

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

JOÃO VITOR MOREIRA ALVES

Infraestrutura para empresas de Geoprocessamento

São Paulo

2025

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

JOÃO VITOR MOREIRA ALVES

Infraestrutura para empresas de Geoprocessamento

Trabalho submetido como exigência parcial

para obtenção do Grau de tecnólogo em

Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Orientador: Professor Arístides Novelli Filho

São Paulo

2025

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

JOÃO VITOR MOREIRA ALVES

Infraestrutura para empresas de Geoprocessamento

Trabalho submetido como exigência parcial para obtenção do Grau de Tecnólogo em
Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Parecer do Professor Orientador

Conceito/Nota Final: _____

**Atesto o conteúdo contido na mídia entregue pelo aluno e assinado por mim
para avaliação de TCC.**

**Estou ciente de que se o aluno não tiver entregado a mídia conforme regras do
roteiro ele estará reprovado da disciplina mesmo que esteja aprovado por mim.**

Orientador: Professor Aristides Novelli Filho

São Paulo, ____ de _____ de 2025.

Assinatura do Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me concedido o dom da vida, forças, saúde e sabedoria durante toda essa jornada acadêmica.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio constante e incentivo em todos os momentos da minha vida. Sem vocês, nada disso seria possível.

Ao meu supervisor e amigo de trabalho, Hélio, pela compreensão, apoio e incentivo durante essa etapa tão importante da minha formação.

Ao meu professor orientador, Arístides, pela orientação dedicada, pelos conselhos valiosos — não só sobre o TCC, mas também sobre a vida — e pela paciência ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus grandes amigos de faculdade, George e João, pela parceria, pelas conversas, pelo apoio mútuo e por tornarem essa caminhada mais leve e significativa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se realizasse, o meu sincero agradecimento.

“É um erro capital teorizar antes de se ter dados.”

(Arthur Conan Doyle)

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Mapa de John Snow (1854) identificando a fonte de contaminação durante o surto de cólera em Londres Fonte: GeoOne (2025). | 14 |
| Figura 2 – Comparativo entre infraestrutura de TI tradicional e infraestrutura para geoprocessamento Fonte: Elaborado pelo autor (2025). | 17 |
| Figura 3 - Interface de entrada do sistema CIUS WebGIS. | 43 |
| Figura 4 – Exemplo de uma Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS) WebGIS | 44 |
| Figura 5 – Diagrama de Fluxo do CIUS (Consulta Integrada de Uso do Solo). | 47 |
| Figura 6 - Validação do Uso Residencial..... | 51 |
| Figura 7 - Etapa 1 - Incomodidade X Zoneamento | 52 |
| Figura 8 - Etapa 2 - Incomodidade x Zoneamento Especial..... | 55 |
| Figura 9 - Validação do uso e da Incomodidade não residencial..... | 58 |

RESUMO

Este trabalho fala sobre a infraestrutura necessária para empresas que trabalham com geoprocessamento, mostrando os desafios e as soluções para gerenciar os dados espaciais de forma eficiente. Primeiro, ele explica como essa infraestrutura é diferente da infraestrutura tradicional de tecnologia da informação, principalmente no que diz respeito ao armazenamento, processamento e segurança dos dados geográficos. Também mostra que trabalhar com esses dados exige equipamentos, softwares e profissionais especializados, além de uma rede eficiente para garantir que tudo funcione bem.

O texto destaca ainda como as APIs ajudam a integrar diferentes sistemas, facilitando o compartilhamento de informações em tempo real e garantindo que várias plataformas possam conversar entre si sem problemas. Outra parte importante do trabalho é a explicação sobre os componentes de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que são essenciais para visualizar, consultar e analisar os dados espaciais de forma precisa.

Por fim, o estudo de caso do sistema CIUS WebGIS exemplifica como essas tecnologias podem ser aplicadas na prática, automatizando processos urbanos e ajudando na gestão do território com mais transparência e agilidade. O trabalho conclui que a infraestrutura para geoprocessamento vai muito além dos recursos tecnológicos básicos e que investir em planejamento e inovação é fundamental para o sucesso das empresas nessa área.

Palavras-chave: geoprocessamento; dados espaciais; SIG; APIs; CIUS WebGIS.

ABSTRACT

This paper discusses the infrastructure required for companies that work with geoprocessing, showing the challenges and solutions for managing spatial data efficiently. First, it explains how this infrastructure is different from traditional information technology infrastructure, especially with regard to the storage, processing and security of geographic data. It also shows that working with this data requires specialized equipment, software and professionals, as well as an efficient network to ensure that everything works well.

The text also highlights how APIs help to integrate different systems, facilitating the sharing of information in real time and ensuring that multiple platforms can communicate with each other without problems. Another important part of the paper is the explanation of the components of a Geographic Information System (GIS), which are essential for viewing, consulting and analysing spatial data accurately.

Finally, the case study of the CIUS WebGIS system exemplifies how these technologies can be applied in practice, automating urban processes and helping to manage the territory with greater transparency and agility. The work concludes that the infrastructure for geoprocessing goes far beyond basic technological resources and that investing in planning and innovation is fundamental for the success of companies in this area.

Keywords: geoprocessing; spatial data; GIS; APIs; CIUS WebGIS.

Sumário

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 10 |
| 1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| 1.1 O que é Geoprocessamento? | 13 |
| 1.2 Infraestrutura de TI vs. Infraestrutura para geoprocessamento | 15 |
| 2. COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA PARA GEOPROCESSAMENTO | 19 |
| 2.1 Hardware | 19 |
| 2.2 Software | 20 |
| 2.3 Estrutura de um SIG (Sistema de informação geográfica) | 22 |
| 2.4 Redes e Conectividade | 25 |
| 3. PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE DADOS GEOESPACIAIS | 27 |
| 3.1 Processamento de Dados espaciais e suas características | 27 |
| 3.2 Banco de dados espaciais e suas características | 29 |
| 4. SEGURANÇA E DISPONIBILIDADE DA INFRAESTRUTURA | 32 |
| 4.1 Controle de acesso e políticas de segurança | 32 |
| 4.2 Backup | 33 |
| 5. INTEROPERABILIDADE E PADRÕES DE GEOPROCESSAMENTO | 35 |
| 5.1 O papel do Open Geospatial Consortium | 35 |
| 5.2 Formatos de Dados Espaciais | 37 |
| 5.3 API e integração entre sistemas | 38 |
| 6. ESTUDO DE CASO E APLICAÇÕES REAIS | 40 |
| 6.1 Introdução do Caso de Uso | 41 |
| 6.2 Fluxo Geral do Processo para gerar a Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS) | 42 |
| 6.3 Lógica Interna e Validação Automatizada do Uso do Solo | 46 |
| 6.4.1 Validação de Uso Residencial | 51 |
| 6.4.2 Validação da Etapa 1 - Incomodidade X Zoneamento Urbano | 52 |
| 6.4.3 Validação da Etapa 2 – Incomodidade X Zoneamento Especial | 55 |
| 6.4.4 Validação do uso pretendido e incomodidade não residencial | 58 |
| 6.5 Benefícios e Resultados Obtidos | 60 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 63 |
| 7. REFERÊNCIAS | 65 |

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o avanço tecnológico e a crescente digitalização têm promovido o aumento da utilização de dados espaciais em diversas áreas, como planejamento urbano, gestão ambiental, infraestrutura, entre outros. Dentro desse cenário, o geoprocessamento tornou-se uma ferramenta essencial para a gestão eficiente dessas informações espaciais.

Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. (Câmara e Davis, 2000, p. 1).

Com o crescimento da digitalização e da necessidade de análises espaciais cada vez mais precisas, empresas e órgãos públicos dependem cada vez mais de tecnologias que permitam coletar, processar e interpretar dados georreferenciados com agilidade e precisão.

Para garantir a eficiência desses processos, é fundamental contar com uma infraestrutura tecnológica adequada. Diferente dos sistemas tradicionais de TI, a infraestrutura voltada ao geoprocessamento precisa lidar com grandes volumes de dados espaciais, interoperabilidade entre diferentes plataformas e alta capacidade de processamento gráfico. Além disso, a segurança e a integridade dessas informações são essenciais, principalmente em aplicações que envolvem administração pública e planejamento territorial.

A demanda por soluções baseadas em geoprocessamento exige que empresas e instituições invistam em tecnologias especializadas para processamento de imagens, banco de dados espaciais, serviços de mapeamento digital e análise geográfica avançada. Dessa forma, compreender os componentes e desafios dessa infraestrutura é essencial para aprimorar a eficiência dos serviços prestados, melhorar a tomada de decisões e garantir maior precisão na gestão territorial e tributária.

O objetivo principal deste trabalho é analisar as necessidades e os desafios da infraestrutura voltada para geoprocessamento, identificando soluções e boas práticas que permitem uma gestão eficiente dos dados espaciais em empresas especializadas na área. Para isso, o estudo compara a infraestrutura tradicional de TI com a

infraestrutura específica de geoprocessamento, destacando as diferenças em termos de processamento, armazenamento, segurança e também a demanda por profissionais especializados na área. Além disso, visa explorar o papel das APIs na integração entre sistemas, evidenciando como essas interfaces facilitam a comunicação entre plataformas distintas, promovendo maior eficiência e interoperabilidade. Outro ponto abordado é a análise da estrutura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), incluindo seus principais componentes — hardware, software e dados — e como eles se interligam para viabilizar a gestão e análise de informações espaciais.

A justificativa para este Trabalho de Conclusão de Curso reside na crescente necessidade de aprimorar a infraestrutura tecnológica voltada para o geoprocessamento, uma área altamente especializada dentro da Tecnologia da Informação. Atualmente, a demanda por profissionais qualificados e por soluções robustas para lidar com o grande volume de dados geoespaciais é crescente, mas ainda existe uma escassez de profissionais com o conhecimento técnico necessário para gerenciar e otimizar a infraestrutura necessária nesse contexto. Muitas empresas, como a que atuo, enfrentam desafios em encontrar e reter talentos especializados em geoprocessamento, o que impacta diretamente na eficiência e inovação dos processos. Além disso, o geoprocessamento envolve características específicas, como o processamento de grandes volumes de dados espaciais, que exigem uma infraestrutura de TI adaptada. Portanto, estudar e entender as melhores práticas e soluções para essa infraestrutura não só contribui para o desenvolvimento da área, mas também visa ajudar a suprir essa lacuna no mercado de trabalho, melhorando a capacidade das empresas em lidar com as complexidades dessa tecnologia.

A metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso é a revisão bibliográfica, que consiste em uma análise detalhada e sistemática de estudos e publicações acadêmicas relevantes ao tema. Esta abordagem tem como objetivo reunir e examinar o conhecimento existente sobre infraestrutura para empresas de geoprocessamento, com ênfase nos desafios relacionados ao alto volume de dados, demanda por alto desempenho computacional e a necessidade de armazenamento otimizado. A revisão bibliográfica permite identificar padrões, tendências e lacunas na literatura, proporcionando uma

compreensão mais aprofundada dos componentes da infraestrutura necessária para o geoprocessamento. A pesquisa será baseada em fontes confiáveis, como artigos científicos, livros, teses e relatórios de instituições especializadas, possibilitando uma análise crítica fundamentada em dados e teorias consolidadas. O uso dessas fontes contribui para a construção de um referencial teórico robusto, que subsidia as discussões e conclusões do estudo, permitindo uma abordagem detalhada e embasada dos aspectos essenciais da infraestrutura para geoprocessamento nas empresas.

1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos fundamentais relacionados ao geoprocessamento e à infraestrutura tecnológica necessária para seu funcionamento. Inicialmente, aborda-se o conceito de geoprocessamento, suas principais técnicas e aplicações, incluindo uma breve explanação sobre a evolução histórica dessa área, destacando o pioneirismo de John Snow em 1854, que utilizou mapas para rastrear um surto de cólera em Londres, marco inicial na aplicação de análises espaciais. Destaca-se também a importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e demais ferramentas para a análise espacial. Em seguida, é realizada uma comparação entre a infraestrutura tradicional de Tecnologia da Informação (TI) e a infraestrutura específica para geoprocessamento, ressaltando as diferenças relativas a hardware, software, capacidade de processamento, armazenamento e à necessidade de recursos humanos especializados no tratamento dos dados espaciais. Essa base teórica oferece o suporte necessário para compreender os aspectos técnicos e operacionais que serão aprofundados nos capítulos subsequentes.

1.1 O que é Geoprocessamento?

Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais aplicadas a bases de dados georreferenciadas, permitindo transformar registros espaciais em informações relevantes para análise e tomada de decisão (Câmara & Davis, 2000, p. 1). Essas técnicas envolvem o processamento, armazenamento e manipulação de dados espaciais, por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilitam a integração de diferentes fontes de informação para análise espacial e visualização de fenômenos geográficos. Sua aplicação abrange diversas áreas, como planejamento urbano, gestão ambiental, monitoramento de recursos naturais, agricultura de precisão, logística e análise de riscos.

O uso de ferramentas para análise espacial remonta ao século XIX, com o trabalho pioneiro de John Snow, um médico britânico que utilizou mapas para rastrear e combater um surto de cólera em Londres em 1854. Por meio da localização

geográfica dos casos de cólera e da análise dos dados, Snow conseguiu identificar a fonte de contaminação — uma bomba de água contaminada —, o que contribuiu significativamente para a melhoria das condições de saúde pública na cidade. Esse episódio é considerado um dos primeiros casos de aplicação de técnicas de geoprocessamento, onde a visualização espacial e a análise dos dados geográficos resultaram em uma solução prática e eficaz para um problema de saúde pública, conforme relatado por França (2024) e Madeira (2021), que exploram o legado de John Snow como precursor das análises espaciais.

A Figura 1 a seguir ilustra o mapa criado por John Snow para identificar a fonte do surto de cólera em Londres, destacando os locais onde ocorreram os casos de morte e a localização atual desses pontos, exemplificando a aplicação inicial da análise espacial no combate a problemas de saúde pública.



Figura 1 Mapa de John Snow (1854) identificando a fonte de contaminação durante o surto de cólera em Londres
Fonte: GeoOne (2025).

O exemplo de John Snow ilustra como a visualização e a análise espacial de dados já desempenhavam um papel fundamental na solução de problemas complexos. A partir dessa base histórica, o geoprocessamento evoluiu

significativamente com o tempo. A sua consolidação como uma disciplina moderna está intimamente ligada ao avanço da cartografia digital, da computação e da geoinformação. Esse desenvolvimento ganhou força a partir da década de 1960, com a criação dos primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIG), voltados para estudos ambientais e planejamento territorial. Com o aumento da capacidade computacional, surgiram ferramentas mais sofisticadas para a manipulação de grandes volumes de dados espaciais, culminando na era dos sistemas baseados em nuvem e das plataformas de análise geoespacial em tempo real.

1.2 Infraestrutura de TI vs. Infraestrutura para geoprocessamento

A infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) tradicional pode ser compreendida como o conjunto de recursos físicos e lógicos utilizados para suportar as operações tecnológicas de uma organização. Ela inclui servidores, dispositivos de armazenamento, redes locais, sistemas operacionais, softwares corporativos e equipamentos periféricos, geralmente instalados e gerenciados internamente pelas próprias empresas.

Esse modelo é caracterizado pela sua implementação on-premises, ou seja, no próprio ambiente físico da organização, o que proporciona maior controle sobre os ativos tecnológicos, personalização das soluções e autonomia na gestão da segurança e dos dados. No entanto, essa abordagem também exige investimentos significativos em infraestrutura física, manutenção contínua, equipe técnica especializada e atualizações periódicas de hardware e software (RED HAT, 2023).

Apesar do avanço das soluções baseadas em nuvem, a infraestrutura tradicional ainda é amplamente adotada por empresas que possuem sistemas legados, exigências regulatórias específicas ou que necessitam manter um alto nível de controle sobre seus ambientes computacionais (AWS, 2025).

Entre as principais características da infraestrutura de TI tradicional, destacam-se:

- Gestão interna e local dos servidores e recursos;
- Necessidade de espaço físico, refrigeração e energia elétrica adequada;
- Custos elevados de aquisição, manutenção e atualização;
- Menor flexibilidade e escalabilidade em relação à computação em nuvem;
- Autonomia total na implementação de políticas de segurança e conformidade.

Esse modelo serve como base para diversos setores organizacionais, mas, quando comparado à infraestrutura necessária para o geoprocessamento, apresenta limitações importantes, especialmente no que diz respeito à capacidade de processamento gráfico, armazenamento de grandes volumes de dados espaciais e interoperabilidade entre sistemas especializados — aspectos que serão aprofundados nas seções seguintes.

A infraestrutura para geoprocessamento, por sua vez, pode ser compreendida como uma extensão da infraestrutura tradicional de Tecnologia da Informação. Em sua base, compartilha componentes essenciais semelhantes, como servidores, sistemas operacionais, redes e dispositivos de armazenamento. No entanto, diferencia-se por incorporar recursos especializados voltados à coleta, armazenamento, processamento, análise e visualização dos dados, dados esses que são utilizados em análise espacial, modelagem geográfica, classificação de imagens e simulações ambientais.

Essas exigências se tornam particularmente relevantes devido à complexidade dos dados geoespaciais, que envolvem não apenas atributos descritivos, mas também coordenadas geográficas, além de outras informações estruturadas como polígonos, referências cruzadas, identificação de lotes, entre outros elementos espaciais que precisam ser processados e representados com precisão em diferentes escalas e sistemas de projeção.

Para lidar com essas demandas, é necessário o uso de softwares e plataformas específicas, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), servidores de mapas

(ex: GeoServer, MapServer), bancos de dados espaciais (ex: PostGIS, Oracle Spatial), bibliotecas para visualização e integração (ex: Leaflet) e APIs de integração com serviços de geolocalização. A interoperabilidade entre essas ferramentas também é crucial, demandando conformidade com padrões internacionais definidos por instituições como a Open Geospatial Consortium (OGC).

Outro ponto central é o volume e a natureza dos dados. Dados geoespaciais são, em geral, volumosos, heterogêneos e atualizados constantemente. Isso exige uma infraestrutura que assegure não apenas desempenho, mas também escalabilidade e segurança no armazenamento e no trânsito das informações.

Portanto, embora compartilhem elementos básicos — como servidores, redes e sistemas operacionais —, a infraestrutura para geoprocessamento se distingue por seu alto grau de especialização, tanto em hardware quanto em software. Essas diferenças justificam investimentos específicos em tecnologia, arquitetura de sistemas e capacitação técnica das equipes envolvidas no processamento de dados espaciais.

| Elementos | Infraestrutura de TI Tradicional | Infraestrutura para Geoprocessamento |
|---------------------------|--|---|
| Objetivo principal | Suporte a sistemas corporativos, ERPs, gestão empresarial | Coleta, processamento, análise e visualização de dados espaciais |
| Tipo de Dados | Textuais, transacionais, documentos | Dados geoespaciais (raster, vetoriais, imagens de satélite, MDTs, shapefiles, etc.) |
| Processamento | Processos transacionais, baixa complexidade computacional | Algoritmos complexos, alto uso de CPU/GPU, análise espacial, modelagem geográfica |
| Armazenamento | Armazenamento convencional, baseado em documentos ou registros | Armazenamento otimizado para grandes volumes, imagens georreferenciadas, dados vetoriais e raster |
| Softwares | Softwares corporativos (ERPs, CRMs, suites administrativas) | SIGs (QGIS, ArcGIS), softwares de sensoriamento remoto, servidores de mapas, APIs geoespaciais |
| Banco de Dados | Relacionais tradicionais (MySQL, SQL Server, Oracle) | Bancos de dados espaciais (PostGIS, Oracle Spatial, Spatialite) |
| Segurança de Dados | Controle de acesso, firewalls, backups padrão | Segurança voltada para dados sensíveis e atualizações frequentes; criptografia e controle por camadas |
| Aplicação | Finanças, RH, logística, controle de estoque | Planejamento urbano, meio ambiente, agronegócio, obras públicas, mapeamento, monitoramento ambiental. |
| Custo | Custo moderado; menor necessidade de hardware específico | Investimento elevado em hardware, software e equipe especializada; custo variável conforme o projeto |

Figura 2 – Comparativo entre infraestrutura de TI tradicional e infraestrutura para geoprocessamento
 Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base na análise da Figura 2, que compara os componentes e características da infraestrutura tradicional de TI com a infraestrutura voltada ao geoprocessamento, é possível observar diferenças importantes. Embora compartilhem elementos fundamentais, as exigências técnicas específicas da infraestrutura para geoprocessamento — como maior capacidade gráfica, processamento intensivo e interoperabilidade entre sistemas especializados — tornam necessária uma arquitetura própria e mais complexa. Dessa forma, é fundamental compreender os principais componentes dessa infraestrutura especializada, que incluem hardware, software, banco de dados, redes e conectividade, os quais serão detalhados nos próximos tópicos.

2. COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA PARA GEOPROCESSAMENTO

Este capítulo tem como objetivo apresentar e detalhar os principais componentes que compõem a infraestrutura necessária para o desenvolvimento eficiente de soluções em geoprocessamento. Inicialmente, será detalhada a infraestrutura de hardware, que consiste nos equipamentos físicos fundamentais para suportar o processamento, armazenamento e visualização dos dados geoespaciais. Na sequência, discutiremos a infraestrutura de software, responsável pela execução das aplicações que manipulam e processam os dados espaciais. Posteriormente, será explorada a estrutura dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), considerados ferramentas essenciais para o gerenciamento, análise e interpretação dos dados espaciais. Por fim, será enfatizada a importância das redes e da conectividade, elementos cruciais para garantir a comunicação rápida e segura entre diferentes sistemas, servidores e usuários, possibilitando o compartilhamento e a integração de dados em tempo real. Portanto, este capítulo visa oferecer uma visão abrangente e integrada dos elementos que sustentam a infraestrutura tecnológica dentro do contexto do geoprocessamento.

2.1 Hardware

A infraestrutura de hardware é a base física que sustenta todo o ambiente computacional de uma organização. Ela abrange desde os computadores utilizados por analistas e técnicos até servidores de alto desempenho, dispositivos de armazenamento, equipamentos de rede e estações gráficas.

Em comparação com uma estrutura de TI convencional, o hardware para geoprocessamento precisa atender a demandas específicas relacionadas à manipulação de grandes volumes de dados georreferenciados e à execução de tarefas computacionalmente intensas, como modelagens tridimensionais, análises espaciais complexas e processamento de imagens de sensoriamento remoto.

Componentes-chave do Hardware:

- **Servidores de alto desempenho:** São essenciais para o processamento de grandes volumes de dados, os servidores devem possuir processadores rápidos, múltiplos núcleos e memória RAM abundante.
- **Estações de trabalho gráficas:** Utilizadas para tarefas de visualização e análise intensiva, essas estações requerem placas gráficas avançadas (GPUs) e monitores de alta resolução.
- **Armazenamento de dados:** Sistemas de armazenamento com alta capacidade e velocidade são fundamentais para gerenciar grandes bases de dados espaciais, garantindo acesso rápido e seguro às informações.
- **Equipamentos de rede:** Uma rede robusta e de alta velocidade é crucial para a transferência eficiente de dados entre servidores, estações de trabalho e outros dispositivos, assegurando a integridade e a disponibilidade das informações.
- **Dispositivos de entrada/saída:** Equipamentos como plotters, scanners e dispositivos GPS são utilizados para a coleta e visualização de dados geoespaciais, integrando informações do mundo real ao sistema de geoprocessamento.

A escolha adequada dos componentes de hardware impacta diretamente no desempenho e na eficiência das operações em geoprocessamento. Investimentos em infraestrutura compatível com as exigências técnicas das ferramentas geoespaciais garantem não apenas maior produtividade, mas também maior precisão nas análises realizadas. Além disso, o dimensionamento correto da infraestrutura física contribui para a escalabilidade dos projetos e para a sustentabilidade dos serviços prestados, especialmente em contextos que envolvem o processamento de dados em tempo real, integração com sensores remotos ou trabalho colaborativo em ambientes distribuídos.

2.2 Software

Os softwares representam a camada lógica da infraestrutura de geoprocessamento, sendo responsáveis por operacionalizar o processamento, a

análise e a visualização de dados espaciais. Eles permitem que os usuários manipulem informações geográficas com precisão, façam simulações, criem mapas temáticos e desenvolvam modelos espaciais para apoiar a tomada de decisão.

Entre os principais tipos de software utilizados em geoprocessamento, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilitam a integração e análise de dados georreferenciados; os programas de processamento de imagens de sensoriamento remoto, que tratam dados provenientes de satélites e drones; e as ferramentas de modelagem espacial e geostatística, voltadas para análises preditivas e simulações complexas.

Além dos SIGs comerciais, tais como o ArcGIS e o Global Mapper, há um crescente uso de soluções livres e de código aberto, como o QGIS, GRASS GIS e gvSIG. Esses softwares vêm se consolidando como alternativas robustas e economicamente viáveis, sendo amplamente adotados por instituições públicas, privadas e acadêmicas.

Outro ponto relevante é a integração dos softwares de geoprocessamento com bancos de dados espaciais, como o PostgreSQL/PostGIS, que permite o armazenamento e consulta eficiente de grandes volumes de dados geográficos. Também é comum a utilização de linguagens de programação, como Python e R, para automação de processos, criação de scripts e desenvolvimento de ferramentas customizadas.

O avanço das tecnologias de computação em nuvem também tem impulsionado o uso de plataformas web para geoprocessamento, como o Google Earth Engine e serviços da Amazon Web Services (AWS), que oferecem infraestrutura escalável e poder computacional elevado para análise de dados em larga escala.

A seleção adequada dos softwares depende do tipo de projeto, do volume de dados, da equipe envolvida e das demandas de análise. Ter uma infraestrutura de software bem planejada e integrada garante maior fluidez no fluxo de trabalho, interoperabilidade entre sistemas e resultados mais precisos e confiáveis.

2.3 Estrutura de um SIG (Sistema de informação geográfica)

De acordo com Fitz (2018, p. 80):

Um SIG pode ser entendido, assim, como uma reunião de outros sistemas associados, os quais são constituídos por programas com módulos (outros programas) diversos que, por sua vez, podem constituir-se em outros sistemas dependentes.

Além disso, Fitz afirma que um SIG possui quatro componentes principais:

O **hardware**, que engloba todos os equipamentos necessários para a operação de um SIG, como computadores, impressoras, scanners, plotters e servidores. Esses dispositivos garantem o processamento, o armazenamento e a saída das informações geográficas;

O **software**, que é responsável pelo gerenciamento dos dados, pela realização das análises espaciais e pela produção de mapas e relatórios. Ele inclui sistemas específicos de SIG, como ArcGIS, QGIS, SPRING, entre outros, além dos sistemas operacionais e bancos de dados;

Os **dados**, que constituem o elemento central do SIG, abrangendo informações espaciais (localização e forma dos objetos geográficos) e atributos descritivos (características associadas aos objetos); e

O **peopleware**, que refere-se às pessoas envolvidas no funcionamento do sistema, incluindo operadores, analistas, técnicos e gestores, responsáveis pela coleta, análise, interpretação e manutenção dos dados.

Segundo Fitz (2018, p. 80), as funções básicas de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) envolvem quatro categorias principais:

1. **Aquisição e edição de dados:**

Compreende a coleta das informações necessárias para alimentar o sistema, podendo ser realizada por meio de levantamentos de campo, digitalização de mapas, sensoriamento remoto, GPS e bases de dados existentes.

A edição de dados permite a atualização, a correção de erros e a alteração tanto das informações espaciais quanto dos atributos associados. Essa função é fundamental para garantir a consistência e a

qualidade dos dados mantidos no sistema, assegurando que as análises realizadas sejam confiáveis e atualizadas.

Entretanto, é importante destacar que o processo de edição está diretamente vinculado às concepções teórico-ideológicas do usuário, bem como à sua formação profissional. Isso porque a interpretação e a seleção dos dados a serem corrigidos ou modificados podem variar de acordo com o conhecimento técnico, a experiência prática e a visão de mundo de quem opera o SIG. Assim, a edição de dados não é um processo totalmente neutro, mas envolve escolhas que refletem contextos científicos, sociais e culturais;

2. Armazenamento de dados:

O armazenamento é feito em estruturas apropriadas, que permitem o acesso rápido e a organização eficiente das informações. Isso é essencial para o funcionamento de um SIG, pois a quantidade de dados geográficos costuma ser muito elevada.

Esses dados podem ser classificados em duas categorias principais: dados alfanuméricos e dados gráficos.

- Os dados alfanuméricos correspondem às informações descritivas associadas aos objetos espaciais, como, por exemplo, o nome de uma rua, a população de um bairro ou a classificação de uso de um terreno. Essas informações geralmente são armazenadas em tabelas, organizadas por meio de bancos de dados relacionais.
- Dados gráficos representam a localização e a forma dos objetos geográficos e podem ser armazenados de duas maneiras distintas: na forma de matrizes ou de vetores.
 - I. Os dados matriciais (ou raster) são compostos por uma grade de células (pixels), onde cada célula contém um valor que representa uma característica do espaço, como elevação, temperatura ou uso da terra.
 - II. Os dados vetoriais, por sua vez, representam os objetos geográficos por meio de pontos, linhas e

polígonos, sendo indicados para feições discretas, como ruas, rios e limites de propriedades.

A correta organização e armazenamento desses dois tipos de dados permite que o SIG realize análises espaciais de forma eficiente, garantindo a precisão e a integridade dos resultados;

3. A análise geográfica dos dados:

A análise geográfica representa uma das funções centrais de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), pois permite transformar dados brutos em informações relevantes para a compreensão espacial de fenômenos e para a tomada de decisão. Essa análise envolve a exploração das relações espaciais entre os dados, considerando variáveis como proximidade, sobreposição, conectividade e padrões de distribuição.

Entre os principais tipos de análises realizadas em um SIG, destacam-se:

- Análise de redes, utilizada para estudar sistemas interligados, como redes de transporte e abastecimento, possibilitando otimizar rotas e identificar gargalos;
- Modelagem de superfícies, que cria representações contínuas de fenômenos como relevo e distribuição de temperatura, por meio de técnicas como interpolação espacial;
- Análise de padrões espaciais, voltada para identificar aglomerações, dispersões ou tendências específicas dentro dos dados geográficos.

Assim, a análise geográfica é fundamental para extrair significado dos dados espaciais, apoiar o planejamento estratégico e fornecer bases sólidas para a gestão territorial e ambiental; e

4. A representação dos dados:

Representação dos dados envolve a criação de mapas e relatórios que facilitam a visualização e a interpretação das informações geográficas. O SIG gera representações gráficas que são fundamentais

para comunicar os resultados das análises, oferecendo uma visualização clara e objetiva dos dados espaciais.

A compreensão da estrutura de um Sistema de Informação Geográfica é fundamental para seu uso eficiente em projetos que envolvem dados espaciais. Os componentes — hardware, software, dados e pessoas —, aliados às funções de aquisição, armazenamento, análise e representação, formam um sistema coeso capaz de transformar informações geográficas em conhecimento aplicável. Essa integração é o que permite que o SIG atue como uma ferramenta estratégica nas mais diversas áreas, desde o planejamento urbano até a gestão ambiental, consolidando-se como peça-chave na infraestrutura de geoprocessamento.

2.4 Redes e Conectividade

A infraestrutura de redes e conectividade é um componente essencial para garantir o desempenho eficiente e seguro de sistemas de geoprocessamento. Ela abrange os dispositivos e os protocolos que permitem a comunicação entre os diversos sistemas e usuários dentro de uma organização, além de assegurar o fluxo contínuo e seguro de dados entre diferentes partes da infraestrutura.

De acordo com a Red Hat (2023):

Os componentes interconectados da rede possibilitam a comunicação, o gerenciamento e as operações de rede entre os sistemas internos e externos. A rede é formada pela conexão à internet, ativação da rede, firewalls e segurança, além de hardwares como roteadores, switches e cabos.

Esse conjunto de elementos é crucial para garantir a estabilidade e a escalabilidade das operações de geoprocessamento, especialmente quando se lida com grandes volumes de dados e a necessidade de transferências rápidas e seguras.

A conectividade não se limita apenas ao ambiente local (intranet), mas se estende à infraestrutura externa, permitindo a integração com plataformas de nuvem e outros serviços externos. Com isso, a rede deve ser capaz de suportar a troca de dados entre sistemas, servidores e dispositivos de entrada e saída, além de garantir que as informações estejam acessíveis para os profissionais responsáveis pela análise dos dados.

Dessa forma, redes bem projetadas e seguras são fundamentais para garantir a eficiência operacional, a integridade dos dados e a continuidade das atividades em ambientes de geoprocessamento cada vez mais distribuídos e colaborativos.

3. PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE DADOS GEOESPACIAIS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos e técnicas fundamentais relacionados ao processamento e armazenamento de dados geoespaciais, abordando as particularidades que diferenciam os bancos de dados espaciais dos tradicionais, incluindo o suporte a consultas geográficas, transformações de coordenadas e projeções cartográficas e integração com Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Além disso, serão discutidas as ferramentas utilizadas para manipulação e análise desses dados, destacando soluções tecnológicas como o PostgreSQL com a extensão PostGIS, que permite operações geoespaciais complexas de forma otimizada. A compreensão desses conceitos é essencial para os capítulos seguintes, nos quais se aprofunda a análise da infraestrutura necessária ao processamento geoespacial e se apresentam estudos de caso que ilustram suas aplicações práticas.

3.1 Processamento de Dados espaciais e suas características

O processamento de dados geoespaciais consiste em um conjunto de operações aplicadas a informações georreferenciadas, visando transformar dados brutos em informações úteis para análise e tomada de decisão. Essas operações fazem parte do conjunto de técnicas conhecidas como análise espacial, que incluem manipulação de dados, geração de modelos digitais do terreno, classificação de imagens e detecção de mudanças ao longo do tempo. Para isso, são utilizadas ferramentas especializadas, como QGIS, ArcGIS e Google Earth Engine, que permitem realizar diversas operações essenciais para o tratamento e a interpretação de dados espaciais.

Entre as principais técnicas de processamento de dados geoespaciais, destacam-se:

- **Sobreposição de Camadas (Overlay Analysis):** Permite combinar informações de múltiplas camadas geográficas para identificar interseções, diferenças ou áreas comuns. Esse método é amplamente utilizado em estudos de impacto ambiental, planejamento urbano e análise de risco.

- **Geração de Buffers:** Criação de zonas de influência em torno de elementos geográficos (pontos, linhas ou polígonos) para análise de proximidade. É uma técnica fundamental para identificar áreas afetadas por determinados eventos, como enchentes ou incêndios florestais.
- **Interpolação de Dados:** Técnica que permite estimar valores em locais não amostrados com base em pontos conhecidos. É essencial para criar modelos de superfícies, como altimetria, temperatura e concentração de poluentes.
- **Modelagem Digital do Terreno (MDT):** Representação tridimensional da superfície terrestre, gerada a partir de dados altimétricos. MDTs são amplamente utilizados para análise de bacias hidrográficas, planejamento de infraestrutura e estudos de risco geológico.
- **Análise de Proximidade:** Identificação de elementos geográficos próximos a um determinado ponto de referência. Essa análise é fundamental para estudos de acessibilidade, localização de infraestruturas e planejamento urbano.
- **Classificação de Imagens:** Processo de categorização de pixels em imagens de satélite ou fotografias aéreas, identificando tipos de cobertura do solo, como vegetação, corpos d'água, áreas urbanas, entre outros.
- **Detecção de Mudanças:** Técnica que permite identificar alterações na paisagem ao longo do tempo, por meio da comparação de imagens obtidas em diferentes períodos. Esse método é essencial para monitoramento ambiental, desmatamento e expansão urbana.
- **Geocodificação:** processo que converte endereços ou descrições textuais em coordenadas geográficas (latitude e longitude), facilitando a visualização espacial em mapas digitais.

Embora o processamento de dados geoespaciais tenha avançado significativamente, ainda enfrenta desafios relacionados a:

- **Qualidade dos Dados:** A precisão e a resolução dos dados influenciam diretamente a confiabilidade das análises.

- **Integração de Dados Heterogêneos:** A combinação de fontes de dados com diferentes padrões de coordenadas e formatos exige métodos avançados de interoperabilidade.
- **Segurança e Privacidade:** O uso crescente de dados georreferenciados levanta preocupações sobre a privacidade e a proteção das informações coletadas.

Assim, o processamento de dados geoespaciais se apresenta como um elemento essencial para a extração de conhecimento a partir de informações espaciais, sendo amplamente utilizado em estudos ambientais, planejamento urbano, monitoramento de recursos naturais e gestão de riscos. Seu desenvolvimento contínuo, impulsionado por novas tecnologias, promete ampliar ainda mais as possibilidades de análise e tomada de decisão em diversas áreas do conhecimento.

3.2 Banco de dados espaciais e suas características

Os bancos de dados espaciais são estruturas projetadas especificamente para armazenar, manipular e consultar dados georreferenciados, ou seja, informações que possuem uma localização associada na superfície terrestre. Diferentemente dos bancos de dados tradicionais, que lidam apenas com dados alfanuméricos, os bancos espaciais incorporam dados geométricos — como pontos, linhas e polígonos — permitindo a representação precisa de elementos do mundo real, como ruas, rios, edificações e áreas de vegetação.

De acordo com a Oracle (2024) um banco de dados é:

Uma coleção organizada de informações — ou dados — estruturadas, normalmente armazenadas eletronicamente em um sistema de computador. Um banco de dados é geralmente controlado por um sistema de gerenciamento de banco de dados (DBMS), e os dados podem ser facilmente acessados, gerenciados, modificados, atualizados, controlados e organizados.

Uma característica essencial desses sistemas é a capacidade de realizar consultas espaciais, como identificar objetos que se intersectam, estão dentro de determinada área ou a uma certa distância de um ponto específico. Além disso, os

bancos espaciais precisam oferecer suporte a sistemas de coordenadas e projeções cartográficas, garantindo que as análises respeitem a geometria e a escala dos dados.

Outro aspecto importante é a integração com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais utilizam os dados armazenados para visualização, análise e tomada de decisão. No meu trabalho, por exemplo, utilizamos o QGIS, uma ferramenta SIG de código aberto, junto com o PostGIS, uma extensão espacial do PostgreSQL. O QGIS facilita a visualização e análise dos dados, enquanto o PostGIS oferece a infraestrutura necessária para armazenar e realizar consultas espaciais complexas, garantindo uma análise eficiente e precisa dos dados geoespaciais.

Além disso, o PostGIS conta com diversas características que envolvem geoprocessamento, como:

- **Tabela `spatial_ref_sys`:** Uma tabela coringa que contém informações sobre os sistemas de referência espacial (SRS), permitindo a definição de diferentes projeções e sistemas de coordenadas geográficas. Isso facilita a conversão e o alinhamento de dados de diferentes fontes, garantindo a precisão nas análises geoespaciais.
- **Índices espaciais:** O PostGIS utiliza R-Tree e GiST (Generalized Search Tree) para otimizar consultas espaciais, acelerando a busca e análise de dados geográficos.
- **Tipos de dados espaciais:** Suporta tipos como Point, LineString, Polygon, GeometryCollection, Geometry, entre outros, para representar diferentes tipos de elementos geoespaciais.
- **Transformação de coordenadas:** Permite a conversão entre diferentes sistemas de coordenadas e projeções, facilitando a interoperabilidade entre dados geoespaciais de diferentes origens.

De forma complementar, o PostGIS conta com diversas funções relacionadas à manipulação de dados espaciais, que incluem operações como criação de buffers, interseções, dissolução, análise de proximidade e muitas outras. Essas funções permitem realizar análises espaciais avançadas, como determinar a proximidade entre objetos geográficos, calcular áreas de sobreposição ou gerar zonas de influência ao redor de certos elementos, facilitando a execução de tarefas complexas no

processamento de dados geoespaciais. Mais detalhes sobre essas funções podem ser consultados no manual oficial do PostGIS.

Dessa forma, os bancos de dados espaciais, especialmente quando integrados a ferramentas como o PostGIS, desempenham um papel estratégico no suporte a análises espaciais avançadas, sendo componentes essenciais da infraestrutura de geoprocessamento.

4. SEGURANÇA E DISPONIBILIDADE DA INFRAESTRUTURA

A segurança e a disponibilidade da infraestrutura de geoprocessamento são elementos críticos para assegurar a integridade, confiabilidade e acessibilidade dos dados geoespaciais. Com o aumento do volume e da complexidade das informações processadas, torna-se indispensável implementar medidas eficazes de proteção. Isso inclui a prevenção contra acessos não autorizados, falhas de hardware e ameaças cibernéticas. Além disso, a continuidade operacional depende de estratégias de backup, recuperação de desastres e redundância de sistemas, garantindo que os dados estejam sempre disponíveis e seguros, mesmo diante de incidentes imprevistos. Neste contexto, o controle de acesso e as políticas de segurança surgem como pilares essenciais para restringir o uso indevido de informações sensíveis, enquanto os mecanismos de backup asseguram a preservação e a recuperação rápida dos dados em caso de falhas. A seguir, serão abordadas as principais estratégias utilizadas para fortalecer a segurança e a disponibilidade da infraestrutura, destacando ferramentas e práticas adotadas para mitigar riscos e assegurar a proteção dos dados geoespaciais.

4.1 Controle de acesso e políticas de segurança

O controle de acesso é uma das medidas fundamentais para proteger a infraestrutura da empresa, garantindo que apenas usuários autorizados possam acessar os dados sensíveis. No caso da nossa empresa, utilizamos o PHPRunner — uma ferramenta para geração automática de aplicações web —, que oferece funcionalidades robustas de segurança, como autenticação multifatorial (MFA), gestão de privilégios e controle de permissões por usuário. Com essas ferramentas que o PHPRunner disponibiliza, podemos definir diferentes níveis de acesso aos usuários, garantindo que apenas aqueles com a permissão necessária possam modificar ou visualizar dados confidenciais. Além disso, todas as senhas são armazenadas de maneira criptografada, seguindo as melhores práticas de segurança. A auditoria de acesso também é monitorada regularmente para garantir que os registros de atividades sejam preservados e analisados em busca de possíveis brechas de segurança.

Inclusive, no contexto de geoprocessamento, é fundamental que o acesso e a permissão para alteração de informações geográficas sejam restritos a usuários especializados, como analistas GIS, técnicos em geoprocessamento e gestores de dados. Essas informações possuem características sensíveis e complexas, cujo manuseio inadequado pode comprometer análises, planejamentos e decisões estratégicas. Portanto, o controle de acesso granular contribui para a integridade e a qualidade dos dados geoespaciais, garantindo que apenas profissionais capacitados possam realizar modificações e atualizações.

4.2 Backup

Em uma infraestrutura de geoprocessamento, a preservação dos dados assume papel estratégico, considerando o grande volume, diversidade e criticidade das informações geoespaciais armazenadas. Os dados espaciais, como imagens de satélite, modelos digitais do terreno, camadas vetoriais e bases cadastrais, possuem características específicas que tornam seu backup mais complexo que o de dados convencionais.

Além do volume elevado, muitas vezes os dados geoespaciais envolvem diferentes formatos e sistemas de referência, exigindo que as soluções de backup preservem a integridade da estrutura espacial e a consistência temporal das informações, essenciais para análises históricas e monitoramento ambiental. Por isso, na nossa empresa, utilizamos o Acronis, uma solução de backup e recuperação que possibilita cópias automáticas, seguras e versionadas dos dados, protegendo-os contra falhas de hardware, ataques cibernéticos e desastres naturais.

Os backups são realizados regularmente e armazenados tanto em servidores locais quanto em nuvem, garantindo redundância, alta disponibilidade e recuperação eficiente. O Acronis oferece ainda recursos avançados como criptografia dos dados em trânsito e em repouso, proteção contra ransomware e restauração granular, fundamental para recuperar dados específicos de projetos geoespaciais sem necessidade de restaurar grandes volumes inteiros.

Complementarmente, cada desenvolvedor mantém backups individuais dos seus projetos em HDs externos, prática que assegura maior controle sobre os códigos, scripts e configurações utilizadas no processamento espacial, permitindo recuperação rápida e continuidade das análises mesmo em falhas nos sistemas centrais.

Dessa forma, o gerenciamento cuidadoso do backup na infraestrutura de geoprocessamento não só protege contra perdas, mas também preserva a qualidade e a confiabilidade dos dados essenciais para o suporte à decisão em projetos ambientais, urbanos e de planejamento territorial.

5. INTEROPERABILIDADE E PADRÕES DE GEOPROCESSAMENTO

A interoperabilidade em geoprocessamento refere-se à capacidade de diferentes sistemas, plataformas e tecnologias de trocar, acessar e utilizar dados geoespaciais de forma integrada e eficiente, independentemente de suas especificações internas. Para garantir essa integração, é necessário o uso de padrões abertos e protocolos definidos que permitam a comunicação entre os diversos sistemas envolvidos no processamento de dados espaciais. Nesse contexto, o Open Geospatial Consortium (OGC) desempenha um papel fundamental no estabelecimento de normas que viabilizam a padronização e a interoperabilidade no setor. Além disso, a definição de formatos de dados espaciais e o uso de APIs para integração entre sistemas facilitam o compartilhamento e a análise de informações geoespaciais em diferentes plataformas. Os próximos tópicos abordarão o papel do OGC no desenvolvimento de padrões de interoperabilidade, os principais formatos de dados espaciais utilizados e as estratégias para integração de sistemas por meio de APIs.

5.1 O papel do Open Geospatial Consortium

O Open Geospatial Consortium (OGC) é uma organização internacional sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento e promoção de padrões abertos para a interoperabilidade de dados e serviços geoespaciais. Esses padrões são fundamentais para garantir que diferentes sistemas possam compartilhar, integrar e utilizar dados geoespaciais de forma eficaz e eficiente. Os padrões são organizados por áreas funcionais, que incluem descoberta, organização e acesso a dados, abrangendo desde a definição de modelos de dados até a implementação de serviços web. Além disso, os recursos funcionais dos padrões de serviço web agora estão disponíveis como APIs da web mais modernas, incentivando os implementadores a adotarem essas novas abordagens para promover a interoperabilidade e a inovação no setor geoespacial (MundoGEO, 2012).

A OGC, ao longo de sua existência, tem trabalhado para estabelecer padrões que possibilitam a comunicação e o compartilhamento eficiente de dados geoespaciais entre sistemas heterogêneos. Sua contribuição é de extrema

importância para a criação de uma base sólida para a utilização de dados espaciais em diversas áreas, como planejamento urbano, monitoramento ambiental, e gestão de desastres naturais. O foco do OGC está em garantir que os dados possam ser acessados e utilizados sem depender de plataformas ou tecnologias específicas, promovendo a colaboração global no uso de dados geoespaciais.

Além disso, o OGC une uma rede diversificada de líderes de governos, empresas e instituições de pesquisa para enfrentar desafios globais, como mudanças climáticas e segurança alimentar, por meio do uso eficiente de dados geoespaciais. A organização trabalha com vários setores, incluindo cidades inteligentes, defesa, infraestrutura e meio ambiente, impulsionando o desenvolvimento de padrões que garantem a interoperabilidade e o compartilhamento eficaz de dados geoespaciais (OGC, 2025).

A padronização promovida pela OGC assegura que as informações geoespaciais sejam descritas de forma consistente, possibilitando sua utilização em diferentes contextos e sistemas. Isso é fundamental para que as tecnologias de geoprocessamento e os sistemas de informação geográfica (SIG) possam operar de forma eficaz em uma rede global. Alguns exemplos de padrões desenvolvidos pelo OGC incluem:

- **APIs OGC:** segundo o OGC (2025, Standards) desenvolveu padrões de APIs que, baseados no legado dos Padrões de Serviços Web, definem interfaces centradas em recursos. Esses padrões aproveitam práticas modernas de desenvolvimento web para facilitar o acesso e a manipulação de dados geoespaciais de maneira mais flexível e escalável;
- **Modelos de Dados e Codificações — Geral:** segundo o OGC (2025, Standards), são padrões que estabelecem regras gerais para a organização de informações geoespaciais, as quais normalmente são enviadas por provedores de serviços ou geradas por aplicativos;
- **Modelos de Dados e Codificações — Específicos de domínio:** conforme definido pelo OGC (2025, Standards), são padrões que fornecem regras específicas para a organização de informações geoespaciais dentro de determinados domínios de aplicação;

- **Publicar-Assinar, Sindicação e Contexto:** conforme descrito pelo OGC (2025, Standards), são padrões voltados para o gerenciamento de assinaturas e outros processos relacionados à distribuição de informações; e
- **Containers:** segundo os padrões do OGC (2025, Standards), são padrões que definem regras para armazenar e recuperar informações geoespaciais de forma eficiente, entre outros aspectos.

Esses padrões abrangem desde a definição de formatos de dados até a especificação de interfaces para serviços de dados, garantindo a interoperabilidade entre os diversos sistemas e plataformas utilizados no campo do geoprocessamento.

5.2 Formatos de Dados Espaciais

Segundo Câmara e Davis (2001, p. 2-16), no contexto dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a representação geométrica dos dados espaciais pode ser realizada de duas formas principais: vetorial e matricial.

A representação vetorial é utilizada para representar objetos de maneira precisa e detalhada, empregando formas geométricas básicas como pontos, linhas e polígonos. Esse modelo busca reproduzir os objetos de forma fiel e é comumente usado para representar dados como limites de áreas, redes de transporte e outros dados discretos.

Já a representação matricial, ou raster, faz uso de uma malha quadriculada regular, associando a cada célula um valor que representa um atributo do objeto espacial. Esse modelo é particularmente eficaz para representar fenômenos contínuos, como imagens de satélite e modelos de terreno, sendo uma abordagem importante em dados como sensoriamento remoto e modelos numéricos de terreno (Câmara e Davis, 2001, p. 2-16). Essas representações estão intimamente relacionadas aos tipos de dados utilizados em geoprocessamento, sendo que dados temáticos podem ser representados tanto de forma vetorial quanto matricial, enquanto dados cadastrais e redes geralmente utilizam a representação vetorial.

O Shapefile é um formato vetorial amplamente utilizado em SIG, especialmente no software QGIS. Ele é composto por três arquivos principais:

- O .shp, que contém a geometria dos objetos;
- O .shx, que contém os índices das geometrias; e
- O .dbf, que armazena os atributos dos dados. Este formato é bastante popular devido à sua simplicidade e compatibilidade com diversos sistemas de SIG.

O GeoJSON, por outro lado, é um formato aberto baseado em texto e JSON (JavaScript Object Notation), utilizado para representar dados espaciais de maneira legível. O GeoJSON é amplamente adotado para troca de dados entre sistemas e é compatível com muitas plataformas de SIG e aplicativos web. Ele é especialmente útil para aplicações na web, devido à sua estrutura simples e fácil integração com APIs e bancos de dados geoespaciais.

Esses formatos são essenciais para a manipulação, armazenamento e troca de dados espaciais, sendo amplamente utilizados no processamento, análise e integração de informações geográficas em diferentes plataformas.

5.3 API e integração entre sistemas

De acordo com a Red Hat (2023), uma API (Interface de Programação de Aplicações) é um conjunto de ferramentas, definições e protocolos que funciona como um intermediário, permitindo que diferentes sistemas de software se conectem e compartilhem funcionalidades de maneira eficiente. Essa interface facilita a comunicação entre aplicativos, permitindo que um software utilize recursos de outro sem a necessidade de entender seu código interno, algo essencial para a integração de sistemas no contexto de geoprocessamento.

As APIs desempenham um papel crucial na integração de sistemas de geoprocessamento, permitindo que diferentes plataformas e ferramentas compartilhem dados geoespaciais. Por exemplo, elas podem conectar SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) com bancos de dados espaciais, ou até integrar fontes

externas de dados como sensores remotos e imagens de satélite. Isso facilita a obtenção de dados em tempo real, ampliando as capacidades analíticas e proporcionando uma análise mais ágil e precisa. Com essa integração, empresas de geoprocessamento podem otimizar seus processos e tomar decisões mais rápidas e informadas, com base em informações atualizadas e variadas.

Um exemplo de API criada para a minha empresa envolve a coleta de dados de anúncios de venda de imóveis e terrenos através de web scraping. A API extrai informações cruciais como área do terreno, preço, endereço, área útil, área construída, entre outros, realizando a coleta e o armazenamento desses dados em um banco de dados. Esse processo automatizado reduz o tempo de busca manual e garante a consistência dos dados. Posteriormente, outro sistema faz a triagem e análise desses anúncios, realizando cálculos e comparações, o que proporciona insights valiosos para decisões comerciais, como a avaliação de preços e o mapeamento de tendências de mercado. A integração da API com o sistema de análise permite que os dados sejam processados de forma contínua, melhorando a eficiência e garantindo uma resposta mais ágil às demandas do mercado.

Embora os sistemas da empresa utilizem tecnologias como HTML, CSS, JavaScript e PHP para a interface e funcionamento do front-end e back-end, a API foi desenvolvida em Python. A escolha dessa linguagem, embora distinta das outras utilizadas, se dá pela sua alta flexibilidade e eficiência no processamento de grandes volumes de dados e pela vasta gama de bibliotecas especializadas em web scraping, como BeautifulSoup, Requests e Selenium.

6. ESTUDO DE CASO E APLICAÇÕES REAIS

Este capítulo tem como objetivo apresentar um estudo de caso prático que evidencia a aplicação de conceitos e tecnologias de geoprocessamento em um sistema voltado à gestão urbana. O foco está na versão 2 do sistema CIUS WebGIS, desenvolvida pela empresa Millenio Serviços Técnicos LTDA para a Prefeitura de Mauá (SP), com a finalidade de automatizar a emissão da Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS). Embora a versão original do sistema esteja atualmente em operação, esta nova versão já se encontra finalizada e disponível para testes em ambiente específico¹, aguardando validação e aprovação formal pela administração municipal. A escolha por abordar a versão mais recente se justifica pelas melhorias técnicas e funcionais incorporadas, que refletem de forma mais precisa os avanços na infraestrutura de sistemas geoespaciais. O capítulo está estruturado da seguinte forma: inicia-se com uma apresentação geral do sistema e sua relevância para o planejamento urbano; em seguida, descreve-se o fluxo geral de uso da plataforma, desde o preenchimento de dados até a emissão automatizada do documento; posteriormente, são detalhadas as etapas internas do funcionamento do sistema, com destaque para os processos de geoprocessamento e validações técnicas e jurídicas; por fim, apresentam-se os fluxogramas que representam a lógica de funcionamento interno, reforçando a confiabilidade e a aderência do sistema à legislação municipal vigente.

¹ Disponível em: http://sp.maua.devs.millenio.com.br/cius_v2/t_cius_consulta_add.php. Acesso em: 3 jun. 2025.

6.1 Introdução do Caso de Uso

O presente estudo de caso apresenta o sistema CIUS WebGIS, uma plataforma desenvolvida pela empresa Millenio Serviços Técnicos LTDA para a Prefeitura de Mauá (SP), com o objetivo de automatizar a emissão da Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS). Esse documento tem a finalidade de informar a compatibilidade entre uma atividade pretendida e um determinado endereço, com base na legislação municipal vigente — especialmente a Lei nº 4.968/2014 —, que regulamenta o uso e ocupação do solo no município. A certidão apresenta informações como o zoneamento da área, a hierarquia viária, os parâmetros urbanísticos, os usos e atividades permissíveis, além de incluir foto aérea da localização consultada.

A aplicação permite que cidadãos e empreendedores realizem consultas gratuitamente e de forma online, sem necessidade de login ou autenticação. Para obter a CIUS, o usuário deve preencher dados como a inscrição imobiliária, uso pretendido, tipo da atividade e a atividade. Após o envio das informações, o sistema executa uma análise georreferenciada automática e gera a certidão em formato PDF, contendo todos os parâmetros urbanísticos aplicáveis ao imóvel consultado.

Além disso, o sistema orienta os usuários a compararem as atividades de seu CNPJ com as permissões legais vigentes. Para isso, é necessário verificar o CNAE principal e secundário da empresa, consultar o grau de incomodidade da atividade (Anexo VII da Lei nº 5.167/2016) e identificar a hierarquia viária correspondente ao endereço (Anexo IX da mesma lei).

A importância do sistema CIUS WebGIS reside na transparência e agilidade que oferece aos processos de licenciamento urbano, bem como no fortalecimento do acesso público às regras de uso do solo. Ele representa uma aplicação prática dos conceitos de geoprocessamento, ao integrar dados espaciais e normativos em uma análise automatizada. Por meio da sobreposição de camadas geográficas e consultas ao banco de dados espacial, o sistema viabiliza uma análise precisa e personalizada para cada imóvel, promovendo maior eficiência na gestão territorial e apoio à tomada de decisão.

6.2 Fluxo Geral do Processo para gerar a Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS)

O sistema CIUS WebGIS da Prefeitura de Mauá foi projetado para proporcionar uma experiência de consulta eficiente, simples e confiável, combinando etapas de interação simples com mecanismos robustos de validação legal e técnica. O fluxo de uso externo é composto por cinco etapas principais, conforme resumido abaixo:

1. **Acesso ao Sistema:** o usuário acessa a aplicação via navegador, pelo portal da Prefeitura.
2. **Entrada de Dados:** é solicitado o preenchimento da inscrição imobiliária, nome do interessado, uso pretendido, tipo da atividade e atividade específica relacionada ao tipo selecionado.
3. **Consulta Geoespacial:** o sistema localiza o lote e identifica sua zona urbanística, parâmetros legais e hierarquia viária.
4. **Geração da CIUS:** a certidão é gerada automaticamente em PDF, contendo todos os dados e parâmetros aplicáveis.
5. **Download do Documento:** a CIUS pode ser baixada gratuitamente na mesma interface, sem necessidade de atendimento presencial.

Esse fluxo de funcionamento elimina a necessidade de atendimento presencial, promove a transparência da informação urbanística e garante o acesso universal aos dados de forma atualizada e confiável. Além disso, o sistema pode ser integrado com outros módulos da gestão pública, otimizando ainda mais a rotina de planejamento urbano e análise territorial.

A Figura 3 a seguir apresenta a tela inicial do sistema CIUS WebGIS, na qual o usuário deve inserir informações essenciais para a emissão da certidão.

Essa etapa inicial é fundamental para o disparo do processo automatizado que realiza a análise georreferenciada da compatibilidade entre a atividade informada e o local consultado.

CONSULTA CIUS

A CIUS tem a finalidade de informar o uso e a ocupação do solo de acordo com a Lei de Uso e Ocupação vigente (4968/2014), documento que certifica a compatibilidade do uso pretendido no local. Contém basicamente o zoneamento municipal, hierarquia viária, atividades permissíveis, parâmetros urbanísticos e foto aérea, gratuito e online.

Para você saber se sua atividade é permitida no local (endereço) de seu interesse, por favor seguir o passo a passo abaixo:

- 1) Preencher com os dados solicitados os campos abaixo para gerar a CIUS - CERTIDÃO INFORMATIVA DE USO DE SOLO.
- 2) Verificar na CIUS no campo 'ATIVIDADE' quais as incomodidades **são permitidas no referido local**, e comparar com as suas atividades:
 - a) Verificar o nome da sua atividade principal (CNAE) e atividades secundárias (CNAE), caso haja, informados em seu CNPJ.
 - b) Consultar o **ANEXO VII LEI Nº 5.167 01/07/2016**, e verificar o GRAU DE INCOMODIDADE das suas atividades descritas em seu CNPJ.
 - c) Consultar o **ANEXO IX LEI Nº 5.167 01/07/2016**, e verificar qual a hierarquia do logradouro (rua) de seu interesse.

Em caso dúvidas e/ou sugestões entre em contato pelo e-mail: adminwebgis@maua.sp.gov.br

| | |
|-------------------------|---|
| Inscrição Imobiliária * | <input type="text" value="10.001.012"/> |
| Interessado * | <input type="text" value="João Vitor Moreira Alves"/> |
| Uso * | <input type="text" value="Residencial"/> |
| Tipo Atividade * | <input type="text" value="Residencial"/> |
| Atividade * | <input type="text" value="Residencial"/> |

Figura 3 - Interface de entrada do sistema CIUS WebGIS.

Fonte: Prefeitura de Mauá.

Com base nos dados fornecidos pelo usuário, o sistema realiza imediatamente a análise geoespacial, a geração da imagem e a validação das informações conforme

as normas urbanísticas vigentes. Em seguida, a Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS) é gerada automaticamente em formato PDF, contendo um resumo completo dos parâmetros legais aplicáveis ao imóvel consultado, como zoneamento, usos permitidos, parâmetros urbanísticos, restrições específicas, entre outros. Essa geração automatizada garante agilidade, precisão e padronização na emissão do documento, facilitando o acesso público às informações urbanísticas. A Figura 4 a seguir apresenta um exemplo da certidão produzida pelo sistema.



PREFEITURA DE MAUÁ

CIUS - CERTIDÃO INFORMATIVA DE USO DO SOLO

Este documento não possui valor de Licenciamento, bem como sua validade é de 120 (cento e vinte) dias a partir da data da emissão. As informações contidas neste documento não exime o interessado de executar o Licenciamento da atividade pretendida nos órgãos competentes junto ao Estado.

CIUS nº 47569 Data Consulta: 03/06/2025

Identificação

Interessado: João Vitor Moreira Alves

Inscrição Imobiliária: 10.001.012 Endereço: AVENIDA SANTA CATARINA, 76

Bairro: SANTA CECÍLIA, VILA Loteamento: VL SANTA CECILIA

Dados Físicos

Área Lote Geo.: 157,60 Área Lote Cad.: 153,65 Área Construída: 174,90 Coord.: -46.4693, -23.6618



Imagem ilustrativa, necessário levantamento topográfico. Fonte: Aerofotogrametria 2010 - Sirgas 2000.
Obrigatório consultar a base da Empresa/IGC para verificação da incidência de Hidrografia e APP.

Interferências no Lote

APM **Não incide**

App 50m **Não incide**

App 30m **Não incide**

Dist. ZEIC 215 metros

Legenda

- Lote
- Hidrografia
- APP 50m
- APP 30m
- APM

Zoneamento

| Macrozoneamento | Zoneamento | Zona | Zoneamento Especial |
|-----------------|-----------------------------|-------|---------------------|
| VZNA | Zona de Uso Diversificado 2 | ZUD 2 | Não incide |

| Índices | | | | |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|---------|------------------------|
| Lote Mínimo | Taxa Ocup. | Coef. Aproveitamento | Outorga | Taxa Permeab. |
| 125,00m² | 70% | 1,5 | penda | 5% e 15% - Ver anexo V |
| Lote Máximo | Recuo Frontal | Vagas | Testada | Hierarquia Logradouro |
| Não incide | Mínimo 5 m - Ver anexo V | 1 por unid. - Ver anexo XI | 5,00 m | Coletora 2 |

Usos / Atividades Permitidas

Uso: Residencial / Comercial / Prestação de Serviços / Institucional / Industrial Incomodidade: Não Incômodas/Incômodas I/Incômodas II

Uso / Atividade Pretendida

Uso: Residencial Tipo Atividade: Residencial

Atividade: Residencial Nível Incomod.: Não Incômodas

Exceção

Posição: Deferido Data Alteração: 03/06/2025

Observações Funcionário

Reforçar necessidade de estudos adicionais como: EIV, RIP, RAP, RIV.

Figura 4 – Exemplo de uma Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS) WebGIS

Como ilustrado na Figura 4, após a coleta dos dados inseridos pelo usuário e a geração da imagem aérea do imóvel, o sistema exibe um conjunto detalhado de informações relativas ao lote consultado. Entre os dados apresentados estão a identificação da certidão, dados cadastrais do imóvel, características físicas, interferências ambientais, zoneamento, índices urbanísticos, hierarquia viária e os usos e atividades permitidas na área. Essa visualização abrangente fornece uma análise completa para apoiar a tomada de decisão e garantir o cumprimento das normas urbanísticas vigentes.

Esse resultado é possível graças a funcionalidades essenciais que o sistema possui, que incluem:

- **Localização do lote via inscrição imobiliária:** permite identificar automaticamente o imóvel na base cartográfica do município.
- **Análise de compatibilidade de uso:** o sistema confronta o uso pretendido com a zona urbanística vigente e os parâmetros da legislação municipal.
- **Geração automática da CIUS**, contendo:
 - Identificação da zona de uso e ocupação do solo;
 - Parâmetros urbanísticos aplicáveis (ex.: taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, recuos mínimos e altura máxima);
 - Classificação da hierarquia viária da rua do imóvel;
 - Grau de incomodidade permitido na zona consultada;
 - Imagem aérea da área com marcação da localização do lote.
- **Consulta a interferências ambientais:** verificação de restrições como Áreas de Preservação Permanente (APP), Áreas de Proteção Municipal (APM), e distâncias até Zonas Especiais de Interesse Comunitário (ZEIC).
- **Interface responsiva e multiplataforma:** acesso facilitado por dispositivos desktop, tablets e smartphones, com visualização cartográfica interativa.
- **Integração com outros sistemas públicos:** possibilita a conexão com módulos de cadastro imobiliário, fiscalização e licenciamento, otimizando processos administrativos.

O sistema também fornece links diretos para os anexos legais da **Lei nº 5.167/2016**, permitindo que o próprio usuário acesse os documentos que classificam atividades econômicas (por CNAE) e organizam a hierarquia viária. Dessa forma, a plataforma promove autonomia e clareza no entendimento da legislação urbanística.

O CIUS WebGIS combina tecnologias de geoprocessamento, banco de dados espaciais e desenvolvimento web responsivo, garantindo acessibilidade multiplataforma (desktop, tablet e smartphone), desempenho e usabilidade. A base do sistema é composta por um ambiente SIG estruturado sobre banco de dados PostgreSQL com extensão PostGIS, que permite o armazenamento e a consulta de dados georreferenciados como lotes, zonas urbanísticas, vias públicas e imagens aéreas.

A geração das imagens georreferenciadas e a composição cartográfica são realizadas por meio do MapServer, um servidor de mapas open source que permite a renderização de camadas temáticas com base em arquivos vetoriais e raster. Com isso, o sistema produz dinamicamente representações espaciais com marcação do lote consultado, sobreposição de zonas urbanísticas e identificação de interferências ambientais.

No backend, scripts em PHP processam as requisições, realizam consultas espaciais e integram os dados com a base legal do município. Esse processo trata as regras de zoneamento e gera automaticamente a CIUS em formato PDF, conforme os parâmetros definidos pelas Leis Municipais nº 4.968/2014 e nº 5.167/2016.

A aplicação é hospedada em servidor da Prefeitura, com infraestrutura compatível com serviços cartográficos, políticas de segurança da informação, disponibilidade contínua e estratégias de backup. Sua estrutura modular permite escalabilidade e integração com outros sistemas urbanos, como cadastro imobiliário, fiscalização e licenciamento, otimizando o planejamento urbano e reduzindo a dependência de atendimentos presenciais.

6.3 Lógica Interna e Validação Automatizada do Uso do Solo

Além do fluxo externo descrito anteriormente, o CIUS implementa uma série de lógicas internas automatizadas com o objetivo de validar o uso do solo e garantir o cumprimento da legislação urbanística vigente. Essas rotinas englobam verificações

espaciais, validações jurídicas e aplicação de regras de zoneamento e incomodidade, assegurando que cada certidão emitida reflita corretamente os parâmetros legais e técnicos definidos pelo município.

Essas estruturas internas de decisão são fundamentais para a confiabilidade do sistema e foram modeladas a partir da análise da **Lei nº 4.968/2014** e de seus respectivos anexos e complementações normativas. Para fins de documentação técnica e compreensão do processo, os fluxos internos do CIUS foram organizados em diagramas específicos, os quais são descritos a seguir.

O Diagrama de Fluxo do CIUS da Figura 5 a seguir representa a sequência de ações realizadas no sistema para validação da geração da CIUS com base nas informações cadastrais e geográficas, além das regras estabelecidas na legislação urbanística. O processo envolve identificação do imóvel, classificação do uso, análise da compatibilidade e registro do resultado.

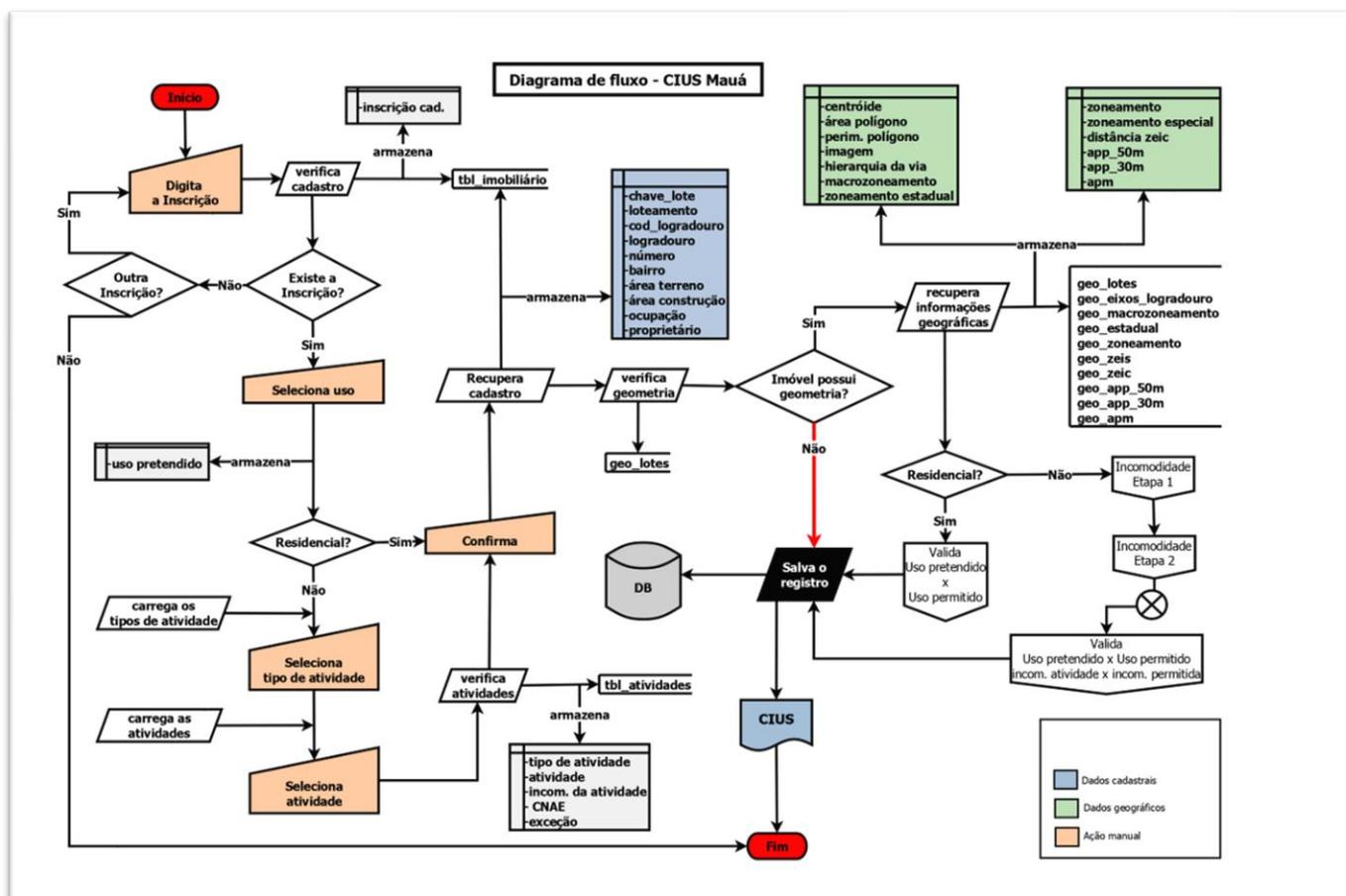


Figura 5 – Diagrama de Fluxo do CIUS (Consulta Integrada de Uso do Solo).

Fonte: Elaborado pela empresa Millenio Serviços Técnicos.

A sequência de decisões segue os seguintes passos:

1. Início e entrada dos dados

O processo se inicia com o preenchimento do formulário inicial exibido na interface do sistema, onde o usuário deve obrigatoriamente selecionar uma inscrição cadastral existente a partir de uma lista pré-definida, e também informar o uso pretendido para o lote, o tipo da atividade e a atividade relacionada ao tipo. Todos os campos são de preenchimento obrigatório.

Após a submissão do formulário, o sistema verifica se a inscrição selecionada existe na tabela `tbl_imobiliario`:

- Se **não existir**:
 - O sistema exibe uma mensagem de erro e solicita uma nova tentativa.
- Se **existir**, o sistema armazena a inscrição em uma variável e prossegue para verificar o uso pretendido.

2. Análise com base no uso pretendido

O uso pretendido é selecionado a partir de uma lista fixa de 2 possíveis tipos sendo eles de uso residencial e não residencial.

2.1. Se o uso pretendido for residencial:

- O sistema recupera os dados do cadastro imobiliário, incluindo:
 - `chave_lote`;
 - `loteamento`;
 - `cod_logradouro`;
 - `logradouro`;
 - `número`;
 - `bairro`;
 - `área do terreno`;
 - `área da construção`;
 - `ocupação`; e
 - `proprietário`.
- Após isso o sistema verifica se o imóvel possui geometria associada:

- **Se não houver geometria**, o sistema salva o registro e encerra o processo.
- **Se houver geometria**, o sistema recupera essas informações de uma tabela fornecida pela prefeitura de Mauá contendo os dados dos imóveis e armazena as seguintes informações geográficas em variáveis:
 - Centróide;
 - Área do polígono;
 - Perímetro do polígono;
 - Imagem;
 - Hierarquia da via
 - Macrozoneamento
 - Zoneamento estadual;
 - Zoneamento;
 - Zoneamento especial;
 - Distância ZEIC;
 - APP 50m;
 - APP 30m;e
 - APM.

Após a recuperação das informações geográficas o sistema verifica se o uso é residencial:

- **Se for residencial**, aplica:
 - Validação do uso pretendido com o uso permitido;
 - Salva o registro dessa CIUS no banco para manter histórico; e
 - Gera a CIUS.
- **Se não for residencial**, aplica:
 - Validação da Etapa 1 da incomodidade;
 - Validação da Etapa 2 da incomodidade;
 - Validação do uso pretendido com o uso permitido;
 - Validação da incomodidade da atividade com a incomodidade permitida;

- Salva o registro dessa CIUS no banco para manter histórico; e
- Gera a CIUS.

2.2. Se o uso pretendido for não residencial:

- O sistema carrega os **tipos de atividade** disponíveis sendo eles:
 - Comercial;
 - Industrial;
 - Institucional;
 - Prestação de Serviço; e
 - Outros.
- Após o usuário selecionar um tipo de atividade ele tem acesso a escolher uma **atividade específica** do tipo de atividade.
- O sistema busca essa atividade específica na tabela tbl_atividades, que contém informações sobre essa atividade como:
 - Tipo de atividade;
 - Nome da atividade;
 - Grau de incomodidade;
 - CNAE; e
 - Exceção.
- Após a confirmação, o sistema recupera os dados cadastrais e geográficos, como na etapa anterior com exceção de que sempre após recuperar as informações geográficas irá aplicar as seguintes validações:
 - Etapas 1 e 2 da incomodidade;
 - Validação do uso pretendido com o permitido;
 - Validação da atividade pretendida com a permitida;

- Salva o registro dessa CIUS no banco para manter histórico; e
- Gera a CIUS.

6.4.1 Validação de Uso Residencial

A etapa de validação do uso residencial consiste em analisar a compatibilidade entre o uso pretendido para um imóvel e o uso permitido pela zona onde ele está localizado. O objetivo é assegurar que o uso pretendido esteja em conformidade com as normas urbanísticas vigentes para a respectiva área.

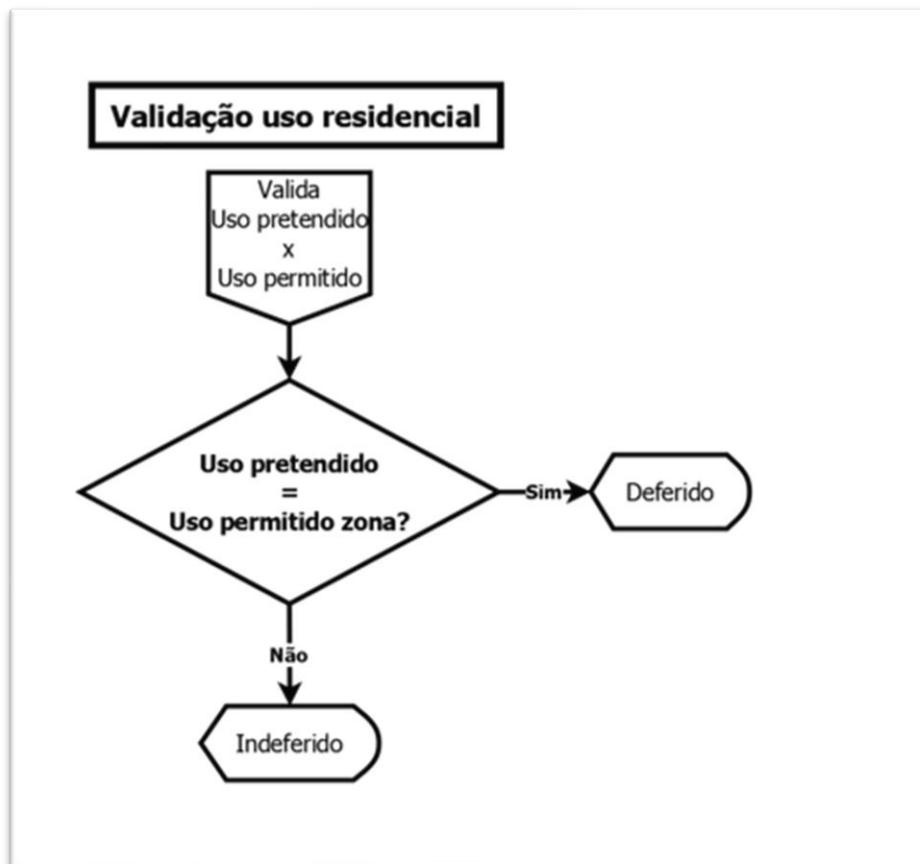


Figura 6 - Validação do Uso Residencial

Fonte: Elaborado pela empresa Millenio Serviços Técnicos

Conforme vemos na Figura 6 a sequência de decisões é a seguinte:

1. **Validação do uso pretendido em relação ao uso permitido na zona:**

O sistema compara o uso pretendido para o imóvel com o uso permitido definido para a zona em que o lote se encontra.

- Se o uso pretendido for igual ao uso permitido na zona:
 - O sistema registra a decisão como **Deferido**, autorizando o uso pretendido.
- Se o uso pretendido for diferente do uso permitido na zona:
 - O sistema registra a decisão como **Indeferido**, negando a solicitação do uso pretendido.

6.4.2 Validação da Etapa 1 - Incomodidade X Zoneamento Urbano

O fluxograma da Etapa 1 realiza a análise de compatibilidade entre o grau de incomodidade da atividade desejada (uso pretendido) e o zoneamento urbano correspondente ao imóvel, conforme estabelecido pela legislação urbanística municipal. O objetivo é verificar se a atividade pode ser admitida no local com base nos parâmetros definidos para cada zona.

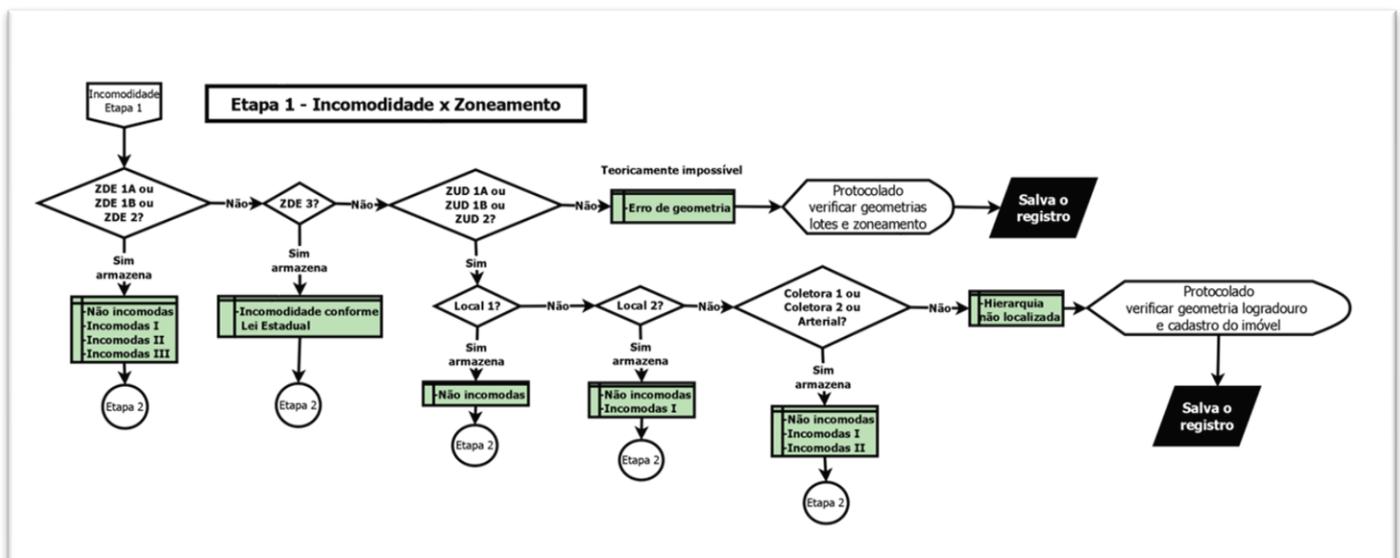


Figura 7 - Etapa 1 - Incomodidade X Zoneamento

Fonte: Elaborado pela empresa Millenio Serviços Técnicos

Conforme vemos na Figura 7 A sequência de decisões segue as seguintes etapas:

Verificação de zoneamento:

- O sistema verifica se o lote está localizado em **ZDE 1A, ZDE 1B ou ZDE 2**.
 - **Se sim**, o sistema armazena os graus de incomodidade permitidos para essa zona, que incluem “Não incomodadas, Incomodadas I, Incomodadas II e Incomodadas III”. Após isso a análise prossegue para a **Etapa 2**, onde serão verificadas as condições de compatibilidade com o zoneamento.
 - **Se não**, o sistema verifica se o lote está localizado em **ZDE 3**.
 - **Se sim**, o sistema armazena o grau de incomodidade aplicando a regra **conforme a legislação estadual** e posteriormente direcionando para a **Etapa 2**.
 - **Se não**, o sistema verifica se o zoneamento corresponde a **ZUD 1A, ZUD 1B ou ZUD 2**.
 - **Se não pertencer a nenhum desses zoneamentos**, é identificado um possível erro de geometria, sendo necessário protocolar a verificação das geometrias dos lotes e do zoneamento, com posterior salvamento do registro.
 - **Se sim**, o sistema verifica a localização do imóvel, seguindo esta sequência:
 - Caso esteja no **Local 1**, o sistema armazena o resultado como “Não Incomodadas”, e a análise segue para a Etapa 2.
 - Caso esteja no **Local 2**, o sistema armazena como “Não Incomodadas e Incomodadas I”, e também direciona para a Etapa 2.

- Se não estiver em nenhum dos dois, verifica se a via de localização é classificada como Coletora 1, Coletora 2 ou Arterial.
 - **Se sim**, armazena como “Não Incomodas, Incomodas I e Incomodas II”, e a análise segue para a Etapa 2.
 - **Se não**, armazena que a hierarquia viária não está localizada, exigindo protocolo para verificação da geometria do logradouro e do cadastro do imóvel, salvando o registro para análise posterior.

6.4.3 Validação da Etapa 2 – Incomodidade X Zoneamento Especial

A Etapa 2 trata da análise de compatibilidade do uso pretendido em zonas de interesse especial, aplicando regras urbanísticas específicas definidas na LUOS para áreas como ZEIS, ZEIC e ZELA. O objetivo é verificar se há restrições ou permissões condicionadas ao tipo de uso em relação ao grau de incomodidade e à localização do lote na malha viária.

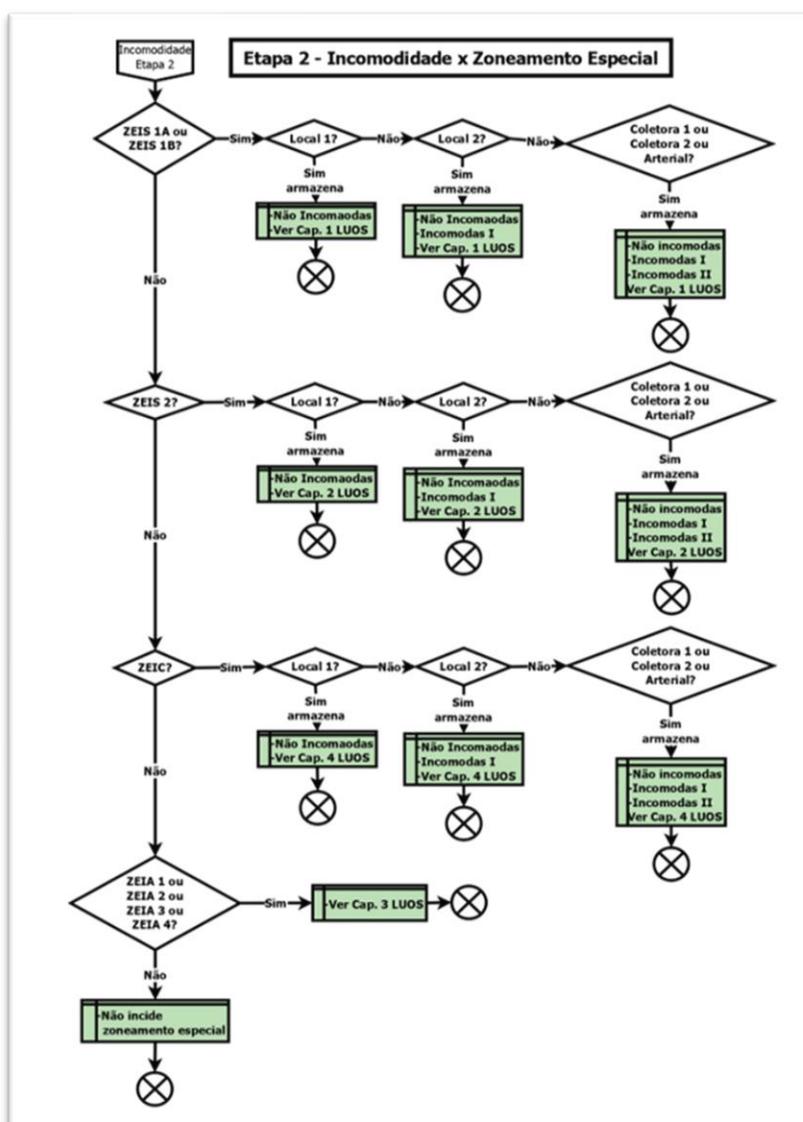


Figura 8 - Etapa 2 - Incomodidade x Zoneamento Especial

Fonte: Elaborado pela empresa Millenio Serviços Tecnicos

Conforme visto na Figura 8 a sequência de decisões segue os seguintes passos:

1. Verificação de Zona Especial de Interesse Social (ZEIS):

O sistema avalia se o imóvel está localizado em ZEIS 1A ou ZEIS 1B.

- **Se sim:**
 - Verifica se o lote está no Local 1:
 - Se **sim**, armazena o grau de incomodidade como “Não Incomodas” e direciona à verificação conforme os critérios do Capítulo 1 da LUOS.
 - Se não, verifica se está no Local 2:
 - Se **sim**, armazena como “Não Incomodas e Incomodas I” e aplica regras conforme os critérios do Capítulo 1 da LUOS.
 - Se não, verifica se está em via Coletora 1, Coletora 2 ou Arterial:
 - Se **sim**, armazena como “Não Incomodas, Incomodas I e Incomodas II”, com base nos critérios do Capítulo 1 da LUOS.
- Se **não**, verifica a ZEIS 2:

2. Verificação de Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) 2 :

O sistema verifica se o lote pertence à zona ZEIS 2.

- **Se sim:**
 - A mesma lógica da verificação da ZEIS 1A ou ZEIS 1B de Local 1, Local 2 e vias principais é aplicada, porém com referência ao Capítulo 2 da LUOS.
- Se **não**, verifica a ZEIC:

3. Verificação de Zona Especial de Interesse Cultural (ZEIC):

O sistema verifica se o lote pertence à zona ZEIC.

- **Se sim:**
 - A mesma lógica da verificação da ZEIS 1A, ZEIS 1B ou ZEIS 2 de Local 1, Local 2 e vias principais é aplicada, porém com referência ao Capítulo 4 da LUOS.

- Se **não**, verifica a ZELA:

4. Verificação de e Zona Especial de Interesse Ambiental (ZELA):

O sistema verifica se o lote pertence à zona ZELA 1,2,4 ou 4.

- Se **sim**:
 - A análise é encaminhada diretamente para as regras definidas no **Capítulo 3 da LUOS**.
- Se **não**:
 - O sistema registra que “**Não incide zoneamento especial**”, finalizando a etapa sem aplicar regras adicionais.

6.4.4 Validação do uso pretendido e incomodidade não residencial

A etapa de validação do uso e da incomodidade não residencial visa verificar a conformidade do uso pretendido em relação ao uso permitido na zona, bem como avaliar se o grau de incomodidade da atividade está dentro dos limites permitidos. Além disso, são consideradas exceções específicas e normas estaduais para zonas de especial interesse.

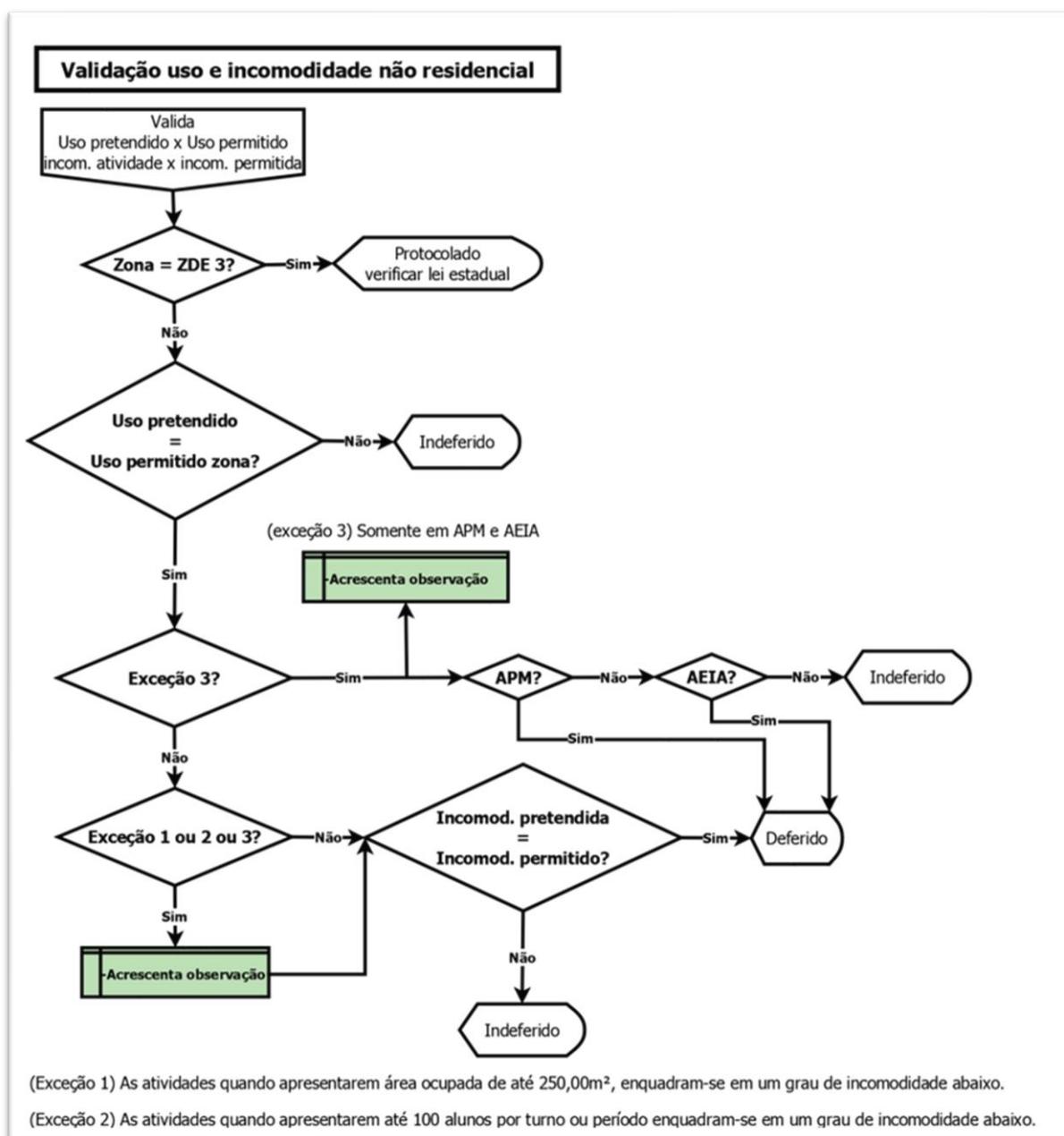


Figura 9 - Validação do uso e da Incomodidade não residencial

Fonte: Elaborado pela empresa Millenio Serviços Técnicos

Conforme vemos na figura 9 a sequência de decisões é a seguinte:

1. **Verificação da Zona de Desenvolvimento Especial (DEZ) 3:**

O sistema verifica se o imóvel está localizado na Zona de Desenvolvimento Especial 3 (ZDE 3).

- Se **sim**:
 - O protocolo é registrado, e é necessária a verificação da legislação estadual específica.
- Se **não**:
 - O sistema verifica se o uso pretendido é igual ao uso permitido para a zona.

2. **Validação do uso pretendido:**

- Se o uso pretendido for diferente do uso permitido na zona:
 - O sistema registra a decisão como **Indeferido**.
- Se o uso pretendido for igual ao uso permitido:
 - O sistema verifica se o caso se enquadra na **Exceção 3**.

3. **Verificação da Exceção 3:**

- Se for Exceção 3:
 - É acrescentada uma observação indicando que essa exceção é válida apenas em áreas de proteção ambiental (APM) e áreas especiais de interesse ambiental (AEIA).
 - Se o local for APM, o uso é **Deferido**.
 - Se o local for AEIA, o uso também é **Deferido**.
 - Se não for nenhuma dessas áreas, o uso é **Indeferido**.

4. **Verificação das Exceções 1, 2 ou 3 (para casos que não se enquadram na Exceção 3 anterior):**

- Se o uso estiver em alguma dessas exceções, é acrescentada uma observação.
- Para os usos enquadrados nessas exceções, o sistema verifica se a incomodidade pretendida é igual à incomodidade permitida:
 - Se não forem iguais, o uso é **Indeferido**.
 - Se forem iguais, o uso é **Deferido**.

5. Descrição das exceções:

- **Exceção 1:** Atividades com área ocupada de até 250,00 m² enquadram-se em um grau de incomodidade inferior.
- **Exceção 2:** Atividades com até 100 alunos por turno ou período enquadram-se em um grau de incomodidade inferior.

6.5 Benefícios e Resultados Obtidos

A implantação do sistema CIUS WebGIS trouxe uma série de benefícios significativos tanto para o poder público quanto para os cidadãos e empreendedores da cidade de Mauá:

- **Agilidade no Atendimento:** A automatização da emissão da Certidão Informativa de Uso do Solo (CIUS) eliminou a necessidade de atendimento presencial, reduzindo o tempo de espera de até um mês para minutos, com acesso gratuito e disponível 24 horas por dia. Anteriormente, o processo físico envolvia filas, demanda de recursos humanos e pagamento de taxa para atendimento presencial.
- **Transparência e Acessibilidade:** Ao disponibilizar os dados de zoneamento urbano, parâmetros legais e imagens georreferenciadas em uma plataforma aberta, o sistema fortaleceu a transparência da administração pública e democratizou o acesso à informação urbanística.

- **Inclusão e Participação Cidadã:** O CIUS WebGIS contribui diretamente para o letramento urbanístico da população. Ao consultar a viabilidade de atividades em determinada área, os cidadãos passam a compreender melhor as diretrizes legais que regulam o uso do solo. Caso a certidão seja indeferida, o próprio sistema direciona o usuário à análise da legislação vigente, incentivando o conhecimento e a participação ativa na gestão urbana.
- **Segurança Jurídica e Prova Documental:** A CIUS emitida também serve como documento comprobatório de que determinada atividade ou construção estava em conformidade com a legislação urbana no momento da sua realização. Caso ocorram alterações futuras na lei que tornem aquela situação “irregular”, o cidadão poderá apresentar a certidão como prova de que, à época, sua ação era legal.
- **Otimização de Recursos Públicos:** A digitalização do processo reduziu a demanda por atendimentos físicos e impressão de documentos, permitindo que as equipes técnicas se concentrem em análises mais complexas e estratégicas. Além disso, eliminou a necessidade de um servidor dedicado exclusivamente à emissão manual das certidões.
- **Integração com Dados Espaciais:** A utilização de bases cartográficas e banco de dados geoespaciais possibilitou a consulta precisa e confiável, com base na localização do imóvel e na legislação em vigor.
- **Apoio à Tomada de Decisão:** A certidão emitida permite que empreendedores e cidadãos verifiquem previamente a viabilidade de suas atividades no local de interesse, evitando investimentos indevidos e promovendo a regularização urbana.
- **Monitoramento Ativo pela Administração:** Internamente, a Prefeitura de Mauá realiza a verificação periódica dos registros imobiliários não residenciais, com o objetivo de monitorar se as atividades econômicas do município estão de acordo com a legislação de uso e ocupação do solo. Esse processo é facilitado pela padronização e centralização das informações no sistema.

- **Reconhecimento como Boa Prática:** O CIUS WebGIS é considerado uma referência na aplicação do geoprocessamento para fins de gestão urbana, sendo adotado como modelo para iniciativas semelhantes em outros municípios.

A experiência de implantação do sistema CIUS WebGIS no município de Mauá evidencia como a tecnologia e o geoprocessamento podem ser aplicados de forma estratégica para modernizar a gestão pública, promover a transparência e fortalecer o vínculo entre a população e as diretrizes urbanísticas da cidade. A versão atualmente em produção, denominada Versão 1, já trouxe avanços significativos, sendo responsável por automatizar a emissão da CIUS de forma eficiente, acessível e juridicamente embasada. O sucesso dessa primeira versão foi tão expressivo que motivou o desenvolvimento de uma Versão 2, com melhorias estruturais e funcionais que visam refinar ainda mais a experiência do usuário e expandir as possibilidades de análise automatizada. Esta segunda versão, que constitui o foco deste estudo de caso, representa a continuidade de uma iniciativa bem-sucedida e reforça a importância de soluções digitais para tornar a administração urbana mais inteligente, integrada e centrada no cidadão. Ao unir legislação, dados espaciais e automação em uma plataforma única, o CIUS WebGIS se consolida como um exemplo concreto de inovação pública voltada ao interesse coletivo e à construção de cidades mais eficientes e inclusivas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar as necessidades e os desafios da infraestrutura específica para o geoprocessamento, identificando soluções e boas práticas que permitem uma gestão eficiente dos dados espaciais em empresas especializadas na área. A partir da pesquisa bibliográfica e da análise técnica dos componentes envolvidos, foi possível compreender como essa infraestrutura se diferencia da estrutura tradicional de Tecnologia da Informação (TI), especialmente no que se refere ao processamento, armazenamento e segurança dos dados geoespaciais.

A comparação entre a infraestrutura tradicional de TI e a voltada para geoprocessamento revelou que a manipulação de dados espaciais exige maior capacidade de armazenamento, uso de bancos de dados específicos, softwares SIG dedicados, estrutura de rede eficiente e mão de obra especializada para garantir o desempenho e a integridade das informações. Além disso, a complexidade dos dados georreferenciados requer soluções integradas e uma arquitetura que favoreça a escalabilidade e a interoperabilidade entre sistemas.

Também foi explorado o papel das APIs na integração entre plataformas, destacando sua importância na comunicação entre sistemas distintos permitindo o compartilhamento de dados e funcionalidades em tempo real. Essa integração é fundamental para garantir a interoperabilidade e a flexibilidade necessárias em ambientes corporativos que utilizam múltiplas fontes de dados e aplicações.

Outro ponto abordado foi a análise da estrutura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), considerando seus principais componentes — hardware, software e dados. O estudo mostrou como esses elementos atuam de forma conjunta para possibilitar a visualização, a consulta, o cruzamento e a análise de informações espaciais com precisão e eficiência.

Por fim, o estudo de caso do sistema CIUS WebGIS permitiu exemplificar a aplicação prática dos conceitos discutidos, demonstrando como a tecnologia pode ser usada para automatizar processos urbanos, promover a transparência pública e otimizar a gestão territorial.

Conclui-se que a infraestrutura para empresas de geoprocessamento vai além dos recursos tecnológicos básicos, exigindo planejamento estratégico, adoção de boas práticas e investimentos contínuos para garantir desempenho, segurança e compatibilidade entre sistemas. Trata-se de um tema relevante e atual, cuja exploração pode ser aprofundada em futuras pesquisas, especialmente no que tange à aplicação de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e big data, no contexto do geoprocessamento.

7. REFERÊNCIAS

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: **CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.** (Org.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2000. p. 1. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf> . Acesso em: 23 mar. 2025.

FRANÇA, L. O uso de mapas para análise espacial: o caso de John Snow. GeoOne, 31 mar. 2024. Disponível em: <https://geoone.com.br/john-snow-e-o-surto-de-colera-em-londres/> . Acesso em: 05 abr. 2025.

MADEIRA, R. John Snow e a cólera: A história da primeira aplicação de GIS para análise de saúde pública. ArcGIS StoryMaps, 12 jul. 2021. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/886d6272a35b4560994578d792d930fe> . Acesso em: 05 abr. 2025.

RED HAT. What is IT infrastructure? 2025. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/cloud-computing/what-is-it-infrastructure> . Acesso em: 05 abr. 2025.

AWS. What is IT infrastructure? 2025. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/it-infrastructure/> . Acesso em: 05 abr. 2025.

ORACLE. O que é um banco de dados? 2024. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/database/what-is-database/#database-defined> . Acesso em: 21 abr. 2025.

POSTGIS. Manual do PostGIS, versão 3.6.0. Disponível em: <https://www.postgis.net/docs/manual-dev/postgis-br.html> . Acesso em: 21 abr. 2025.

OGC – Open Geospatial Consortium. OGC: padrões e sua função. Disponível em: <https://www.ogc.org/pt/standards/> . Acesso em: 21 abr. 2025.

OGC – Open Geospatial Consortium. Quem somos. Disponível em: <https://www.ogc.org/pt/who-we-are/> . Acesso em: 21 abr. 2025.

MundoGeo. Open Geospatial Consortium. <https://mundogeo.com/2007/04/06/open-geospatial-consortium/> . Acesso em: 21 abr. 2025.

Fitz, P. R. (2018). Geoprocessamento sem complicação. Editora Oficina de Textos.

Red Hat. (2023). O que são as Interfaces de Programação de Aplicações (APIs). Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-are-application-programming-interfaces> . Acesso em: 27 abr. 2025.

PREFEITURA DE MAUÁ. CIUS – Certidão Informativa de Uso do Solo. WebGIS institucional. Disponível em: <https://webgis.maua.sp.gov.br/cius> . Acesso em: 01 jun. 2025.