PARAMÉTRICA

UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL(IA) E DO GEOPROCESSAMENTO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND GEOPROCESSING FOR URBAN PLANNING

Humberto Braz Rodrigues[1]

Diego Jesus Queiroz Rosa[2]

Recebido em:09.12.2024

Aprovado em: 13.12.2024

Resumo: Para a realização de um planejamento urbano de um município, é muito complexo de se fazer, pois exige a análise de vários dados e fatores que envolvem todos os moradores inseridos no contexto daquela cidade e ao seu redor. O crescimento desordenado de uma cidade, sem um planejamento urbano eficiente, contribui para a geração de muitos problemas, que vão exigir ações corretivas por parte da administração pública, que serão apenas para tentar mitigar o problema, e não uma ação efetiva para resolver definitivamente aquele problema apresentado, porque na maioria das vezes, torna-se inviável uma solução definitiva, e acaba que aquela situação vá se perpetuando, gerando constantes problemas para a comunidade e para a administração pública. Um dos grandes problemas para a realização de um bom planejamento urbano e monitoramento é a falta de informações com dados mais amplos e precisos. Para conseguir essas informações (dados), como, por exemplo, das secretarias, departamentos e autarquias de uma prefeitura, depara-se com o problema de que na maioria das vezes esses dados estão descentralizados e fragmentados, e, quando essas informações (dados) estão centralizadas, não possui tecnologia suficiente que permita fazer análises integradas de todos esses dados. Também, soma-se ao fato de os municípios não possuírem um geoprocessamento com dados de aerofotogrametria, sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto. O presente trabalho propõe um modelo de plataforma com a utilização de técnicas de Geoprocessamento,Big Data e IA (inteligência artificial), integrado com os dados das diversas áreas da prefeitura e a

[1] Discente Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – Feamig.

[2] Mestre em Processos Construtivos, especializado em Materiais de Construção Civil, exerce função de liderança como Coordenador do curso de Engenharia Civil na CESMIG, cargo que requer competências em gestão, planejamento e coordenação e adicionalmente, atua como professor universitário.

implementação de um protocolo único georreferenciado. O intuito é propiciar aos administradores públicos uma plataforma que forneça dados integrados através de relatórios, análises de tendências, previsão de cenários, diagnósticos, para que possam realizar um planejamento urbano mais eficiente. E, de posse desse planejamento urbano, possam apresentar propostas para solucionar as demandas, e também para que sirva de monitoramento contínuo do planejado em relação à dinâmica da cidade e de seus munícipes, para prever tendências, simular cenários e propor alterações e correções no plano traçado, com melhorias.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Geoprocessamento; Big Data.

Abstract: Carrying out urban planning for a municipality is very complex, as it requires the analysis of various data and factors that involve all residents in the context of that city and its surroundings. The disorderly growth of a city, without efficient urban planning, contributes to the generation of many problems, which will require corrective actions by the public administration, which will only be to try to mitigate the problem, and not an effective action to definitively solve the problem presented, because most of the time, a definitive solution becomes unfeasible, and the situation ends up perpetuating itself, generating constant problems for the community and for the public administration. One of the major problems in carrying out good urban planning and monitoring is the lack of information with broader and more accurate data. In order to obtain this information (data), such as from the secretariats, departments and agencies of a city hall, for example, the problem is that most of the time this data is decentralized and fragmented, and when this information (data) is centralized, there is not enough technology to allow for integrated analyses of all this data. In addition, municipalities do not have geoprocessing with aerial photogrammetry data, geographic information systems and remote sensing. This work proposes a platform model that uses Geoprocessing, Big Data and AI (artificial intelligence) techniques, integrated with data from the various areas of the city hall and the implementation of a single georeferenced protocol. The aim is to provide public administrators with a

platform that provides integrated data through reports, trend analyses, scenario forecasts and diagnostics, so that they can carry out more efficient urban planning. And, with this urban planning in hand, they can present proposals to solve the demands, and also to serve as continuous monitoring of the planned in relation to the dynamics of the city and its citizens, to predict trends, simulate scenarios and propose changes and corrections to the plan drawn up, with improvements.

Keywords: Artificial intelligence; Geoprocessing; Big Data.

1 INTRODUÇÃO

Para a execução de um bom planejamento urbano, é essencial a utilização de um modelo de plataforma com um conjunto de novas tecnologias como: geoprocessamento (aerofotogrametria, SIG - Sistema de Informação Geográfica, SR - Sensoriamento Remoto), Big Data e IA (Inteligência Artificial), trabalhando integrados para gerar cenários, previsões, diagnósticos, fazer simulações, além de gerar vários relatórios setorizados e geolocalizados. Algoritmos de IA podem processar grandes conjuntos de dados geoespaciais, identificando padrões e prevendo tendências, como crescimento populacional, mudanças no uso do solo e demanda de infraestrutura e de serviços públicos, que podem ajudar a otimizar na alocação de recursos urbanos, como transporte, saúde e segurança, baseando-se em padrões de uso e necessidades da população, permitindo um planejamento mais proativo. Com esse modelo de plataforma proposto, vai ser possível subsidiar dados e elementos suficientes com ferramentas que permitam aos administradores públicos e planejadores criar simulações e testar diferentes cenários de desenvolvimento urbano e suas consequências para que possam realizar um eficiente planejamento urbano de curto, médio e longo prazo. Também servirá para rever um planejamento urbano já existente, para que possa ser atualizado ou alterado. Outro objetivo da utilização dessa plataforma é o de proporcionar um monitoramento contínuo, fornecendo dados e elementos para análise, para verificar se o planejamento traçado está sendo cumprido e alcançando seus resultados. Caso o planejamento não esteja sendo alcançado, a plataforma, através dos dados, relatórios, previsões,

diagnósticos e cenários fornecidos pelo IA, os gestores públicos poderão rever ações, para que seja alcançado o previsto no planejamento urbano.

Esse é o princípio deste modelo tecnológico de plataforma apresentado neste trabalho, para ser implantado e operacionalizado na administração pública, ou seja, nas prefeituras e no governo do estado.

A proposta do modelo de plataforma tecnológica, baseia-se no princípio da centralização das informações em um Big Data com interfaces com o SIG, Sensoriamento Remoto e IA, além da implantação de um protocolo georreferenciado único. O protocolo georreferenciado único terá interface com o SIG, e será disponibilizado para todas as secretarias e departamentos da prefeitura e também para a companhia de saneamento. Com as informações oriundas desse protocolo georreferenciado, todos os atendimentos e serviços prestados por cada secretaria, departamentos da prefeitura e companhia de saneamento, estarão alimentando o Big Data, SIG e IA.

As respectivas entradas do modelo/algoritmo da IA (Inteligência Artificial) serão alimentadas pelos dados do BIG Data, SIG e Sensoriamento Remoto, conforme parametrização a ser realizada, para que sejam obtidas as respectivas saídas. Como esse processo será dinâmico, ou seja, onde serão geradas diversas informações/dados de atendimentos aos munícipes através da administração pública, será possível analisar todos esses dados vinte quatro horas por dia. Todos esses dados estão sendo analisados para que possam gerar previsões, relatórios, diagnósticos, simulação de cenários e alertas de ocorrências para o monitoramento contínuo do planejamento urbano proposto.

O outro objetivo da proposta apresentada é o de não retirar nenhum sistema/software legado que já esteja sendo utilizado pela gestão pública do município ou estado. A proposta é fazer as devidas integrações dos dados de diferentes sistemas, utilizando APIs ou Webservices, pois o objetivo do projeto/plataforma é de uma solução utilizando técnicas que permitam comunicação de dados de big data e fontes de sensoriamento remoto de Geoprocessamento e IA, para ajudar a realizar modelos espaciais e análises estatísticas para fazer previsões

e avaliar cenários de planejamento urbano e do seu monitoramento contínuo, e não de ser um software/solução com objetivo de ser um sistema de gestão pública. Pois, com o modelo de plataforma proposto com a utilização dessas tecnologias, onde possam ser centralizados os registros dos dados das principais ações relevantes e atendimentos realizados pela administração aos seus munícipes em um Big Data, integre modelos espaciais e análises estatísticas para fazer previsões e avaliar cenários de planejamento urbano.

Outro ponto interessante, é que será possível fazer análises espaciais através de filtros configuráveis, com essas informações, podendo ser visualizadas, demonstrado espacialmente a parcela do uso do solo através de mapas, manchas urbanas com seus diversos atributos específicos oriundos de cada secretaria.

2 JUSTIFICATIVA

Como a previsão do crescimento da população mundial, segundo estudos, prevê que, em 2030, 60% da população viverá nas cidades e, em 2050, essa taxa será de 68%, quando o mundo deverá ter 43 megacidades, com mais de 10 milhões de habitantes, na maioria delas nas regiões em desenvolvimento. Em face dessa previsão, torna-se impossível o crescimento ordenado dessas cidades sem um bom planejamento urbano. Porém, o que temos presenciado atualmente é que os gestores e administradores públicos não estão conseguindo fazer um bom planejamento urbano, realizando investimentos em infraestruturas desordenadamente, não conseguindo otimizar os seus recursos em melhoria na qualidade de vida da população. Então, imagina como vai ser nos próximos anos se os municípios/cidades não começarem a agir agora, propondo um planejamento urbano mais efetivo. Para realizar um planejamento urbano de um município/cidade, é necessário o conhecimento de diversas informações que estão distribuídas espacialmente em seu território. É extremamente difícil para a administração pública realizar um adequado planejamento urbano sem o amplo conhecimento destas.

Um dos grandes motivos pelos quais as atuais administrações das prefeituras e estados não estão conseguindo fazer um bom planejamento urbano é devido às informações/dados estarem descentralizados. E, quando estão centralizados, não possuem tecnologias mais avançadas para que possam extrair dessas

informações/dados, análises com predições importantes para realizar um planejamento urbano adequado. Então, em face dessa realidade, é que apresento esse trabalho, propondo uma plataforma integrada com a utilização de tecnologias atuais como IA (Inteligência Artificial), Big Data, Geoprocessamento (SIG - Sistema de Informação Geográfica, Aerofotogrametria, SR - Sensoriamento Remoto), para poder fazer as previsões e simulações de cenários atuais e futuros mais assertivas para realização de um bom planejamento urbano. Esta combinação do uso da Inteligência Artificial (IA) em conjunto com o Geoprocessamento tem se mostrado uma abordagem inovadora e eficaz no planejamento urbano, onde através dessas tecnologias pode melhorar significativamente a tomada de decisões pelos gestores da administração pública, para otimizar processos e fornecer soluções mais precisas e sustentáveis para os desafios das cidades.

3 PROBLEMA

A Inteligência Artificial (IA) em conjunto com o Geoprocessamento pode ajudar no planejamento urbano?

3.1 SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROJETO

A solução proposta é a utilização de uma plataforma com o uso da Inteligência Artificial (IA) em conjunto com técnicas de Geoprocessamento integradas, proporcionando criar soluções personalizadas para diferentes regiões e contextos urbanos, levando em consideração as necessidades específicas de cada local. Com automação de processos e análise preditiva para ajudar na tomada de decisões mais rápidas e precisas no planejamento urbano e seu monitoramento.

Para a implementação do modelo de plataforma integrada proposto, serão necessárias as seguintes etapas:

1. Padronização do banco de dados da prefeitura das secretarias da Fazenda e Tributação com o banco de dados da companhia de saneamento, referente aos seus logradouros, bairros, endereços com numeração dos contribuintes de IPTU e clientes da companhia de saneamento, com a implementação de um Big Data;

2. Realização do CTM (Cadastro Técnico Multifinalitário) com aerofotogrametria, georreferenciamento de todos os logradouros, bairros, domicílios/construções e atualização cadastral, alimentando o Big Data;

3. Implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com Sensoriamento Remoto (SR), integrado com o CTM, alimentando o Big Data;

4. Integração com banco de dados relevantes dos softwares legados das secretarias de, Infraestrutura, Urbanismo, Transportes, Planejamento, Saúde, Educação, Assistência Social. Meio Ambiente, Transporte e Segurança, alimentando o Big Data;

6. Definição do modelo de Protocolo Único Georreferenciado (PUG), integrado ao Big Data;

7. Implementação dos modelos de IA (Inteligência Artificial).

8. Fluxograma de integração da plataforma, Big Data, SIG, SR e IA.

4. CONCEITOS BÁSICOS E TECNOLOGIAS

4.1 Planejamento Urbano.

Para Cardoso (2010), o planejamento urbano é o processo de idealização, criação e desenvolvimento de soluções que visam melhorar ou revitalizar certos aspectos dentro de uma determinada área urbana ou do planejamento de uma nova área urbana em uma determinada região, tendo como objetivo principal proporcionar aos habitantes uma melhoria na qualidade de vida. Segundo um ponto de vista contemporâneo, o planejamento urbano, trata basicamente com os processos de

produção, estruturação e apropriação do espaço urbano, onde a gestão das cidades vem se dando de forma mais democrática, o que viabiliza uma melhor discussão entre o poder público e a sociedade, da qual poderá se originar uma nova qualificação social, espacial, ambiental e cultural do meio urbano (PASSINATO, 2012).

Ainda, conforme o mesmo autor, trata-se assim, de criar um caminho que melhore o processo decisório na gestão municipal de forma a possibilitar o aumento da qualidade do ambiente urbano, onde a observação das perspectivas social, ambiental, físico-espacial e econômica de forma integrada representa um avanço no processo decisório, que deve ser voltado à busca pelo desenvolvimento sustentável e do planejamento, o que fornece credibilidade aos trabalhos de gestão.

O processo de urbanização da população levou o planejamento urbano a passar a ser identificado com a necessidade de propor soluções que permitissem o ordenamento do uso do solo em cidades em contínuo crescimento, especialmente em algumas grandes cidades, que atravessavam um rápido processo de metropolização. O período da Pós-Guerra deu enorme impulso ao crescimento urbano, demandando soluções que não eram compatíveis, por exemplo, com a produção artesanal da moradia unifamiliar. Foi para responder a esses desafios que se desenvolveu uma concepção tecnocrática do planejamento urbano com base em argumentos do urbanismo modernista. Este concebia a cidade como resultado de quatro funções principais: morar, trabalhar, circular e lazer. O planejamento passou a projetar a construção de espaços urbanos que articulassem essas funções.

Para KOHLSDORF (1985), o Planejamento Urbano possui dois fatores cruciais no modo de pensar e agir sobre a cidade. O primeiro é assumir a cidade como um processo contínuo. O planejamento, dentro dessa concepção, é entendido como um processo-subsídio a tomadas de decisões que têm a função de transformar a cidade de acordo com objetivos pré-estabelecidos. O segundo é a entrada em cena de contribuições vindas de outras disciplinas, tais como a sociologia, a geografia e a economia. Assim, o Planejamento Urbano assumiu características multidisciplinares ao longo do tempo.

O planejamento urbano por parte do Poder Público Municipal exerce o processo de idealização, criação e desenvolvimento de soluções que visam melhorar ou revitalizar certos aspectos dentro de uma determinada área urbana ou do planejamento de uma nova área urbana em uma determinada região, tendo como objetivo principal proporcionar aos habitantes uma melhoria na qualidade de vida.

Em relação ao processo de urbanização, Passinato, (2012) ressalta ainda que há uma dinâmica própria, vista que uma população se concentra num determinado espaço e estabelece relações sociais que se materializam e dão conformação ao espaço físico-territorial urbano. São as aglomerações urbanas que se apresentam funcional e socialmente interdependentes, com uma relação de articulação hierarquizada, formando redes urbanas de cidades, onde nessa realidade, as práticas de planejamento urbano são instrumentos na busca do crescimento estruturado, aliado à preservação do meio ambiente, à qualidade da infraestrutura urbana, e à qualidade de vida da população (PASSINATO, 2012). Dessa forma, planejar o espaço urbano significa remeter ao futuro das cidades, buscando medidas de precaução contra problemas e dificuldades, ou ainda, aproveitando melhor possíveis benefícios (SOUZA; RODRIGUES, 2004).

4.2 Evolução da Indústria

Com o surgimento da Indústria, é um dos marcos para a evolução histórica da humanidade. Ela passou por profundas transformações com os avanços tecnológicos ao longo dos anos, e isso contribuiu para o desenvolvimento da sociedade (Sakurai & Zuchi, 2018).

Mas, para isso acontecer, houve processos de revolução, sendo eles, a Indústria 1.0, a Indústria 2.0, a Indústria 3.0 e por fim, a Indústria 4.0, que está presente no momento atual (Zirondi & Okada, 2021).

A Primeira Revolução Industrial, conhecida por Indústria 1.0 teve início na Inglaterra, perto de 1750. Mediante o uso de energia a vapor e a mecanização da produção, houve um aumento na produtividade (Garcia et al., 2020; Desoutter, s.d).

De acordo com Desoutter (s.d), a Segunda Revolução Industrial, Indústria 2.0, começou no século 19 (1801). Ela aconteceu por meio da descoberta de eletricidade e da produção de linha de montagem, que é a fabricação de mercadorias em etapas, de forma mais rápida e com menor custo.

A Terceira Revolução Industrial, a Indústria 3.0, aconteceu entre os anos 1950 e 2000. Ela é conhecida pelas profundas transformações na produção e pela rapidez no desenvolvimento de novas tecnologias (Abreu et al., 2017). Segundo Schwab (2019), citado por Zirondi e Okada (2021), ela também é chamada de Revolução Digital ou Revolução do Computador, em razão de ter sido impulsionada pelo progresso da computação e da internet.

A Quarta Revolução Industrial, conhecida por Indústria 4.0. Abreu et al. (2017) contam que ela surgiu na Alemanha em 2011, e o seu ponto central é o uso da alta tecnologia para a manufatura, no qual ocorre a fusão dos mundos físico e virtual, por meio da planta operacional. E isso impacta diretamente na política, na economia e no social.

Conforme Bitkom et al. (2016), citado por Santos et al. (2018), a indústria 4.0 refere-se a um conjunto de tecnologias de ponta aplicadas à internet com o objetivo de tornar os sistemas de produção mais adaptáveis e colaborativos. Estas tecnologias são: inteligência artificial; robótica; big data, internet das coisas; robótica; segurança da informação; computação em nuvem; realidade aumentada e manufatura aditiva (Garcia et al., 2020; Engprocess, 2017).

4. 3 Inteligência Artificial (IA)

Figura 1 – Visão conceitual de IA

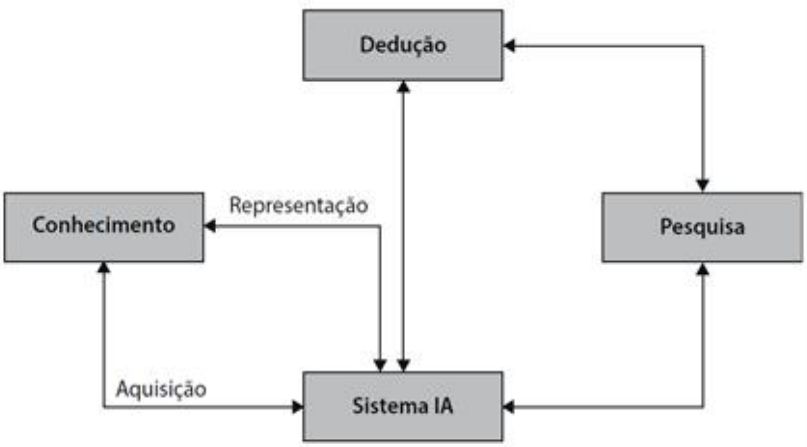


Figura 1. Visão conceitual dos sistemas de inteligência artificial.
Fonte: Adaptada de Schutzer (1987).

Fonte: Adaptada de Schutzer(1987)

O primeiro trabalho reconhecido da área de Inteligência Artificial (IA) foi realizado por McColloch e Pitts em 1943. Apenas em 1957, Solomonoff publicou o primeiro artigo sobre Aprendizado de Máquina (AM). Desde então, há crescimento significativo em pesquisas e aplicações de técnicas dessa área. Algumas técnicas de IA foram definidas nos anos 1950. Por que então somente agora se está conseguindo solucionar esses problemas com IA, se algumas das técnicas de IA são antigas?

As técnicas de IA que fazem sucesso hoje precisam de muito poder computacional e de muitos exemplos (dados), que não estavam disponíveis até pouco tempo. Agora com as GPU (Graphic Processing Unit), maior poder computacional e muitos dados, as técnicas de IA conseguem resolver problemas cada vez mais complexos.

Hoje estão disponíveis muitos dados: dados das empresas, dados das pessoas, dados dos equipamentos (por exemplo, oriundos do uso de Internet das Coisas).

O aumento da capacidade dos computadores atuais é parcialmente em razão das técnicas de Aprendizado de Máquina. Entretanto, não é de hoje que se deseja fazer com que o computador aprenda. Por exemplo, Alan Turing, o pai da computação, desenvolveu um teste, conhecido como teste de Turing, para saber se os computadores eram capazes de aprender. De maneira simples, podemos dizer que o teste de Turing consiste em um humano conseguir saber se ele está conversando com outro humano ou com uma máquina. Se o humano não conseguir descobrir se ele está conversando com uma máquina, é um indicativo de que o sistema é inteligente e passou no Teste de Turing (Turing, 1950). Hoje, muitos sistemas de IA passam no teste de Turing, mas a capacidade de aprender dos computadores ainda não é igual à capacidade de aprender dos humanos.

Ainda não se sabe como fazer os computadores aprenderem como os humanos aprendem. Nem sequer se sabe exatamente como os humanos aprendem, mas já existem alguns algoritmos eficientes em “ensinar” algumas tarefas específicas aos computadores.

PARAMÉTRICA

4.3.1 Tipos de Inteligência Artificial

A IA pode ser caracterizada em três tipos: IA Focada, IA Generalizada e IA Superinteligente.

A IA Focada, também conhecida como IA Fraca, consiste em algoritmos especializados em resolver problemas em uma área e/ou um problema específico.

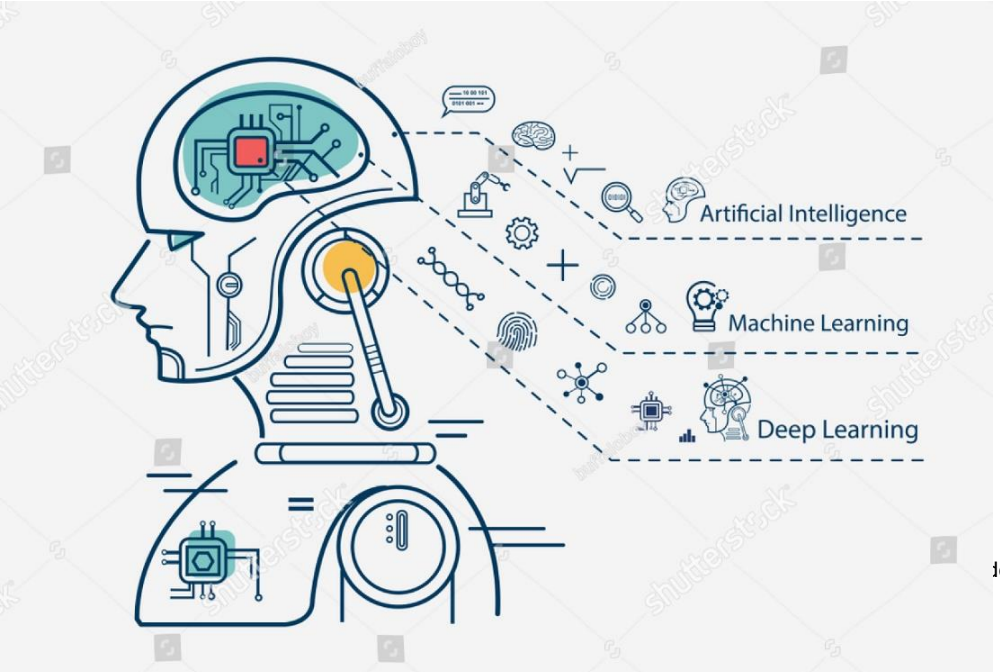
Aqui, os sistemas armazenam uma grande quantidade de dados e os algoritmos são capazes de realizar tarefas complexas, porém sempre focadas no objetivo para o qual foram desenvolvidos. Os Sistemas Especialistas e Sistemas de Recomendação são exemplos de sistemas de IA focada.

Na IA Generalizada, também conhecida como IA Forte, os algoritmos desenvolvidos se tornam tão capazes quanto humanos em várias tarefas e, em geral, os algoritmos usam técnicas de Aprendizado de Máquina como ferramenta. Em algumas tarefas, os algoritmos têm desempenho semelhante aos humanos, por exemplo, em Visão Computacional. O nível atual da IA é de IA Generalizada.

Na IA Superinteligente, os algoritmos são significantemente mais capazes que humanos em praticamente todas as tarefas. Ainda não existem sistemas com IA Superinteligente e não se sabe se existirão sistemas mais inteligentes que os humanos desenvolvidos com técnicas de IA.

4.3.2 Aprendizado de Máquina (AM)

Figura 2: Visão conceitual Aprendizado de Máquina



Fonte: www.Shutterstock.com

Aprendizado de Máquina – AM - é uma subárea de pesquisa muito importante em Inteligência Artificial - IA - pois a capacidade de aprender é essencial para um comportamento inteligente. AM estuda métodos computacionais para adquirir novos conhecimentos, novas habilidades e novos meios de organizar o conhecimento já existente (Mitchell, 1997). O estudo de técnicas de aprendizado baseadas em computador também pode fornecer um melhor entendimento de nosso próprio processo de raciocínio (Monard, Batista, Kawamoto & Pugliesi, 1997).

Conforme Amaral (2016), aprendizado de máquina computacional (AM) é a aplicação de técnicas computacionais com o objetivo de encontrar padrões ocultos em dados. Segundo o autor, esses padrões ocultos são aquelas características que não podem ser observadas tão claramente nos dados. Assim, ainda sob a ótica de Amaral (2016), além de estar relacionado à inteligência artificial, o aprendizado de máquina está interligado, também, com a estatística e, consequentemente, com a mineração de dados.

O Aprendizado de Máquina (AM) - Machine Learning (ML) concentra-se no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem aos computadores aprender e fazer previsões ou decisões com base em dados. Abrange várias técnicas, como aprendizagem supervisionada, aprendizagem não supervisionada, aprendizagem por reforço e muito mais. No ML, obter resultados precisos depende de dados limpos e bem organizados.

Aprendizado Supervisionado: O aprendizado supervisionado ocorre quando o modelo aprende a partir de resultados pré-definidos, utilizando os valores passados da variável target para aprender quais devem ser seus resultados de saída.

Estes mesmos valores servem como “supervisão” destas previsões, permitindo o ajuste nas previsões com base nos erros, conforme comentamos no artigo Algoritmos de Machine Learning.

O aprendizado supervisionado utiliza conjuntos de dados rotulados, enquanto o não supervisionado emprega conjuntos de dados não rotulados. O termo "rotulado" significa que os dados já estão marcados com a resposta correta.

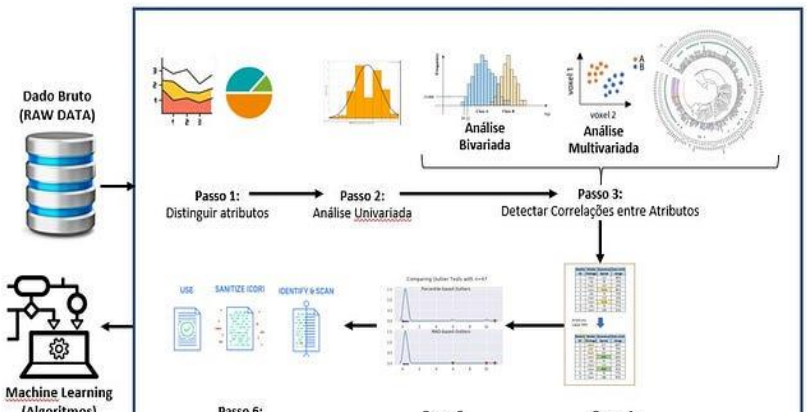
A abordagem do aprendizado supervisionado no ML emprega conjuntos de dados rotulados que fazem o treinamento de algoritmos para classificar dados ou prever resultados com precisão. O modelo utiliza rótulos de dados para avaliar a relevância de diferentes características e melhorar gradualmente o desempenho dos resultados esperados. O aprendizado supervisionado é classificado em duas categorias principais:

Classificação: Problemas de classificação empregam algoritmos para classificar dados em segmentos específicos. Um exemplo prático é um algoritmo que ajuda a eliminar spams na caixa de entrada prioritária de e-mails ou um algoritmo que ajuda usuários a bloquear ou restringir o acesso de outras pessoas nas redes sociais. Alguns algoritmos de classificação comuns incluem regressão logística, k-vizinhos mais próximos, floresta aleatória, Naive Bayes, gradiente descendente estocástico e árvores de decisão.

Regressão: Este é um método estatístico de ML que utiliza algoritmos para avaliar a relação entre uma variável dependente e, um ou diversos fatores isolados. Com modelos de regressão, é possível fazer previsões de causa e efeito com base em múltiplos pontos de dados. Em uma empresa, por exemplo, isso pode incluir a projeção do crescimento da receita publicitária. Entre alguns algoritmos de regressão comuns estão a regressão ridge, lasso, regressão de redes neurais e regressão logística.

4.3.3 Big Data

Figura 3 – Visão conceitual Big Data



Fonte – ABRACD

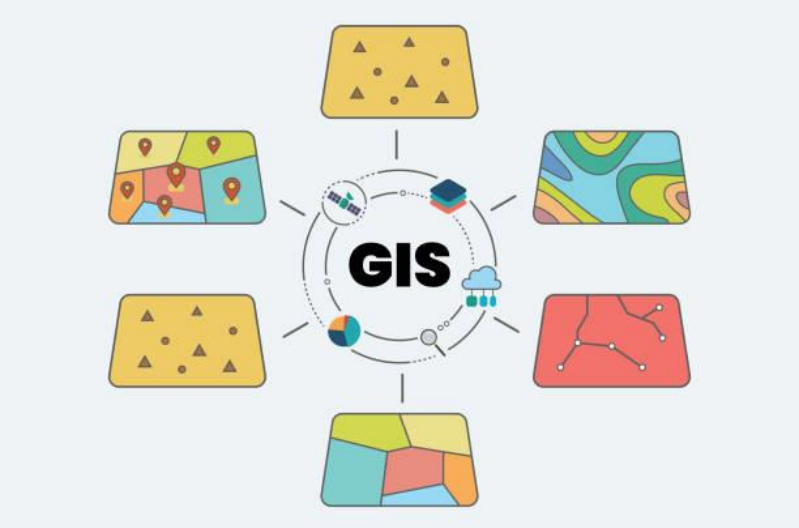
Big data e inteligência artificial são áreas que têm se destacado por sua capacidade comprovada de revolucionar o mundo dos negócios, empregando números, dados e algoritmos de maneira inovadora.

O big data, ao reunir vastas quantidades de dados digitais disponíveis na rede, possibilita a criação de modelos analíticos que antecipam o comportamento e a dinâmica de sistemas e interações complexas.

A convergência do big data com a inteligência artificial representa um marco significativo, impulsionando a capacidade das organizações de extrair insights valiosos e tomar decisões mais informadas. Ao integrar algoritmos avançados, a inteligência artificial complementa a análise de dados, permitindo a identificação de padrões complexos e a previsão de tendências com maior precisão.

4.4 Sistema de Informação Geográfica(SIG)

Figura 4 – Ilustração de modelo de SIG



Fonte: Istock

PARAMÉTRICA

O geoprocessamento é uma ferramenta de alta tecnologia e inovação para interpretações relacionadas ao espaço. Pode ser definida como um conjunto de técnicas que possibilitam realizar análises espaciais, manipular e gerenciar informações espaciais georreferenciadas, com uma agilidade e precisão que, até antes de seu surgimento, eram inimagináveis (Carvalho e Leite, 2009).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são instrumentos computacionais de geoprocessamento que automatizam a produção de documentos cartográficos. Segundo Bahr(1999), é impossível existir um SIG sem estar intimamente ligado à cartografia. Os SIGs foram tecnologicamente melhorados de uma cartografia com soluções matemáticas e gráficas para a representação de feições naturais, artificiais e de área (BRANDALIZE, 1993). A principal diferença entre um software de cartografia e um SIG é a capacidade de armazenar a topologia de um mapa e de tratar diversas projeções cartográficas (CÂMARA< 1994).

O sistema de informações geográficas separa as informações em diferentes camadas temáticas e armazena-as independentemente, permitindo que se trabalhe com elas de modo rápido e simples, proporcionando ao operador ou utilizador a possibilidade de relacionar as informações existentes através da posição e topologia dos objetos, com a finalidade de gerar novas informações, pois proporciona uma visão e informação geográfica/cartográfica macro de um determinado local, como por exemplo uma cidade.

O sistema de informações geográficas será um importante elemento para melhoria dos procedimentos internos e para a otimização das atividades a serem desenvolvidas pelas áreas afins, por conseguinte assegurará o cumprimento dos objetivos e metas estabelecidos, e para tal procuramos nos espelhar em observar quesitos técnicos mínimos que nos assegurem isso, usando metodologia e critérios definidos pelos setores de operações de uma prefeitura, atendimento ao público, transportes e logística, gestão de recursos, cadastro e projetos, tributação, saúde, educação, meio ambiente, resíduos sólidos, aterro sanitário e limpeza urbana.

Assim, permite maior agilidade, rapidez na tomada de decisão e melhorias no atendimento às solicitações de serviços pelo público e demandas eventuais, com eficiência e eficácia através da melhor alocação dos recursos disponíveis e aumento de produtividade, a fim de garantir a qualidade dos serviços ofertados pela prefeitura.

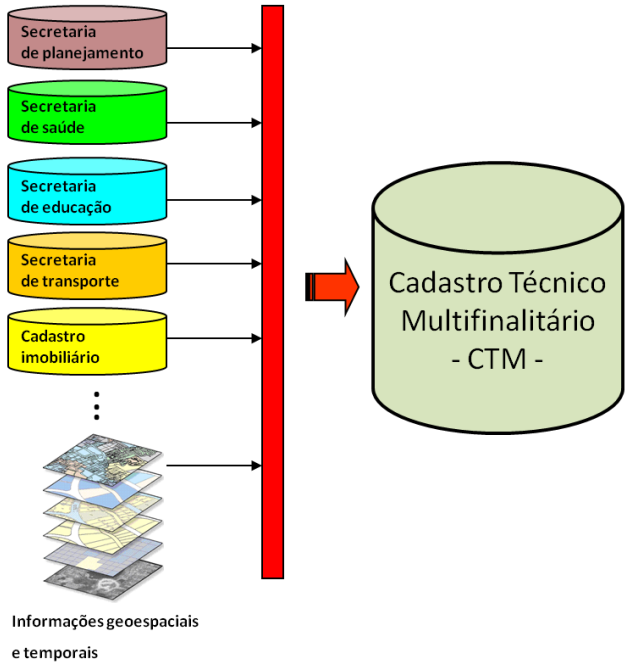
Os SIGs permitem ainda a integração de dados de diversas fontes de informações, tais como levantamentos cadastrais, levantamentos de imagens via satélite, levantamento topográficos e censos (QUINTANILHA, 1995), criando um banco de dados (BD) georreferenciado. De acordo com Hassen (1998), os BDs são estruturas responsáveis pelo armazenamento integrado de registros, permitindo que diversos conjuntos de dados sejam usados por diferentes programas.

Por meio da utilização dos produtos do sensoriamento aliados às possibilidades de análise com softwares de SIG (sistemas de informações geográficas), é possível a obtenção de dados de forma rápida, confiável e repetitiva, em diferentes faixas espectrais e escalas (Rosa, 1996).

Como o SIG estará conectado ao banco de dados do software legado da tributação, toda alteração que ocorrer de algum imóvel será demonstrada também no SIG.

4.5 Cadastro Técnico Multifinalitário(CTM)

Figura 5 – Estrutura de um CTM



Fonte: TerraLAB

A importância de um sistema cadastral atualizado é cada vez mais exigida pela sociedade. Este sistema precisa ser adequado para atender a demandas da Administração Municipal, bem como de outras entidades e do próprio cidadão. Considera-se primordial para a construção e o fortalecimento da cidadania, que as pessoas estejam inseridas no contexto de um sistema de gestão cadastral, ampliando o relacionamento do cidadão com o governo municipal. Isto, indubitavelmente, permitirá um melhor planejamento governamental, com repercussão na melhoria da qualidade de vida da população.

As diferentes ações do governo devem estar estruturadas por dados atualizados e confiáveis, com aplicações que facilitem sua utilização, possibilitando acesso compartilhado e compromisso mútuo dos diversos segmentos da Administração Municipal no sentido da manutenção de sua atualidade e confiabilidade.

Segundo o Ministério das Cidades, o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), quando adotado pelos Municípios brasileiros, será o inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca".

Nesta perspectiva, atualmente, entende-se que a utilização de modernos processos calcados na utilização de um SIG (Sistema de Informação Geográfica) e aerofotogrametria digital, conjugados com a complementação realizada pela vistoria aos imóveis (visita in loco), se traduzem nos meios mais sofisticados para a detecção das possíveis inconsistências existentes entre o CTM e o espaço físico municipal.

4.6 Sensoriamento Remoto(SR)

Figura 6 – Representação SR

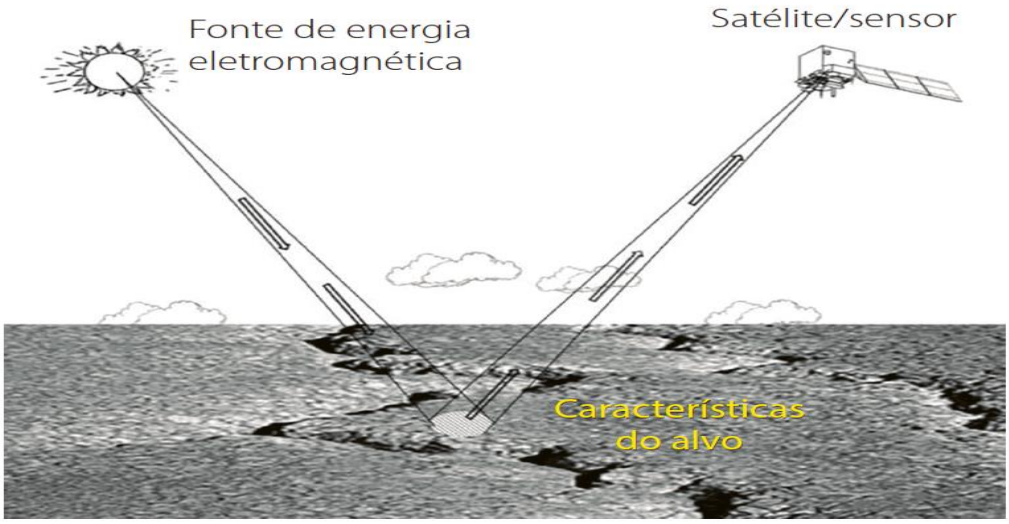


Figura 1. Representação dos equipamentos de sensoriamento remoto.
Fonte: Lorenzzetti (2015, p. 18).

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas para obter informações de vários objetos que conformam a superfície do planeta, utilizado de forma remota, isto é, distanciada. Para isso, são realizadas a detecção, aquisição e análise das imagens por meio da interpretação e extração de informações, utilizando-se a energia eletromagnética emitida ou refletida pelos elementos presentes na superfície terrestre registrados por sensores.

O desenvolvimento inicial do sensoriamento remoto é cientificamente ligado ao desenvolvimento da fotografia e à pesquisa espacial. As fotografias aéreas foram o primeiro produto de sensoriamento remoto a ser utilizado, tanto é assim, que a fotogrametria e a fotointerpretação são termos muito anteriores ao termo sensoriamento remoto propriamente dito (NOVO; PONZONI, 2001, p. 4).

As técnicas para obtenção de imagem por meio do sensoriamento remoto possibilitam conhecer e monitorar vários objetos presentes na superfície do planeta a distância. As informações são obtidas pela radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais como o Sol, em forma de imagens, captadas por sensores localizados em satélites. Para isso, há uma série de objetos em sistemas para fazer a captação de informações que estão a bordo dos satélites na órbita em torno da Terra e que portam sensores para emitir e receber a energia eletromagnética refletida do planeta.

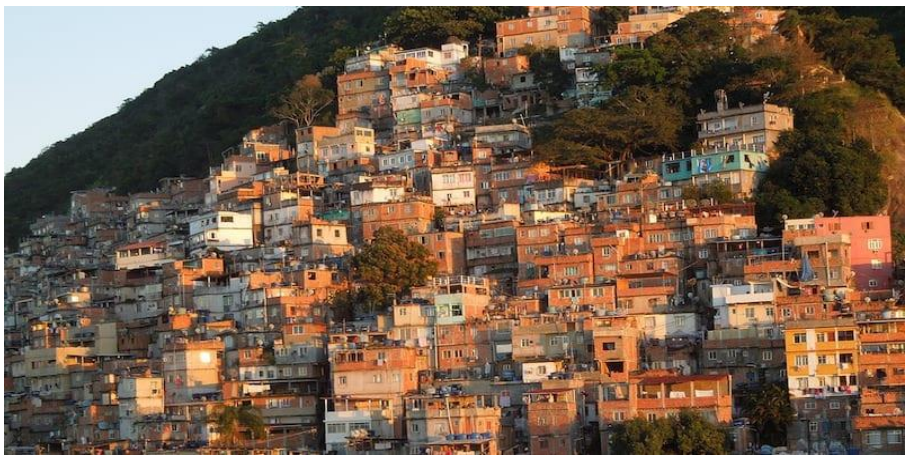
O uso e cobertura da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, pois a mesma permite a visualização e identificação direta dos elementos ali geometricamente apresentados e podem ser sintetizados através de mapas. O mapeamento do uso e ocupação do solo também é, em si, fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço e requer uma constante atualização de seus registros para que suas tendências possam ser analisadas (Rosa,2009).

Os dados coletados nos sensores receptivos podem ser divididos em imageadores e não imageadores. Nos imageadores, os dados produzidos são representados em forma de imagens, como fotografias aéreas e imagens de satélite. Nos não imageadores, os dados obtidos são transformados em gráficos, tabelas, entre outros.

4.7 Cidades Inteligentes e Inteligência Artificial

4.7.1 Crescimento das Cidades (Urbanização)

Figura 7 – Cidade crescimento desordenado



Fonte: https://psalm.escreveronline.com.br/problemas-do-crescimento-desordenado-das-grandes-cidades/

O aumento da urbanização criou uma forte demanda pela melhoria da qualidade de vida nas cidades, que levou a grandes avanços nas áreas de arquitetura, planejamento urbano, geografia social e tecnologias construtivas (Nath, 2023).

De acordo com a ONU (United Nations, 2019), que apresenta uma análise do crescimento e um prospecto do processo de urbanização no mundo até 2050, em 2018, aproximadamente 55% da população mundial estava em assentamentos urbanos. Essa presença se distribui de uma forma muito desigual no tamanho das cidades; praticamente metade da população mundial vive em cidades com mais de 500 mil habitantes.

A renda per capita influenciou o período de urbanização dos países, que começou mais rapidamente nos países de renda mais elevada e deve ser mais rápido agora nos países de renda mais baixa.

A urbanização é maior na América do Norte e na América Latina, em torno de 80% da população, com a Europa vindo em seguida, com 74%. A urbanização é menor na África abaixo da região do Saara, 38%, e na Ásia, 48%, vindo logo depois o Norte da África, com 52%.

Além disso, 90% da população rural vive na África e na Ásia, regiões que, até 2050, deverão responder por 90% do crescimento da população urbana mundial. O mesmo estudo prevê que, em 2030, 60% da população viverá nas cidades e, em 2050, essa taxa será de 68%, quando o mundo deverá ter 43 megacidades, com mais de 10 milhões de habitantes, a maioria delas nas regiões em desenvolvimento.

Cerca de 80% do crescimento da urbanização até 2050 ocorrerá nas regiões de menor renda e, infelizmente, em áreas mais sujeitas a desastres ambientais e mais vulneráveis às mudanças climáticas, aumentando a desigualdade social.

4.7.2 Cidades Inteligentes

Com os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, em praticamente todas as áreas do conhecimento, as cidades passaram a dispor de moradias mais baratas,

seguras e salubres, na esteira de uma maior oferta de empregos, com um número crescente de funções e um real crescimento do alcance, da qualidade e da quantidade de serviços públicos demandados e oferecidos.

No entanto, mesmo com esses avanços, a qualidade de vida nas cidades ainda é ruim. Com a urbanização desordenada, os municípios não conseguem atender às necessidades básicas da população, causando, ou aumentando, problemas sociais e ambientais, como o desemprego, a criminalidade, a favelização e a poluição do ar e da água.

Um melhor uso das tecnologias é necessário, e isso é possível com a evolução observada nas tecnologias de informação e comunicação (TICs), em especial na inteligência artificial.

As cidades inteligentes e sustentáveis são aquelas que utilizam tecnologias avançadas para melhorar a qualidade de vida das pessoas e tornar a gestão municipal mais eficiente e eficaz. A inteligência artificial é uma dessas tecnologias, capaz de transformar as cidades em lugares mais inteligentes e conectados.

Uma das primeiras experiências de cidades inteligentes ocorreu na cidade de Los Angeles, na Califórnia, Estados Unidos, em um projeto que teve início no final da década de 1960. Nessa época, o Escritório de Análise de Comunidade (Cabla, 1974) começou a utilizar bancos de dados (uma das principais subáreas da computação), análise de agrupamentos (uma das principais subáreas da estatística e da computação, em particular, da IA) e fotografias aéreas em infravermelho para extrair, armazenar e gerenciar dados e gerar relatórios sobre a demografia dos bairros e a qualidade das habitações. O principal objetivo desse projeto era melhor direcionar recursos públicos para evitar pragas e combater a pobreza na cidade.

4.7.3 Cidades Inteligentes no Brasil

A partir de 1950, o inchaço urbano, por conta da migração da população para a periferia das cidades em busca de oportunidades apresentadas pelo processo de industrialização, vem provocando uma concentração desigual de recursos e serviços e, em alguns casos, o crescimento sem um planejamento eficaz, o que leva a

problemas de mobilidade urbana, ambientais e socioeconômicos (moradia e emprego).

Como nas diferentes regiões do mundo, no Brasil a urbanização também ocorreu de forma desigual. Segundo o IBGE (2023), a região mais urbanizada do Brasil é o Sudeste, onde 93% dos habitantes vivem nas cidades. O Nordeste, embora concentre o maior número relativo de municípios, possui 73% de sua população nas cidades, sendo a região menos urbanizada do país.

4.7.4 Plataforma inteli.gente

Fundamentado no Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, que instituiu o Plano Nacional de Internet das Coisas, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) lançou em 2019 a Câmara das Cidades 4.0, em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR - atual Ministério das Cidades - MCID). A Câmara das Cidades 4.0 foi criada com o objetivo de ser um fórum técnico e colaborativo para ampliar e discutir a política pública de cidades inteligentes no Brasil, e conta com a colaboração da academia, do setor privado, de entidades representativas dos Estados e Municípios e da Sociedade Civil Organizada.

Um dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da Câmara das Cidades 4.0, e que está ancorado nas diretrizes da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, foi a plataforma inteli.gente que diagnostica o nível de maturidade em transformação digital e desenvolvimento urbano sustentável das cidades brasileiras.

Para orientar as cidades brasileiras em gestão e governança para a transformação digital e o desenvolvimento sustentável, foi criada em 2019, por demanda do MCTI, a plataforma inteli.gente, uma ferramenta para gestão e governança, on-time, online, para que os 5.570 municípios brasileiros pudessem obter diagnósticos e recomendações para transformação digital e desenvolvimento sustentável.

4.7.5 Rede Iara

Como parte da Estratégia Brasileira de IA, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e o Comitê Gestor da Internet (CGI.br) lançaram em 2021 uma chamada

pública nacional para a seleção dos primeiros centros de pesquisa aplicada em inteligência artificial (CPA-IA) a serem apoiados pelo governo federal. As áreas dos centros deveriam ser agronegócios, cidades inteligentes, indústrias ou saúde. Na área de cidades inteligentes, foi selecionada a rede Inteligência Artificial Recriando Ambientes (Iara). A rede Iara foi proposta com o apoio de cerca de 40 instituições de ciência e tecnologia (ICTs) nacionais, distribuídas em 21 estados nas cinco regiões do país, com o apoio de empresas, cidades brasileiras e ICTs do exterior.

O IARA funciona como uma rede, agregando pesquisadores de todas as regiões do Brasil, organizados em nós ou subsedes, localizados em diversas instituições de ciência, tecnologia e inovação.

“A principal premissa do IARA é estimular a criação de cidades inclusivas e sustentáveis, em forte consonância com os objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pelas Nações Unidas. Para isso, preconizamos o uso responsável dos modelos de Inteligência Artificial, de forma ética, justa, não preconceituosa e transparente”, explica Carvalho.

4.7.6 Experiências com IARA

O primeiro projeto de cidades inteligentes e sustentáveis da rede Iara foi a cidade de Canaã dos Carajás, no Pará, sede da maior mina de ferro do mundo. A prefeitura de Canaã dos Carajás, preocupada com o futuro da cidade após o final da extração de minério de seu subsolo, havia decidido utilizar parte dos royalties recebidos da mineração em um fundo de desenvolvimento sustentável, que deveria ser utilizado para diversificar a economia do município e melhorar a qualidade de vida de sua população. No projeto com Canaã, a rede desenvolveu ferramentas baseadas em IA para aproximar o cidadão da gestão municipal e para abordar problemas do município nas áreas de educação, saúde, segurança e meio ambiente.

Outro projeto está sendo executado na cidade de Guarapuava, no Paraná, na área de saúde para a prevenção e o diagnóstico precoce de doenças raras e complexas. Para isso, está sendo implantado um laboratório capaz de monitorar por 15 anos a saúde de 4.500 pessoas, coletando dados clínicos, de dieta e de atividades físicas.

5. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um modelo de plataforma com a utilização de IA em conjunto com técnicas de

Geoprocessamento, integrada com outros sistemas e banco de dados já utilizados na administração pública, possibilitando gerar informações e previsões mais detalhadas para ajudar o gestor e administrador público na tomada de decisões mais rápidas e precisas sobre o planejamento urbano e seu monitoramento.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Criar rotinas específicas utilizando ferramentas de geoprocessamento: Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto (SR), Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) e de novas tecnologias como Big Data e IA (Inteligência Artificial). Realizar a integração desses dados do geoprocessamento com o banco de dados da administração pública e da companhia de saneamento. Parametrizar esses dados com seus atributos para ser implementado num Big Data e no modelo de IA (Inteligência Artificial).

Criação de um protocolo único georreferenciado, onde serão registrados todos os serviços, obras e atendimentos realizados pelas secretarias e órgãos da administração dentro do seu município. Com a utilização desse cadastro único georreferenciado, integrado ao SIG, Big Data e IA, será possível gerar dados com indicadores para diversos diagnósticos, simulações de cenários, prever tendências, manchas urbanas, utilização do solo e diversas outras análises setoriais com filtros e relatórios específicos. Com o objetivo específico, de auxiliar os administradores e gestores públicos a realizar e acompanhar o planejamento urbano e melhorar significativamente a tomada de decisões, otimizar processos e fornecer soluções mais precisas e sustentáveis diante das demandas apresentadas.

6. ETAPAS DE EXECUÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROJETO

6.1 Padronização do banco de dados

Geralmente, nas prefeituras e nas companhias de saneamento de um município, são utilizados softwares diferentes para gestão, então torna-se necessário a padronização do banco de dados das secretarias da Fazenda e Tributação da prefeitura com o banco de dados da companhia de saneamento, referente aos seus logradouros, bairros, endereços com numeração dos contribuintes de IPTU e clientes da companhia de saneamento.

Um dos principais problemas de não se ter um banco de dados unificado com os dados do município são, logradouros com nomes diferentes ou abreviados, nomes de logradouros duplicados com o mesmo nome no mesmo bairro ou em bairros diferentes, logradouros que pertencem a dois bairros ou mais bairros, código numérico dos imóveis diferentes, delimitação dos bairros divergentes.

Outro problema muito comum é com relação ao nome do contribuinte do IPTU que está no cadastro da prefeitura não ser o mesmo que pertence ao consumidor da companhia de saneamento, e também que as companhias de saneamento fazem o registro da conta de água e esgoto dos seus consumidores no nome do inquilino e não fazem uma referência com o nome do proprietário real do imóvel.

Também existem situações em que onde a companhia de saneamento realiza ligações de água e esgoto em construções e domicílios que não estão com o seu cadastro de IPTU e código de numeração único na prefeitura.

Fazer essa padronização e limpeza desses dados é uma fase muito importante deste projeto. Após esses dados serem saneados e integrados, serão inseridos para alimentar o Big Data.

6.2 Geoprocessamento

6.2.1 Caso o município não disponha de um CTM mais recente da área de interesse, faz-se necessário a realização de uma nova aerofotogrametria e geração dos produtos cartográficos.

Para a realização do CTM, uma das etapas mais importantes desse processo, é a realização da aerofotogrametria da área urbana de interesse do município. A aerofotogrametria poderá ser realizada através de VANT (Drone) ou uma aeronave maior, desde que seja elaborada uma ortofoto com precisão de um GSD de 10 a 15 cm do polígono das áreas de interesse. Os principais produtos cartográficos a serem gerados através da aerofotogrametria e do seu processamento das imagens são:

- ✓ Mosaico de Ortofotos
- ✓ MDT – Modelo Digital de Terreno
- ✓ MDS – Modelo Digital de Superfície
    - ✓ Curvas de Nível

Após esses produtos serem gerados, deverá ser realizada a vetorização de bairros, quadras, lotes e edificações.

PARAMÉTRICA

Realizar o georreferenciamento geodésico com precisão centimétrica da fachada de todos os domicílios, lotes e edificações conjuntamente com a atualização cadastral através do seu BIC.

O objetivo deste georreferenciamento é para ter as coordenadas de latitude e longitude (lat., Long) para que seja geoespacializada a localização correta dos imóveis, lotes e edificações. Durante essa fase do georreferenciamento, será realizado também o registro fotográfico da fachada das residências, da calçada e a atualização cadastral com os dados do BIC.

> O CTM, quando adotado pelos municípios brasileiros, é o inventário territorial oficial e sistemático do município e é embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca. A parcela cadastral é a menor unidade do cadastro e é definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009).

> O CTM pode fornecer dados dos diferentes segmentos sociais, sendo de suma importância para vários níveis de planejamento urbano e rural. A multifinalidade é um processo evolutivo aberto, de integração gradativa dos diferentes temas e que deve ocorrer ao longo dos anos, tendo como referência o CTM (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009).

6.2.2 O SIG será o responsável pelos dados geoespaciais da área do município através da ortofoto e dos dados do CTM. Para cada entidade do solo de um município, deverá estar georreferenciado, atrelado com os seus atributos, como, por exemplo, a área do lote, área construída, dados da construção, fachada da residência, testada do lote, dentre outros. Então, todas as entidades do município, como, residências particulares, comerciais, industriais, governamentais, escolas, parques, postos de saúde, hospitais, UBS, CAPs, logradouros, quadras de futebol, etc. Todos estarão georreferenciados com coordenadas únicas e precisas, onde será possível visualizar em tempo real no SIG. A ortofoto gerada na fotogrametria será inserida no SIG com uma das baselayers para que os usuários possam manusear, trabalhar com uma visualização mais precisa. Também serão disponibilizadas como base layers do SIG as imagens online do Google.

O SIG deverá ser em plataforma WEB e estar integrado com o banco de dados já padronizado da prefeitura e da companhia de saneamento. O objetivo do SIG ser em

plataforma WEB é para ter possibilidade de ser acessado por todas as secretarias, autarquias e departamentos através da internet e não ter que depender de infraestrutura de rede local, onde na maioria das vezes torna-se complexo e dispendioso realizar devido às distâncias de localização de todos os órgãos que deverão estar interligados. O ambiente de acesso ao SIG deverá possuir login e senha para seu acesso e estar em ambiente com infraestrutura de internet segura e protegida.

Todos esses dados do georreferenciamento e da atualização cadastral serão inseridos no Big Data.

6.2.3 Com a utilização do SR - Sensoriamento Remoto, através de técnicas de classificação de imagens, nesses processos, vários tipos de classes são normalmente associados a diferentes formas de cobertura das terras, como florestas, pastagens, áreas urbanas, corpos d'água, construções, dentre outros.

Com análise temporal de um conjunto de imagens (ortofoto, satélite, Google), da área urbana e distritos do município/cidade, através de métodos de processamento e classificação, pode-se identificar as mudanças que ocorreram em uma determinada área, como as alterações do uso do solo, por exemplo, o crescimento urbano.

Com o modelo de IA(Inteligência Artificial) implementado, utilizando o mecanismo de AM(Aprendizado de Máquina), com a implementação de algoritmos, como o Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), K-Nearest Neighbor (kNN) e Artificial Neural Networks (ANN), será possível realizar a classificação das imagens quanto aos elementos urbanos para gerar mapas referentes a essas para análises dos resultados. Ainda permitirá desenvolver mecanismos de análise dos históricos para identificar comportamentos e gerar alertas.

6.3 Integrações

Integrar, de forma transparente, o sistema de informação geográfica (SIG) e Big Data com os sistemas legados, relevantes para os serviços da administração da prefeitura. Para integrar dados de diferentes sistemas legados utilizados na gestão

pública, serão utilizadas APIs e Web Services, permitindo que a plataforma do SIG e Big Data se comuniquem com bancos de dados.

Os dados relevantes dos sistemas legados serão parametrizados e integrados para alimentar o Sistema de Informações Geográficas (SIG), Big Data e o modelo de IA (Inteligência Artificial).

O uso de modernos processos da aerofotogrametria digital auxilia na integração através de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) e no relacionamento interno da Prefeitura, dado que o insumo dos trabalhos realizados não se aplica somente ao interesse da área tributária, mas também aos interesses de toda a gestão Municipal. Para alcançar esses objetivos da plataforma proposta, serão necessárias as seguintes integrações:

6.3.1 Integração dos dados das secretarias

Secretaria de Fazenda e Tributação

Possibilitará ao setor a atualização do cadastro imobiliário, elaboração do cadastro georreferenciado mobiliário, atualização da Planta Genérica de Valores (PGV) e na gestão financeira municipal georreferenciada, através do monitoramento dos cadastros imobiliários e mobiliários, incidência de equipamentos públicos, e demais dados que incidem sobre o cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano – (IPTU). Ser usada para otimizar o planejamento de zonas urbanas, ajudando a determinar o melhor uso do solo de forma eficiente e sustentável. Atualização do Plano Diretor Urbano (PDU), através da simulação de diferentes cenários de urbanização e os impactos de políticas públicas, como a construção de novas infraestruturas, alterações nas zonas de uso ou expansão de áreas residenciais. Identificação de áreas que não estão sendo utilizadas conforme o planejado, como ocupações irregulares.

Secretaria de Infraestrutura e Urbanismo

Possibilitará o cadastro georreferenciado dos equipamentos públicos relacionados ao setor, bem como o georreferenciamento das obras municipais, cadastro de conservação, postes, lâmpadas, vias de transmissão de energia (rede de energia),

vias de transmissão de dados (fibra óptica), facilitando a manutenção dos equipamentos que cabem à municipalidade. Através da atualização cadastral, poderá vincular dados pertinentes à gestão de desenvolvimento urbano, bem como do desenvolvimento do perímetro ocupado, edificado e parcelado, e, também auxiliará na produção de estudos e projetos oriundos das definições do PDM municipal. A atualização cadastral fomenta o controle da expansão da malha urbana não oficial e proporciona medidas de controle, é possível indução às ferramentas urbanísticas existentes no PDM.

Através do modelo proposto, será possível fazer análise de acessibilidade com a identificação de lacunas na infraestrutura de transporte e serviços públicos, propondo melhorias com base em dados geoespaciais. Análise da eficiência energética do consumo de energia e identificação de áreas para a implementação de soluções sustentáveis. Analisando dados geoespaciais, os planejadores podem identificar áreas que necessitam de melhorias em infraestrutura, como água, esgoto e eletricidade. O sensoriamento remoto pode ajudar a identificar áreas com pouca cobertura de espaços verdes, informando o planejamento de parques e áreas de lazer.

Secretaria de Planejamento

Através do SIG (Sistema de Informação Geográfica) em conjunto, interligado com o CTM e tributação, possibilitará atualização e verificação da aplicação do PDM, bem como o surgimento de novas medidas de planejamento e gestão do Perímetro Urbano Municipal.

A atualização vai agilizar os procedimentos de consulta e liberação de informações cruzadas a partir dos dados nele contidos, como foto e georreferenciamento, com a legislação vigente, referente a zoneamento, macrozonas etc.

Auxílio na avaliação de novas implantações de ações assistenciais e emergenciais; auxílio no desenvolvimento das ações conjuntas com o Corpo de Bombeiros Municipal e Estadual.

Através do CTM será possível fazer o mapeamento e auxiliar na produção de estudos e medidas com a finalidade de Regularização Fundiária do solo municipal, bem como no levantamento da situação das áreas e bairros (irregulares e regulares).

Com a utilização de IA para prever onde o crescimento urbano é mais provável, ajudando a orientar o planejamento de infraestrutura. Projetar cenários futuros, com simulações de diferentes cenários de desenvolvimento, avaliando impactos em áreas urbanas e rurais. Analisando dados geoespaciais, os planejadores podem identificar áreas que necessitam de melhorias em infraestrutura, como água, esgoto e eletricidade. O sensoriamento remoto pode ajudar a identificar áreas com pouca cobertura de espaços verdes, informando o planejamento de parques e áreas de lazer.

Secretaria de Saúde

Com o cadastro georreferenciado dos equipamentos públicos relacionados ao setor, como pacientes, colaboradores, e na gestão da saúde (origem de pacientes, focos endêmicos mediante análise espacial relacionada às incidências no atendimento), rotas e pontos de atendimento do Saúde da Família, etc.

A atualização da ortoimagem poderá vir a ser agente facilitador do trabalho de fiscalização das equipes de Vigilância Sanitária e Zoonoses, além de outras atuações de vistoria e ação in loco.

Possibilitará a realização do cadastro georreferenciado e melhor forma de gerir os projetos e equipamentos públicos relacionados ao setor, como beneficiários (bolsa família, cadastro único, etc.), análise da abrangência dos equipamentos sócio assistenciais, histórico de rota ou pontos atendidos pelos assistentes sociais em campo, etc.

Através de análises do Big Data em conjunto com o cadastro único georreferenciado, será possível realizar análises de tipos de doenças predominantes em determinadas áreas e regiões. Fazer mapas com manchas de pessoas vacinadas, principais doenças por idade, número e tipo de atendimento realizado em

cada UBS, UPA, hospitais, número de óbitos por tipo de doença, dentre outros tipos de filtros e análises possíveis.

Secretaria de Educação

Possibilitará realizar o cadastro georreferenciado dos equipamentos públicos relacionados ao setor, além do estudo sobre as áreas abrangentes de seus equipamentos. Auxílio no estudo sobre as rotas de transporte escolares.

Com a integração dos dados geolocalizados da moradia dos alunos, poderá ser realizada análise de ocupação das escolas para avaliar a densidade populacional e identificar áreas superlotadas ou subutilizadas. Áreas com alta densidade podem ser priorizadas para melhorias em infraestrutura e serviços públicos. Auxiliar também no estudo sobre as rotas de transporte escolares e a quantidade necessária.

Secretaria de Transporte e Mobilidade

Através dos algoritmos de IA, em conjunto com as informações de geolocalização, via GPS, dos veículos utilizados para o transporte público e também dos veículos utilizados para atendimento de serviços em geral para a população, permitirá a secretaria fazer análises, que podem prever os padrões de mobilidade, identificando áreas com alta demanda de transporte e sugerindo melhorias em infraestrutura de transporte.

O planejamento de sistemas de transporte urbano também se beneficia do uso combinado de IA e geoprocessamento, alimentados por dados de geoprocessamento através de sensores IOT, e câmeras via telemetria podem analisar o tráfego em tempo real, ajustando os semáforos, otimizando rotas e reduzindo congestionamentos.

Secretaria de Meio Ambiente

Possibilitará o controle e gestão das áreas destinadas à preservação ambiental, além do cadastro de equipamentos públicos relacionados ao setor, como parques urbanos e áreas públicas destinadas à preservação. Possibilitará realizar o cadastro georreferenciado das propriedades rurais e suas respectivas atividades e dos equipamentos públicos relacionados à área rural.

Sensores inteligentes (IOT) e modelos de IA podem monitorar a análise de dados sobre qualidade do ar, água e solo, identificando áreas com maior poluição e permitindo que o planejamento urbano se adapte para mitigar esses problemas, permitindo intervenções mais rápidas.

Através do SR, identificar e monitorar mudanças no uso do solo, como desmatamento ou expansão desordenada, utilizando imagens de satélite e outros dados geoespaciais.

Secretaria de Desenvolvimento Social, Habitação e Defesa Civil

Possibilitará a realização do cadastro georreferenciado e melhor forma de gerir os projetos e equipamentos públicos relacionados ao setor, como beneficiários (bolsa família, cadastro único, etc.), análise da abrangência dos equipamentos sócio assistenciais, histórico de rota ou pontos atendidos pelos assistentes sociais em campo, etc. Auxílio na avaliação de novas implantações de ações assistenciais e emergenciais; auxílio no desenvolvimento das ações conjuntas com o Corpo de Bombeiros Municipal e Estadual.

Através do CTM e do SR, será possível fazer o mapeamento e auxiliar na produção de estudos e medidas com a finalidade de Regularização Fundiária do solo municipal, bem como no levantamento da situação das áreas e bairros (irregulares e regulares).

Através de sensores remotos localizados integrados com o SIG e Big Data, podem ser usados para identificar áreas vulneráveis a desastres naturais, como enchentes ou deslizamentos, e seu impacto no uso do solo. Isso auxilia na criação de estratégias para evitar ocupações em áreas de risco.

6.3.2 Integração com a Companhia de Saneamento

Como os dados do cadastro da prefeitura já foram unificados e parametrizados com os dados dos consumidores (clientes) da companhia de saneamento, já estarão cadastrados, georreferenciados e integrados com o SIG e Big Data, então, serão disponibilizados os dados e os atributos dos seus clientes, como o nome, endereço e

quais serviços a companhia de saneamento disponibiliza para aquele cliente, como, RDA (Rede de Distribuição de Água), RCE (Rede Coletora de Esgoto), Drenagem e coleta de resíduos sólidos e ou coleta seletiva. A companhia de saneamento terá também todas as suas redes RDA, RCE, com todos os seus atributos e rota de coleta de resíduos, georreferenciadas e inseridas no SIG. Com essa integração operando, toda ligação de água e esgoto que for realizada pela companhia será refletida no SIG e no Big Data. As principais ocorrências atendidas, como falta de água, esgoto entupido, água suja, vazamento de água, dentre outros, serão registradas no cadastro único georreferenciado todos esses dados.

A companhia de saneamento também terá acesso aos dados do cadastro da prefeitura, permitindo fazer análises através da plataforma de número e tipo de ocorrência georreferenciada em determinado bairro ou rua, dentre outros. Permitirá também realizar manchas urbanas com o tipo de serviço mais solicitado em uma determinada região. Fazer análises do consumo total de água e correlacionar com a previsão do planejamento urbano e a tendência de crescimento da população em determinada região para que possa já projetar infraestrutura necessária para atendimento. Com o acesso à plataforma, poderá consultar as obras de infraestrutura que estão sendo realizadas e projetadas pela prefeitura, como loteamentos, asfaltamento de ruas, etc. Fazer análise cruzada geolocalizada de números de ocorrências de atendimento médico por diarreia ou outro tipo de distúrbio funcional que poderá ter sido provocado por água contaminada ou locais sem redes de água tratada, ou sem rede de coleta de esgoto, ou coleta de lixo.

6.4 Definição do modelo de Protocolo Único Georreferenciado (PUG)

Para que o modelo do processo proposto neste projeto seja alimentado corretamente com as informações das secretarias e órgãos da prefeitura e da companhia de saneamento, de forma que venha a atender a dinâmica do fluxo para que o SIG, BD, IA possam ter parâmetros relacionais, é proposta a unificação da entrada dessas informações.

Para alcançar esse objetivo, será necessária a implantação de um cadastro único georreferenciado conforme já descrito, onde através de um formulário único

georreferenciado que será disponibilizado pela plataforma para toda a administração, integrado com os sistemas legados, Big Data, SIG e IA. Com a coleta online dos dados relevantes determinados e parametrizados por cada secretaria, órgãos e companhia de saneamento neste formulário de protocolo único georreferenciado, será possível registar qualquer tipo de prestação de atendimento e ou serviços disponibilizados e ou realizados pela administração para os seus munícipes. Esse formulário deverá ser preenchido com as informações obrigatórias exigidas.

Sendo assim, através deste formulário de protocolo único que será disponibilizado pela plataforma, deverá ser preenchido pelas secretarias, órgãos e companhias de saneamento. Esses dados essenciais, com os principais campos e atributos a serem preenchidos, como nome do morador, endereço, numeração e bairro e o tipo de atendimento e/ou serviço prestados pela prefeitura, serão de extrema importância para que o sistema proposto possa ser alimentado com seu Big Data, SIG e IA, para que produzir os relatórios, as análises, as simulações e propor ações.

Como a base de dados já foi unificada, parametrizada e georreferenciada para serem utilizados pelas secretarias, órgãos da prefeitura e da companhia de saneamento, não haverá cadastro com dados discrepantes e geolocalização errada.

Como os sistemas legados da prefeitura estarão interligados com o Big Data e o SIG, será gerada uma coordenada georreferenciada com latitude e longitude daquele local onde foi prestado o serviço ou atendimento, e imediatamente essas informações com seus atributos serão lançadas no Big Data.

Neste formulário de protocolo único georreferenciado, será parametrizado por cada secretaria com os dados relevantes dos serviços que foram prestados, executados para os seus munícipes em forma de checkbox, por exemplo:

Secretaria de Saúde

Nome da Instituição:

Nome do paciente:

Endereço:

Tipo de prestação de serviços e ocorrência atendida:

- ☐ Consulta médica
- ☐ Internação
- ☐ Cirurgia
- ☐ Tipo de doença:
- ☐ Gripe
- ☐ Covid
- ☐ Garganta inflamada
- ☐ Pressão alta
- ☐ Doença cardíaca
- ☐ Urologia
- ☐ Pediatria
- ☐ Vacinação
- ☐ Diarreia

Secretaria de infraestrutura e urbanismo

Endereço do local da prestação do serviço:

Tipo de prestação de serviços:

- ☐ Asfaltamento
- ☐ Calçamento
- ☐ Manutenção de calçamento
- ☐ Instalação de meio fio,
- ☐ Construção de passeio
- ☐ Limpeza de logradouro
- ☐ Reparo de Iluminação pública
- ☐ Construção de novas Benfeitorias
- ☐ Reformas em infraestruturas existentes

Secretaria de educação

Nome da Instituição de Ensino:

Endereço:

- ☐ Pública
- ☐ Particular

- ☐ Grau de instrução do ensino da escola
- ☐ Horário de funcionamento
- ☐ Número total de alunos matriculados
- ☐ Número total de alunos matriculados por classe
- ☐ Nota média mensal por classe
- ☐ Número de reprovações
- ☐ Número de alunos com evasão escolar
- ☐ Fornecimento de merenda escolar

Companhia de Saneamento

Nome:

Endereço:

Tipo de serviço fornecido:

- ☐ Rede de água tratada,
- ☐ Rede de coleta de esgoto,
- ☐ Coleta de lixo
- ☐ Consumo médio mensal de água
- ☐ Número de ocorrências de falta de água
- ☐ Número de ocorrências de esgoto entupido
- ☐ Número de ocorrências de água suja

Secretaria de Meio Ambiente

Nome:

Endereço:

Tipo de Serviço:

- ☐ Licenciamento ambiental
- ☐ Poda de árvore
- ☐ Medição de ruído

- ☐ Coleta de amostra
- ☐ Autuação
- ☐ Multa
- ☐ Inspeção

Secretaria de Desenvolvimento Social, Habitação e Defesa Civil

Nome:

Endereço:

Tipo de prestação de serviços:

- ☐ Cesta Básica
- ☐ Bolsa Família
- ☐ Cadastro Único
- ☐ Conselho Tutelar
- ☐ Centro Especializado em Assistência Social – CREAS
- ☐ Centro de Assistência Social – CRAS
- ☐ Departamento de Habitação

Segurança Pública (Guarda Municipal - Polícia Militar)

Nome:

Endereço:

Tipo de prestação de serviços:

- ☐ Vandalismo
- ☐ Agressão física
- ☐ Uso de drogas
- ☐ Briga familiar
- ☐ Perturbação sonora
- ☐ Roubo
- ☐ Crime
- ☐ Depredação do patrimônio público

- ☐ Agressão e lesões infantis

Esses são alguns exemplos de campos com os dados que poderão ser configurados por cada secretaria e autarquias a serem fornecidos através do formulário. Como a plataforma será modularizada, essa configuração ficará a critério de cada secretaria da prefeitura, município, estabelecer quais os dados mais relevantes para análises. Logicamente, alguns dados serão obrigatórios para que o sistema seja alimentado.

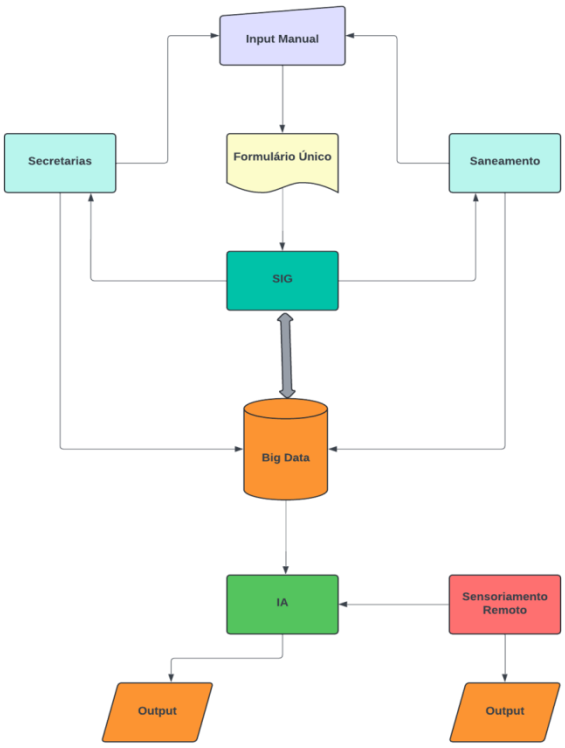
6.5 Implementação dos modelos de IA (Inteligência Artificial).

A proposta para implementação do modelo de IA (Inteligência Artificial) é utilizar os modelos já existentes e testados no mercado como: AM (Aprendizado de Máquina), com a implementação de algoritmos, como o Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), K-Nearest Neighbor (kNN) e Artificial Neural Networks (ANN), Deep Learning ou Processamento de Linguagem Natural (PLN). A IA pode ser usada para criar soluções personalizadas para diferentes regiões e contextos urbanos, levando em consideração as necessidades específicas de cada local. A escolha do modelo ideal depende de vários fatores, incluindo a natureza dos dados, o objetivo da análise e os recursos computacionais disponíveis. É comum usar uma combinação de modelos para aproveitar as forças de cada um, criando um sistema robusto de análise que pode fornecer insights valiosos para o planejamento urbano. Além disso, é importante garantir que os dados estejam bem pré-processados e limpos antes da aplicação dos modelos de IA.

8. Fluxograma de integração da plataforma, Big Data, SIG, SR e IA.

Para o funcionamento e operação da plataforma, é proposto o seguinte fluxograma para alimentar o Big Data, SIG, IA e SR:

Figura 8 – Fluxograma de dados



Fonte: Autor

8.1 Geração de dados iniciais

Após as integrações já realizadas dos softwares legados e com o input dos primeiros dados para alimentação do Big Data, SIG e IA, já poderemos gerar algumas informações relevantes para análises iniciais, antes mesmo da utilização do cadastro/protocolo único georreferenciado.

Através da compilação e parametrizações desses dados iniciais no SIG, podemos gerar vários outputs como, por exemplo: mapas temáticos e relatórios de, densidade demográfica por bairros, índice sócio econômico, renda per capita, número e tipo de domicílios por bairro; ocupação e uso do solo, número de ocorrências de atendimentos pelas UPAS, UBS , hospitais, por bairro, densidade de alunos por tipo de escola, número de domicílios com abastecimento de água tratada, número de domicílios com coleta de esgoto sanitário, abrangência da rota de coleta de lixo, focos de descarte irregular de lixo, rotas de ônibus escolar, número de imóveis comerciais, residenciais, industriais, dentre outros.

Com a geração dessas primeiras informações através de relatórios, já será possível verificar e analisar algumas ocorrências, fazer algumas simulações que serão úteis. Também serão úteis para que possamos analisar os erros que foram produzidos e fazer uma revisão das integrações e de seus parâmetros. Além de gerar um primeiro diagnóstico do município.

Após essa primeira análise, vamos iniciar a calibração da utilização do modelo de protocolo único georreferenciado com uma carga inicial gerada para testes por cada secretaria e departamento da prefeitura para certificar a integração e efetividade das rotinas dos bancos de dados e do SIG, Big Data e modelo de IA.

8.2 Geração dos Dados do Sensoriamento Remoto

Com a utilização das imagens no modelo proposto do sensoriamento remoto com as análises a serem realizadas pelo SIG em conjunto com ferramentas de IA pretendemos gerar as seguintes informações iniciais para serem utilizadas no planejamento urbano: classificação de cobertura e uso do solo urbano, análise de aptidão do uso do solo, estudos socioeconômicos urbanos, inferência populacional urbana, planejamento e gestão de transporte urbano, mobilidade regional e dispersão urbana, epidemiologia e saúde pública em áreas urbanas, microclima e qualidade de vida urbana, desastres naturais e vulnerabilidade ambiental, modelagem dinâmica espacial de uso do solo urbano.

As imagens a serem utilizadas pelo sensoriamento remoto, serão oriundas de uma pesquisa a ser realizada do banco de imagens dos principais satélites disponíveis para aquela região de um determinado município. Essa análise será realizada levando em consideração alguns critérios, dentre eles, banda espectral, qualidade da imagem, resolução, escala e temporalidade, para atender os propósitos a serem alcançados para geração das aplicações definidas, podendo ser utilizadas imagens de mais de um satélite a depender da região. Deve-se atentar para verificar principalmente a disponibilidade de imagens no catálogo da plataforma do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Também, verificar os dados disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) através do Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil. Poderão ser utilizadas também imagens de ortofotos com boa Distância de Amostragem no Terreno (GSD), geradas

através de imageamento realizado por drones ou aeronaves tripuladas, e MDT e MDS gerados por Lidar (Light Detection and Ranging). Pode-se analisar, dependendo do contexto, a utilização de imagens atuais do Google Satélite para comparações e atualizações de expansão urbana.

9. Conclusões e Considerações Finais

Para um gerenciamento mais eficiente das áreas urbanas, as tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica, sensoriamento remoto, aerofotogrametria digital, Big Data, Inteligência Artificial são tecnicamente viáveis para serem utilizadas para o planejamento urbano.

Com o implemento do projeto proposto de utilização do cadastro/protocolo georreferenciado unificado integrado com as outras tecnologias de geoprocessamento, pretende-se dar mais otimização e atualização constante de todos os dados envolvidos na administração pública para uma constante análise e geração de dados mais precisos, objetivando um planejamento urbano mais assertivo.

Conclui-se que os sistemas baseados em IA podem prever cenários futuros e criar soluções urbanas mais adequadas às necessidades da população, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e acessível, a sinergia entre sensoriamento remoto, SIG e big data. Ou seja, a integração de Inteligência Artificial com o Geoprocessamento transforma a maneira como as cidades são planejadas e geridas, oferecendo um grande potencial para transformar o planejamento urbano, tornando-o mais inteligente, permitindo um desenvolvimento urbano mais inteligente, sustentável e adaptado às necessidades da população. Essa integração não só melhora a eficiência do planejamento urbano, mas também promove uma maior resiliência às mudanças e desafios urbanos.

Um dos grandes desafios desse projeto é que nem todas as cidades ou administrações públicas possuem o geoprocessamento da cidade, o que pode limitar a implementação dessas tecnologias. Outro ponto é que a precisão dos resultados depende da qualidade e da atualização constante dos dados geoespaciais utilizados.

A análise inteligente de dados geoespaciais permite otimizar recursos e minimizar desperdícios durante o planejamento e execução de projetos urbanos.

REFERÊNCIAS

Amaral, H. N., & Gasparotto, A. M. S. (2021). Inteligência Artificial: o uso da robótica na indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica, 18(1), 474-486.

AMORIM, Amilton; DA SILVA VICTORINO, Priscila; MALAMAN, Carolina Scherrer. Cadastro territorial multifinalitário como instrumento de apoio aos estudos de sustentabilidade urbana. Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, v. 2, jul./dez., p. 1-18, 2011.

AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos Aurélio; JULIÃO, Rui Pedro. Cadastro e gestão territorial: uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios. São Paulo: Unesp, 2018.

Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, DOI: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_40758

Badin, E., Bordignon, M., & Agosti, C. (2017). Inteligência artificial aplicada ao ensino de expressões algébricas: sistema tutor inteligente PAT2Math. Unoesc & Ciência-ACET, 8(1), 61-68.

BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos; BRETAS, Nazaré Lopes. Infraestrutura de Dados Espaciais e Participação Cidadã. In: MOURA, Ana Clara Mourão (Org.). Tecnologias de Geoinformação para Representar e Planejar o Território Urbano. Rio de Janeiro: Interciência, 2016. p. 03-21.

BRANDÃO, Carlos. Território e Desenvolvimento: as múltiplas escalas entre o local e o global. 2 ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2012.

e-Acadêmica, v. 4, n. 2, e2642485, 2023 (CC BY 4.0) | ISSN 2675-8539 | DOI: http://dx.doi.org/10.52076/eacad-v4i2.485

PARAMÉTRICA

Dos Reis, D. A. S., dos Reis, J. V. A., & Duarte, M. A. V. Um exemplo de aplicação da programação linear a uma fábrica de rações.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil.

Kaufman, D. (2019). A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana? Estação das letras e cores EDI.

Kurkdjian, M. L. N. PEREIRA, N. M. O Desenvolvimento das Geotecnologias e suas Aplicações no Planejamento Urbano e Plano Diretor. REVISTA INFOGEO, Curitiba-PR, Edição Especial: Cidades, nov. 2006.

Lee, K. F. (2019). Inteligência artificial. Globo Livros.

Martins, G. D. A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação cientifica. São Paulo: Atlas, 143-164.

Melo, G. (2020). Inteligência artificial, gestão empresarial e o futuro do trabalho no Brasil. Mundo Livre: Revista Multidisciplinar, 6(2), 160-183.

Oliveira, E. L. C. (2021). Inteligência Artificial e a Decisão Judicial Automatizada. Leya.

McCulloch, Warren S. e Walter Pitts: A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The bulletin of mathematical biophysics, 5(4):115–133, dezembro 1943, ISSN 1522-9602. https://doi.org/10.1007/BF02478259, acesso em 2019-11- 22. 1.

Oliveira, E. L. C. (2021). Inteligência Artificial e a Decisão Judicial Automatizada. Leya.

Oliveira, L. A. B. D. (2019). Indústria 4.0: a quarta revolução industrial.

Revista USP • São Paulo • n. 141 • p. 81-90 • abril/maio/junho 2024.

Sakurai, R., & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica, 15(2), 480-491.

Solomonoff, Raymond J: An inductive inference machine. Em IRE Convention Record, Section on Information Theory, volume 2, páginas 56–62, 1957. 1

Shoham, Yoav, Raymond Perrault, Erik Brynjolfsson, Jack Clark, James Manyika, Juan Carlos Niebles, Terah Lyons, John Etchemendy e Barbara Grosz: The AI Index 2018 Annual Report. Relatório Técnico, AI Index Steering Committee, dezembro de 2018. https://aiindex.org, acesso em 2019-11-21. 1

Vieira, I. M. Planejamento Municipal e Planos Diretores: A Geotecnologia como Aliada. REVISTA INFOGEO, Curitiba-PR, Edição Especial: Cidades, nov. 2006.