigindo um refinamento geométrico pautado em normas técnicas e na avaliação crítica dos algoritmos computacionais.

Vale destacar que o sucesso desta padronização está diretamente ligado à qualidade da aquisição dos dados primitivos. A vetorização inicial, ancorada em ortofoto de alta resolução e alinhada aos preceitos de precisão geométrica da ABNT NBR 14166 (1998), provou ser uma etapa inegociável do processo. Sem uma base posicionalmente confiável e um levantamento fiel da realidade física dos lotes e edificações, a aplicação de qualquer algoritmo de generalização resultaria na propagação de erros, o que comprometeria totalmente a finalidade multifinalitária, jurídica e tributária do cadastro.

No que tange ao tratamento automatizado dos dados espaciais, a adoção de uma abordagem progressiva de transição de escalas (1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000) permitiu compreender os limites práticos da representação cartográfica urbana. A análise comparativa entre dois métodos de simplificação geométrica mostrou que, por meio da validação topológica e da quantificação de perda de área via Diferença Simétrica, os resultados desmistificaram o uso de ferramentas genéricas de suavização para o mapeamento urbano.

O plugin *Cartographic Generalizer*, ao aplicar uma suavização contínua de bordas, descaracteriza severamente as feições antrópicas, destruindo a geometria essencial das edificações nas escalas menores. Em contrapartida, o plugin *Simplify*, embasado no rigor do algoritmo de Douglas-Peucker, demonstrou sua eficiência em relação ao plugin anterior. No caso, foi capaz de reduzir a complexidade vetorial e evitar a mancha gráfica mantendo a ortogonalidade, a orientação espacial e a integridade morfológica das áreas construídas, requisitos indispensáveis para o cálculo de áreas no CTM.

Além do rigor geométrico, a pesquisa evidenciou que a percepção visual e a simbologia são pilares da comunicação cartográfica. A padronização sistematizada a partir das diretrizes da Sociedade Suíça de Cartografia (SSC) garantiu a hierarquia visual do produto gerado. O estabelecimento preciso das espessuras de linha (0,25 mm para arruamentos e 0,18 mm para feições fundiárias) demonstrou ser adequado para guiar a leitura do mapa sem sobrecarregar o

usuário. Destaca-se também a adoção do sistema de cores RGB para a diferenciação dos pavimentos das edificações, o que confere à base cadastral um caráter analítico imediato, fundamental para avaliações imobiliárias, atualização tributária e planejamento da infraestrutura urbana.

Apesar dos resultados, a análise da metodologia revela vantagens e lacunas. A principal vantagem é a organização estruturada e a redução da complexidade vetorial sem perder a ortogonalidade das feições. Em contrapartida, a desvantagem é a dependência de parâmetros geométricos, pois algoritmos como Douglas-Peucker não interpretam o contexto urbano, exigindo intervenções pontuais. Como lacuna, aponta-se a limitação a uma área de morfologia regular e a ausência de uma generalização semântica automatizada.

Sob a ótica profissional, o estudo consolida a visão analítica do Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo. A pesquisa evidencia que a gestão territorial exige a garantia da acurácia posicional e da integridade semântica, assegurando que a geometria e o significado das feições não se corrompam nas transições de escala. Essa vivência reforça a responsabilidade técnica, provando que a manipulação de dados espaciais requer um critério superior à simples operação de softwares.

Por fim, o Mapa da Base Cadastral Municipal padronizado e generalizado via algoritmo de Douglas-Peucker consolida um documento normatizado, livre de ruídos e funcional. Os resultados evidenciam que a automação computacional não substitui o julgamento analítico do engenheiro, sendo a união entre a tecnologia paramétrica e o conhecimento teórico o que assegura a transformação de um simples “desenho vetorial” em um instrumento de gestão, destacando a sua viabilidade técnica e pode ser replicada para a atualização contínua do mapeamento urbano. Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se a expansão desta metodologia para outros setores do município, bem como a avaliação do comportamento destes algoritmos frente a diferentes topologias de parcelamento do solo urbano com validações a campo. Recomenda-se, ainda, a integração destes dados geométricos padronizados a um banco de dados relacional completo, maximizando de forma definitiva o potencial multifinalitário da administração pública.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de Referência Cadastral Municipal — Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 13 mar. 2026.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Diretoria de Serviço Geográfico. **T 34-700**: Convenções Cartográficas. Brasília, DF: DSG, 2002. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/1/2596>. Acesso em: 13 mar. 2026.
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Portaria GM/MPO nº 32, de 14 de março de 2025**. Institui a Comissão Nacional de Geoinformação - CONGEO. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2026.
- CASTRO, M. C. de; SLUTER, C. R. Proposta de metodologia para generalização cartográfica para mapeamento topográfico de áreas urbanas. **Revista Cartográfica**, [S. l.], n. 90, p. 9-26, jan./dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.35424/RCARTO.I90.461>. Disponível em: <https://doi.org/10.35424/RCARTO.I90.461>. Acesso em: 19 mar. 2026.
- COMÉ, S. **Generalização cartográfica para a escala 1:10.000 das feições culturais de áreas urbanas representadas em cartas topográficas na escala 1:2.000**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/40627>. Acesso em: 19 mar. 2026.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Versão 3.0. Brasília: Ministério do Planejamento, 2018. Disponível em: <https://www.inde.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2026.
- ELIS, I. **Cartographic Generalizer**. [S. l.]: Repositório GitHub, 2026. Disponível em: https://github.com/indiaraelis/cartographic-generalizer/tree/main/cartographic_generalizer. Acesso em: 19 mar. 2026.
- FREIMAN, F. P.; SANTOS, D. R. dos. Generalização cartográfica: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 74, n. 3, p. 772-789, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv74n3-65431>. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/rbcv74n3-65431>. Acesso em: 19 mar. 2026.
- NALINI, V. T. **Avaliação cartométrica da base cartográfica digital adequada à gestão urbana derivada por generalização cartográfica a partir da escala de origem 1:2.000**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/3090>. Acesso em: 19 mar. 2026.
- NATINGUE, G.; DELAZARI, L. S.; SLUTER, C. R. Proposição de simbologia para cartas derivadas para o mapeamento topográfico do município de Campo Largo – PR. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 70, n. 2, p. 508-526, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv70n2-45380>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rbc/article/view/45380>. Acesso em: 19 mar. 2026.

SLUTER, C. R.; BRANDALIZE, M. C. B.; IVÁNOVÁ, I.; VAN ELZAKKER, C. Projeto cartográfico centrado no usuário dos mapas necessários à definição da estrutura do sistema viário de um plano diretor municipal. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 63, n. 1, p. 1-18, 2011. Disponível em: https://paranainterativo.pr.gov.br/apps/Artigos/arquivos/Projeto_Cartografico.pdf. Acesso em: 13 mar. 2026.

TOLENTINO, F. M.; SILVA, C. R. da; SANTIL, F. L. de P. Avaliação da acurácia posicional de redes de drenagem obtidas a partir de modelos SRTM e ASTER com o uso dos softwares ArcGIS e QGIS. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 69, n. 7, p. 1287-1301, 2017.