



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS TRINDADE

**MAPEAMENTO AÉREO DA REGIÃO DO CAMPUS TRINDADE: UMA
ANÁLISE DO CRESCIMENTO URBANO**

**Eduardo Oliveira Gomes da Silva
Marcos Paulo Soares Rezende
Rosiane Ferreira da Costa**

TRINDADE, 2024



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS TRINDADE

MAPEAMENTO AÉREO DA REGIÃO DO CAMPUS TRINDADE: UMA ANÁLISE DO CRESCIMENTO URBANO

Eduardo Oliveira Gomes da Silva
Marcos Paulo Soares Rezende
Rosiane Ferreira da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
em Engenharia de Computação, orientado pelo
Prof. Dr. Adson Rocha, aprovado em ___.

TRINDADE, 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S586m Silva, Eduardo Oliveira Gomes da.

Mapeamento aéreo da região do campus Trindade: uma análise do crescimento urbano. / Eduardo Oliveira Gomes da Silva; Marcos Paulo Soares Rezende; Rosiane Ferreira da Costa. – Trindade, GO: IF Goiano, 2024.

23 f. : il. color.

Orientador: Dr. Adson Rocha.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Trindade, Bacharelado em Engenharia de Computação, 2024.

1. Redes neurais (Computação). 2. Mapeamento digital. 3. Crescimento urbano. I. Rocha, Adson. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 314.04

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução	6
Objetivos	7
Justificativa e Relevância	7
Metodologia	9
1. Levantamento bibliográfico	9
2. Processamento de Dados	9
3. Análise Integrada	10
Resultados	12
Discussão	15
Conclusão	16
Referências	18
Viabilidade de Execução	20
Anexo	21

Resumo

O presente estudo investiga o impacto da construção de Instituições Federais de Ensino (IFEs) no crescimento urbano e desenvolvimento socioeconômico das regiões, utilizando o Instituto Federal Goiano (IF Goiano) – Campus Trindade como estudo de caso. A hipótese central é que a implantação de uma IFE promove mudanças significativas no urbanismo e na economia local. A metodologia combina técnicas avançadas de mapeamento aéreo, redes neurais convolucionais (U-Net) e processamento de imagens de satélite, integrando dados geoespaciais para análise detalhada das transformações espaciais no intervalo de 2013 a 2024. Os resultados obtidos sugerem que, com o aumento de camadas na rede neural convolucional (U-Net), há melhorias significativas na precisão e na média Dice, uma métrica amplamente utilizada para avaliar a qualidade da segmentação. A média Dice mede a similaridade entre as regiões segmentadas pelo modelo e as áreas reais de referência. Com seis camadas, alcançou-se um valor de 46,238%, indicando um desempenho satisfatório na detecção e delimitação das áreas urbanizadas. Este progresso permitiu detectar e quantificar o crescimento urbano na região, corroborando com a hipótese de que o IF Goiano impulsionou a expansão urbanística e o desenvolvimento local. Além disso, foi identificado um crescimento urbano significativo, acompanhado de benefícios econômicos e sociais, como maior geração de empregos e valorização do comércio local. A pesquisa contribui para o debate sobre o papel dos IFEs no desenvolvimento regional, demonstrando a relevância de sua implantação em áreas remotas. Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas para o planejamento urbano sustentável, fundamentadas em análises quantitativas e qualitativas robustas. Em seu desenlace, o estudo destaca a importância de inovações metodológicas, como o uso de inteligência artificial, para avançar na compreensão dos impactos socioeconômicos de instituições educacionais.

Palavras chave: “rede neural convolucional”, “segmentação de telhados”, “mapeamento aéreo”, “desenvolvimento urbano” e “software de desenvolvimento urbano”.

Abstract

This study investigates the impact of the construction of Federal Educational Institutions (IFEs) on urban growth and socioeconomic development in their respective regions, using the Federal Institute of Goiás (IF Goiano) – Campus Trindade as a case study. The central hypothesis is that the establishment of an IFE promotes significant changes in urbanization and the local economy. The methodology combines advanced aerial mapping techniques, convolutional neural networks (U-Net), and satellite image processing, integrating geospatial data for a detailed analysis of spatial transformations from 2013 to 2024. The results suggest that increasing the number of layers in the convolutional neural network (U-Net) leads to significant improvements in accuracy and the Dice coefficient, a widely used metric to evaluate segmentation quality. The Dice coefficient measures the similarity between regions segmented by the model and actual reference areas. With six layers, a value of 46.238% was achieved, indicating satisfactory performance in detecting and delineating urbanized areas. This progress enabled the detection and quantification of urban growth in the region, supporting the hypothesis that IF Goiano drove urban expansion and local development. Furthermore, significant urban growth was identified, accompanied by economic and social benefits, such as increased job creation and enhanced local commerce. The research contributes to the debate on the role of IFEs in regional development, demonstrating the importance of their establishment in remote areas. The findings underscore the need for public policies aimed at sustainable urban planning, supported by robust quantitative and qualitative analyses. In conclusion, the study highlights the importance of methodological innovations, such as the use of artificial intelligence, in advancing the understanding of the socioeconomic impacts of educational institutions.

Keywords: “convolutional neural network,” “roof segmentation,” “aerial mapping,” “urban development,” and “urban development software.”

Introdução

O processo de urbanização é uma dinâmica complexa que envolve a expansão física e o desenvolvimento socioeconômico das regiões (Jacobi, 2006). Instituições de ensino superior, como institutos politécnicos, podem impulsionar mudanças urbanas e socioeconômicas criando empregos e aumentando a renda, particularmente em regiões mais desfavorecidas (Natário, 2014).

Diante desse contexto, este estudo se propõe a testar a seguinte hipótese: A construção de uma Instituição Federal de Ensino (IFE) contribui, significativamente, para o crescimento urbano de uma região, promovendo desenvolvimento urbanístico e socioeconômico em áreas adjacentes. A investigação será realizada na região do Instituto Federal Goiano (IFGoiano) – *Campus* Trindade, analisando o impacto da instituição no desenvolvimento urbanístico da área. Dessa forma, o estudo buscará confirmar ou refutar a hipótese com base em dados empíricos, garantindo uma análise imparcial e robusta.

A sua relevância se respalda na observação de que os Institutos Federais de Educação (IFEs) são projetados para interagir com suas comunidades, promovendo o desenvolvimento local por meio do foco na educação profissional e na pesquisa que atenda às necessidades regionais (Silva, Nonato e Spink, 2023). A investigação, no entanto, também considera a possibilidade de que esses efeitos sejam menos expressivos ou inexistentes no contexto analisado.

No caso específico do IFGoiano – *Campus* Trindade, é crucial determinar até que ponto sua presença contribuiu, ou não, para o desenvolvimento urbano e a melhoria da qualidade de vida na região. Para averiguar essa hipótese, será desenvolvido um *software* de mapeamento aéreo, utilizando imagens de satélite e técnicas avançadas de processamento de imagens. A análise será realizada com a coleta e integração de dados geoespaciais, bem como, o desenvolvimento de algoritmos de inteligência artificial e a validação dos resultados.

A metodologia a ser adotada inclui um levantamento criterioso da literatura, a coleta de imagens de satélite, o desenvolvimento de algoritmos de processamento de imagens e a integração de dados qualitativos e quantitativos. A abordagem permitirá verificar se a hipótese proposta será confirmada ou invalidada. Fornecendo, deste modo, uma base científica para a análise das transformações espaciais decorrentes da construção do *Campus*. Nesse sentido, o presente trabalho não está restrito apenas às contribuições do conhecimento acadêmico, mas, sobretudo, à oferta de subsídios práticos para gestores urbanos e decisores políticos.

Objetivos

Objetivo Geral:

Desenvolver e aplicar um *software* para o mapeamento aéreo e análise do crescimento urbano na região do IFGoiano – *Campus* Trindade. Tendo como propósito, averiguar se a construção da Instituição Federal de Ensino impactou significativamente na expansão urbanística e no desenvolvimento da área adjacente.

Objetivos Específicos:

- Desenvolver um *software* para a análise urbana de imagens de satélite, que facilite a identificação e o mapeamento de áreas urbanizadas e da infraestrutura existente;
- Coletar e integrar dados geoespaciais da região do IF Goiano - *Campus* Trindade, incluindo imagens de satélite e outras fontes relevantes, de modo a permitir a avaliação objetiva do impacto urbano;
- Desenvolver algoritmos e técnicas de processamento de imagens, cuja finalidade reside em identificar áreas urbanizadas e analisar o padrão de desenvolvimento. De forma a verificar, se após a construção do *Campus* houve uma expansão significativa da área urbanizada;
- Integrar técnicas de modelagem e projeção para estimar o potencial de expansão urbana após a construção do IFGoiano - *Campus* Trindade, considerando variáveis tais como crescimento geográfico, políticas públicas e fatores econômicos;

Justificativa e Relevância

A região do IFGoiano – *Campus* Trindade tem experimentado um processo de urbanização que, à primeira vista, parece estar relacionado à construção e consolidação da instituição federal de ensino. Todavia, esse suposto crescimento urbano acelerado ainda precisa ser rigorosamente avaliado, especialmente, para determinar se há uma correlação significativa entre a presença da instituição e o desenvolvimento urbanístico local (Jacobi, 2006).

Anteriormente, a aquisição de informações de características em imagens de sensoriamento remoto se restringiu ao método tradicional de interpretação visual manual, que,

por sua vez, é moroso e restringe o desenvolvimento e a aplicação de imagens de alta resolução (Wang, Kong e Zhang, 2022). Diante do exposto, as redes neurais convolucionais (RNC), que são modelos de aprendizado profundo especialmente eficazes no processamento de imagens, têm demonstrado grande potencial na detecção e classificação de objetos urbanos. Essas redes utilizam camadas convolucionais para identificar padrões em imagens, como forma, cor e textura, o que as torna ferramentas ideais para análises urbanísticas. No presente estudo, as RNC foram implementadas na forma de uma rede U-Net, ajustada para segmentar imagens aéreas e identificar áreas urbanizadas com precisão, possibilitando a análise das transformações espaciais e o mapeamento do crescimento urbano ao redor do IFGoiano – Campus Trindade, superando métodos tradicionais e facilitando a análise do crescimento urbano em áreas densamente povoadas (Chamma et al., 2021).

Neste cenário, este trabalho se justifica, mediante a necessidade de averiguar se a instalação de instituições de ensino superior em áreas anteriormente pouco desenvolvidas ou ainda em estágios iniciais de urbanização, é capaz de provocar transformações urbanas significativas. O *locus* de investigação deste trabalho reside, portanto, em investigar os meios pelos quais o IFGoiano – *Campus* Trindade contribui para os impactos do processo de urbanização da região, os quais serão destacados a partir dos pontos propostos.

Embora as instituições de ensino superior sejam frequentemente vislumbradas enquanto motores de desenvolvimento econômico e social, atraindo investimentos, promovendo inovação e estimulando o mercado de trabalho local, é primordial inquirir qual o lugar que o *Campus* Trindade ocupa nesta percepção. Com este propósito, buscaremos fornecer subsídios acadêmicos através dos quais, verificaremos de que formas a instituição em questão se associa ao desenvolvimento urbano. E do mesmo modo, quais fatores desempenham papéis mais determinantes.

O uso de tecnologias avançadas de mapeamento aéreo e processamento de imagens de satélite, que, por sua vez, visam monitorar o crescimento urbano, permitirá uma análise precisa das transformações espaciais. Assim, para além de averiguar a hipótese deste trabalho, corrobora, sobretudo, para o avanço metodológico no campo do planejamento urbano. Proporcionando, assim, uma compreensão eficaz tanto dos impactos quanto da ausência destes no processo de instalação do *Campus*.

Em consequência disto, este estudo visa contribuir para o conhecimento científico, bem como a tomada de decisões e o impacto econômico e social decorrentes do processo de urbanização da instituição elencada. Aprimorando, assim, o debate acadêmico acerca dos efeitos das instituições de ensino no desenvolvimento urbano, bem como, os subsídios

práticos para gestores urbanos e, por conseguinte, elaborações de políticas públicas. Esperamos, portanto, corroborar para a percepção das maneiras pelas quais o planejamento deve ser ajustado em proveito do desenvolvimento urbano sustentável, mediante estudos científicos.

Metodologia

1. Levantamento bibliográfico

Como metodologia, inicialmente, realizamos um levantamento bibliográfico da literatura existente, com o objetivo de identificar estudos relevantes sobre mapeamento aéreo e crescimento urbano. E do mesmo modo, informações relacionadas à região do Instituto Federal Goiano - *Campus* Trindade. A revisão engloba bases de dados acadêmicos e fontes pertinentes, a exemplo das imagens aéreas de satélite. Nosso propósito reside em inquirir e, por conseguinte, reunir um *corpus* significativo e atualizado a despeito de como a construção do *campus* influenciou o crescimento urbano da região.

Dentre os critérios de seleção, o levantamento foi elaborado a partir de um caráter quali-quantitativo, utilizando-se de cinco bases de dados científicos, quais sejam: *Google Scholar*, *Scielo*, *CAPEL*, *Arxiv* e *Scispace*. Os artigos elencados correspondem ao recorte temporal de 2014 a 2024, visto que a estrutura U-Net foi proposta por Ronneberger, Fischer e Brox (2015), em maio de 2015. A busca perpassou termos como “rede neural convolucional”, “segmentação de telhados”, “mapeamento aéreo”, “desenvolvimento urbano” e “*software* de desenvolvimento urbano”.

2. Processamento de Dados

O *Google Earth Pro* (GEP) é uma plataforma dedicada à análise de dados geográficos atuais e históricos. Durante a inquirição, foram selecionadas doze imagens no período de 2013 a 2024. As datas definidas no *Google Earth Pro* (GEP), para exportação de imagens históricas, foram selecionadas aproximadamente no mês de setembro de cada ano. A plataforma GEP foi empregada com o propósito de obter imagens de maneira padronizada e com alta resolução, cuja finalidade reside em aumentar a precisão na classificação da cobertura do solo (Vizzari, Parracciani e Gigante, 2023). Esse processo é essencial para eliminar possíveis interferências que não foram filtradas inicialmente, uma vez que *pixels*

contaminados por nuvens podem afetar a qualidade espectral dos dados. A vista disso, a seleção pormenorizada das imagens se faz crucial para evitar as contaminações em questão.

Detectar algo pode, a princípio, parecer uma tarefa corriqueira, limitada à identificação da localização de um objeto de interesse. No entanto, reconhecer um elemento específico pode exigir operações complexas, semelhantes às necessárias para sua extração completa. A exemplo dos telhados de edificações, que possuem atributos variados, como formato geométrico, tamanho, cor e textura. A qualidade da extração depende diretamente da eficácia do processo de detecção. Assim, quanto mais precisa for a detecção de um elemento, maior será o nível de detalhe, bem como a qualidade dos processos posteriores de reconstrução e descrição (Polidorio, 2007).

Em seguida, foi desenvolvido um *software* para segmentação de imagens aéreas. A ferramenta utiliza algoritmos de inteligência artificial, treinados com um amplo volume de imagens aéreas, as quais estão disponíveis publicamente, para identificar e classificar as pegadas de construções. A configuração do *software* foi ajustada para otimizar os resultados, sem pressupor que a expansão urbana ocorreu de maneira significativa após a construção do *campus*. Permitindo, assim, a análise objetiva da presença ou ausência de mudanças na paisagem urbana.

O desenvolvimento do *software* resultou, além do mais, em imagens dotadas de pontos geográficos específicos. Tendo como desdobramento, a delimitação da área mapeada. Quais sejam:

- Latitude - 16°40'37.78"S
- Longitude - 49°29'5.61"O
- Altitude do ponto de visão - 847m

O *software* desenvolvido aplicou ainda técnicas de processamento digital de imagens, baseadas em aprendizado de máquina profundo, para transformar imagens brutas em métricas quantitativas, as quais, incluem o índice de crescimento urbano e a expansão de áreas construídas. Além disso, a revisão dos artigos científicos selecionados para este estudo contribuiu para uma análise quantitativa com enfoque contextual.

3. Análise Integrada

O agente inteligente do *software* empregou algoritmos para detectar e quantificar mudanças nas pegadas de construções e na infraestrutura urbana. Esse processo foi utilizado para aferir com precisão tanto a expansão territorial quanto às modificações no ambiente

construído. Consentindo, deste modo, a comparação entre a situação antes e depois da construção do *Campus*.

Os resultados quantitativos e qualitativos foram integrados para formar uma visão profícua acerca da presença ou ausência de impacto do IF Goiano – *Campus* Trindade no desenvolvimento urbano. A plataforma desenvolvida consentiu a visualização interativa dos dados. Facilitando a interpretação das tendências urbanísticas e da ocorrência ou ausência de transformações.

Utilizamos como *hardware* para o treinamento as seguintes configurações do computador:

1. Windows 10 22H2
2. Processador AMD EPYC 7402 2800Mhz
3. Memória Ram 128GB
4. HD-SSD 512 GB
5. Nvidia Geforce RTX 2070 SUPER 8GB

Os *softwares* utilizados para o treinamento são os seguintes:

1. Visual Studio Code
2. PyTorch versão 2.5
3. Python 3.12.7
4. CUDA versão 12.1
5. Driver cuDNN Versão 9.5
6. Dataset Massachusetts
7. Dataset Alabama
8. GitHub
9. Rede HED-U-Net

No primeiro treinamento foi utilizado o conjunto de dados *Inria Aerial Image Labeling Dataset* e a rede neural *HED-U-Net* (Heidler et al., 2022), disponível no GitHub a partir do link contido nas referências. Durante a etapa inicial de treinamento, foi utilizada a rede neural HED-U-Net com o conjunto de dados Inria Aerial Image Labeling Dataset. No entanto, devido à incompatibilidade entre os formatos de imagem utilizados no dataset e as imagens obtidas para este estudo, foi necessário desenvolver e treinar uma rede U-Net para realizar as análises.

Para contornar essa incompatibilidade, buscamos outras redes neurais, entretanto, não foi possível encontrar um algoritmo específico para a questão problema tratada neste estudo. Diante disso, foi construído a estrutura da rede neural *U-Net*, a qual foram realizados testes

com quatro, cinco e seis camadas de convolução. O código construído está disponível no repositório do GitHub, o qual pode ser acessado através do link contido nas referências.

Resultados

Inicialmente, foi utilizado o conjunto de dados Inria Aerial Image Labeling Dataset em conjunto com a rede neural HED-U-Net para treinamento, que perdurou por quatro dias. Os resultados foram satisfatórios dentro do próprio dataset de validação, apresentando uma precisão acima do esperado. Todavia, ao aplicar a rede neural às imagens do IFGoiano – Campus Trindade, foi constatada uma incompatibilidade entre os formatos de imagem. Enquanto o conjunto de dados utilizava o formato GeoTIFF, as imagens obtidas pelo Google Earth Pro estavam em formatos diferentes, inviabilizando a continuidade do uso da HED-U-Net para este estudo devido à complexidade na conversão de imagens históricas para o formato necessário.

Diante dessa limitação, optou-se pelo desenvolvimento de uma rede neural do modelo U-Net, inicialmente configurada com quatro camadas convolucionais, devido à simplicidade computacional e à intenção de validar a abordagem com uma estrutura mais leve. Contudo, a pesquisa evidenciou a necessidade de expansão para seis camadas, o que resultou em melhorias significativas nas métricas de desempenho, como a Média Dice e o Recall. O Recall, em particular, avalia a capacidade do modelo de identificar corretamente as áreas relevantes em uma imagem, minimizando falsos negativos. Esses resultados são detalhados na Tabela 1:

Tabela 1 - Precisão do modelo por quantidade de camadas

Método	Camada	Parâmetros	Recall (%)	Precisão (%)	Média Dice (%)
U-Net	4	31.044.489	8,5%	50,3%	5,0%
U-Net	5	121.690.369	34,921%	40,193%	35,017%
U-Net	6	486.633.705	40,658%	43,051%	46,238%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A alteração realizada, sugere que o aumento da quantidade de camadas na rede *U-Net* é acompanhado pela precisão, porém aumenta também o custo computacional para treinamento. Por esta razão, é inviável realizar testes com mais camadas convolucionais. O Gráfico 1, mostra como a quantidade de parâmetros aumenta exponencialmente, ao passo em que, a quantidade de camadas convolucionais é expandida.

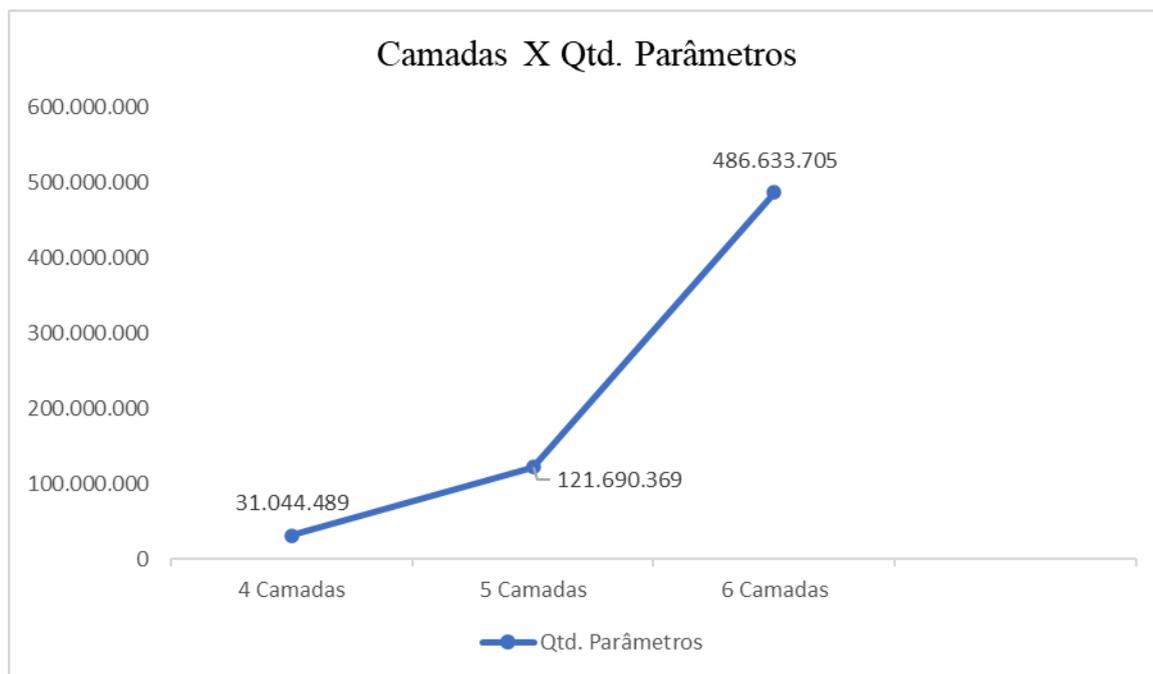


Gráfico 1 - Quantidade de Parâmetros por Camadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O aumento de camadas da rede *U-Net* está associado à melhora na taxa de precisão. Todavia, para que isso ocorra é necessário amplificar a quantidade de camadas *max-pooling* e a qualidade e quantidade dos dados de treinamento (Ronneberg et al., 2015).

O treinamento com seis camadas revelou uma precisão média de 43,051% e 46,238% na média Dice, métricas utilizadas para avaliar o desempenho do modelo na segmentação das imagens, considerando o período de 2013 a 2024. Embora os valores de precisão possam parecer baixos em relação a padrões ideais, eles são considerados aceitáveis devido à complexidade das imagens utilizadas, que apresentam variações significativas em resolução e qualidade. Esses valores estão alinhados com outros estudos que utilizam segmentação urbana em imagens de satélite (Chamma et al., 2021).

Com base nos valores de precisão apresentados na Tabela 2 para os anos de 2013 (39,84%) e 2024 (47,50%), o crescimento urbano foi calculado utilizando a coluna "% real de construção" no anexo tabela 2, que representa as áreas efetivamente segmentadas e validadas. Foi identificado um aumento de 19,06% no percentual de áreas urbanizadas entre esses dois anos. Esse resultado é corroborado pelos valores reais obtidos a partir da segmentação manual, que indicam um crescimento de 19,85%, revelando uma taxa de acerto geral de 96,02%. Apesar de os anos intermediários apresentarem taxas de acerto menos expressivas, o desempenho geral é considerado satisfatório. As figuras abaixo ilustram a performance do modelo para os anos de 2013 e 2024, respectivamente.

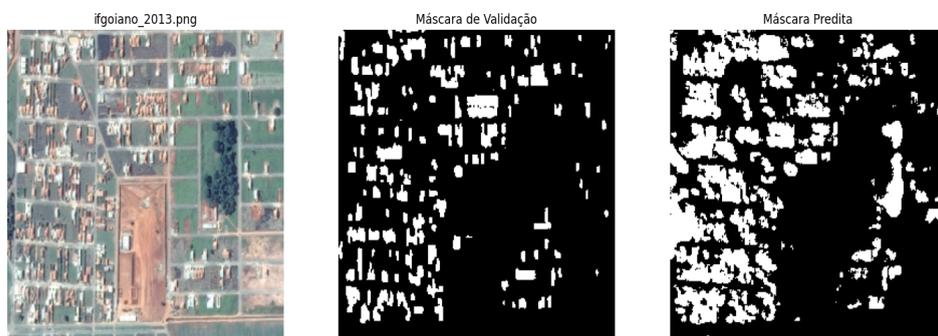


Figura 1 - Região do IFGoiano em 2013, modelo obteve uma taxa de acerto de 39,84%. Fonte: Os Autores.



Figura 2 - Região do IFGoiano em 2024, o modelo obteve uma taxa de acerto de 47,50%. Fonte: Os Autores.

O resultado predito pela rede *U-Net*, revela que para obter o valor de crescimento da região, foi constatado o percentual de áreas identificadas como construções e realizado o seguinte cálculo, conforme a fórmula abaixo:

$$(I_2 * Precisão_2) - (I_1 * Precisão_1)$$

Onde, I_1 e I_2 é definido como a porcentagem de construções preditas nas imagens do Instituto Federal Goiano em 2013 e em 2024, respectivamente, e $Precisão_1$ e $Precisão_2$ é a taxa de acerto nas respectivas imagens. O resultado da equação acima, corroborou para a obtenção do índice de crescimento urbano da região do Instituto Federal entre os anos de 2013 à 2024.

A obtenção dos respectivos dados revela que a presença da Instituição Federal de Ensino contribuiu, significativamente, para o crescimento urbano da região. Entretanto, este não deve ser considerado como o único fator determinante. A saber, as regiões comerciais, centros turísticos e outras atividades econômicas próximas à região, concorrem igualmente para o desenvolvimento urbano. Todavia, estas não integram o escopo dessa pesquisa.

Discussão

Os resultados obtidos com a simulação indicam um crescimento significativo na região, correspondente ao percentual de 19,06%, calculado com base nos dados de segmentação automática validados por segmentação manual, conforme detalhado nos resultados. Esse crescimento foi constatado pela análise comparativa das imagens aéreas dos anos de 2013 e 2024, utilizando métricas como a precisão e a média Dice para avaliar a expansão das áreas urbanizadas ao redor do Instituto Federal. Embora o estudo tenha se concentrado exclusivamente na área de influência direta do IFGoiano – Campus Trindade, sem comparações diretas com outros setores, os resultados sugerem um aceleração do processo de urbanização impulsionado pela presença da instituição.

Maria (2014) destaca que o investimento pelo Estado no financiamento de institutos educacionais gera consideráveis movimentações financeiras locais, o que está em consonância com os achados deste estudo. Essa discussão reforça a necessidade de análises econômicas detalhadas sobre o impacto da implantação de Institutos Federais, abrangendo tanto os benefícios econômicos quanto intelectuais. Essas instituições criam condições favoráveis de aprendizagem e capacitação de pessoas, como apontam Silva, Nonato e Spink (2023), contribuindo para o desenvolvimento sustentável das regiões onde estão inseridas.

De acordo com Wang (2022), a aquisição de informações de características em imagens de sensoriamento remoto depende do método tradicional de interpretação visual manual, que, por sua vez, é lento, restringindo o desenvolvimento e a aplicação de imagens de

alta resolução. Após Ronneberger et al. (2015) propor a U-Net, inúmeros trabalhos foram difundidos e aperfeiçoados, incluindo o tratamento de imagens em alta resolução, a adoção de mais camadas de convolução, bem como técnicas como **batch normalization** (IOFFE; SZEGEDY, 2015) e **DropBlock** (GHASEMI; NALINI, 2018), que melhoram o desempenho e a robustez da rede.

Durante o levantamento bibliográfico, foram analisados diversos trabalhos sobre a aplicação de redes neurais U-Net, com destaque para aqueles voltados à segmentação de imagens em áreas urbanas e áreas correlatas, como o estudo de Ronneberger, Fischer e Brox (2015), que apresentou a estrutura inicial da U-Net, e o trabalho de Chamma et al. (2021), que demonstrou sua eficácia na classificação de telhados urbanos a partir de imagens de satélite. Esses estudos foram indispensáveis para a construção de uma base estrutural sobre o funcionamento da U-Net e para a adaptação de sua aplicação ao contexto deste estudo.

Além disso, pesquisas específicas sobre técnicas de ajuste de hiperparâmetros, como o uso de camadas adicionais e funções de ativação adequadas, contribuíram para otimizar a implementação da rede no processamento das imagens da região do IFGoiano – Campus Trindade. Essas referências foram essenciais para compreender e aplicar as melhores práticas de segmentação, garantindo que o modelo desenvolvido estivesse alinhado às especificidades dos dados analisados e aos resultados esperados.

Além disso, a ampliação das palavras-chave como “impacto socioeconômico do Instituto Federal”, ajudaram com o desenvolvimento da pesquisa, assinalando, que percorremos os caminhos almejados. Ademais, Natário (2014) destaca que, a expansão de novos Institutos Federais acarreta inúmeros benefícios, tais como: a geração de empregos, maior acessibilidade ao ensino para estudantes de regiões remotas e a valorização do comércio local.

Conclusão

O escopo desta pesquisa reside em investigar o crescimento urbano em torno da construção de um Instituto Federal situado na região de Trindade-GO. Os resultados obtidos assinalam que a sua implantação é valorosa, considerando-se que impactou positivamente no crescimento urbano da região. Ainda que esteja localizado em uma região afastada da cidade, propiciou considerável crescimento urbanístico e econômico da região.

As etapas do estudo revelaram assertividades e inúmeros desafios. A abordagem metodológica com o uso de redes neurais convolucionais, demonstrou ser eficiente na identificação de mudanças urbanas. No decurso da pesquisa, várias limitações foram encontradas, a exemplo da incompatibilidade inicial do formato de imagens e a necessidade de desenvolver uma rede neural própria. Para tanto, a expansão da rede U-Net para seis camadas se mostrou eficaz para alcançar maior precisão, validando o modelo desenvolvido.

Além do mais, eventos como a valorização do desenvolvimento local, o esforço para alinhar suas iniciativas com os contextos produtivos, sociais e culturais, associados com a criação de técnicas e tecnologias sociais, o estímulo à pesquisa aplicada, ao empreendedorismo e ao cooperativismo. Além da autonomia e flexibilidade para estabelecer cursos, esses elementos representam aspectos que atendem amplamente às características descritas.

Por outro lado, os Institutos Federais (IFEs) enfrentam desafios relacionados à identidade organizacional, muitas vezes devido à diversidade de suas áreas de atuação, que abrangem desde o ensino técnico até a pesquisa de ponta, o que pode gerar conflitos na definição de prioridades institucionais. Além disso, os desafios na formação docente incluem a necessidade de capacitar professores para lidar com essa diversidade de funções, promovendo tanto a excelência acadêmica quanto a formação prática de estudantes, enquanto se ajustam a diferentes contextos regionais e demandas locais.

Todavia, os IFEs manifestam avanços significativos graças à gestão autônoma, que permite maior flexibilidade na integração de ensino, pesquisa e extensão. Esse modelo confere aos IFEs um potencial mais robusto para promover desenvolvimento local e atender às demandas específicas de suas comunidades do que outras universidades brasileiras.

Não obstante, o presente estudo possibilitou elucidar a complexidade inerente à análise de impacto urbano. Embora tenha ficado evidente o crescimento urbano ao redor do IFGoiano – Campus Trindade, fatores como políticas públicas, contexto socioeconômico e iniciativas locais precisam ser considerados como variáveis adicionais que influenciam esse processo. Assim, a pesquisa em questão confirmou a hipótese de que os Institutos Federais promovem desenvolvimento, ao passo em que assinala a necessidade de estudos complementares que aprofundem a análise desses fatores.

No âmbito do planejamento urbano e socioeconômico, os resultados apresentados demonstram a aplicabilidade de redes neurais no estudo de urbanização, propondo uma abordagem inovadora para monitorar o impacto de grandes empreendimentos educacionais em áreas menos desenvolvidas. Além disso, os achados oferecem subsídios concretos para

gestores e formuladores de políticas públicas, destacando que, embora os Institutos Federais desempenhem um papel relevante como catalisadores de desenvolvimento, uma série de outros fatores, como políticas públicas abrangentes, contextos socioeconômicos locais, infraestrutura existente e iniciativas privadas, também deve ser considerada. Por fim, o estudo ressalta a importância de metodologias híbridas, que integram dados quantitativos e qualitativos, para compreender de forma abrangente os impactos de empreendimentos educacionais no cenário urbano.

A pesquisa sugere, deste modo, a continuidade dos estudos em duas frentes principais: a primeira é o aprimoramento das técnicas de análise urbana, ampliando o uso de redes neurais e explorando dados geoespaciais profícuos e detalhados; a segunda é a realização de estudos comparativos com outras regiões que receberam Institutos Federais, buscando identificar padrões e particularidades no impacto socioeconômico e urbanístico. O objetivo é fortalecer o papel estratégico dessas instituições no planejamento e na revitalização de regiões, promovendo um desenvolvimento que seja, ao mesmo tempo, inclusivo e sustentável.

Diante do exposto, assinalamos a importância de estudos que considerem as especificidades regionais de cada IFEs. É indispensável desenvolver iniciativas que demonstrem não somente os valores dos novos institutos, mas, sobretudo, promovam a revitalização das instituições já existentes. O objetivo deve ser não apenas alcançar um crescimento pontual, mas fomentar um desenvolvimento sustentável e de longo prazo para as regiões atendidas.

Referências

- CHAMMA, Willian Douglas Sbitkowski et al. **Aprendizado de máquina aplicado em imagens de satélite para classificação de telhados** *Machine learning applied to satellite imagery for rooftop classification*. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 7, p. 72558-72576, 2021.
- DOS SANTOS, Leonardo Rodrigues Julio; SCARPEL, Rodrigo A.; HABERMANN, Mateus. **Pré-Processamento de Imagens Aéreas Videográficas a Partir de Imagens Geradas por Satélites**.
- GHIASI, G.; LIN, T. Y.; LE, Q. V. **Dropblock: a regularization method for convolutional networks**. In: *ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS*. Proceedings... 31. 2018.
- HEIDLER, Konrad et al. **HED-U-Net: Combined segmentation and edge detection for monitoring the Antarctic coastline**. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, v. 60, p. 1-14, 2021.
- IOFFE, S.; SZEGEDY, C. **Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift**. *arXiv preprint*, arXiv:1502.03167, 2015.
- JACOBI, Pedro. **Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana**. Revista de Ciências Sociais, n. 25, p. 115-134, 2006.
- KHDLR. **HED-UNet**. 2022. Disponível em: <<https://github.com/khdlr/HED-UNet>>. Acesso em: 25 nov. 2024.
- MAGGIORI, Emmanuel et al. **Can semantic labeling methods generalize to any city? the inria aerial image labeling benchmark**. In: 2017 IEEE International geoscience and remote sensing symposium (IGARSS). IEEE, 2017. p. 3226-3229.
- MARCO PAULOSR. **Unet Building Detect**. 2024. Disponível em: <<https://github.com/MarcosPauloSR/unet-building-detect>>. Acesso em: 25 nov. 2024.
- NATÁRIO, Maria Manuela et al. **Impacto socioeconómico do Instituto Politécnico da Guarda na economia local**. Pecunia: revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, n. 18, p. 151-177, 2014.
- POLIDORIO, Airton Marco. **Detecção de elementos da paisagem urbana em imagens aéreas multiespectrais**. 2007. 178 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2007.
- RONNEBERGER, Olaf; FISCHER, Philipp; BROX, Thomas. **U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation**. In: **Medical image computing and computer-assisted intervention–MICCAI 2015: 18th international conference, Munich, Germany, October 5-9, 2015, proceedings, part III 18**. Springer International Publishing, 2015. p. 234-241..

SILVA, L. S. DA et al. **Mapeamento e classificação da mancha urbana da cidade de Feira de Santana-BA com uso de imagens SENTINEL-2 e aprendizagem de máquina.** Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 05, 2023.

VIZZARI, Marco; PARRACCIANI, Cecilia; GIGANTE, Daniela. **Enhanced Map Composition and Diachronic Land Cover Classification of Landsat Data in Google Earth Engine.** In: International Conference on Computational Science and Its Applications. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 289-299.

WANG, Yao; KONG, Jiayuan; ZHANG, Hesheng. **U-Net: A Smart Application with Multidimensional Attention Network for Remote Sensing Images.** Scientific Programming, v. 2022, n. 1, p. 1603273, 2022.

ZANOTTA, Daniel Capella; FERREIRA, Matheus Pinheiro; ZORTEA, Maciel. **Processamento de imagens de satélite.** Oficina de Textos, 2019.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python Language Site: Documentation.** Disponível em: <<https://www.python.org/doc/>>. Acesso em: 20 de out. de 2024.

PYTORCH SOFTWARE FOUNDATION. **Pytorch Site: Documentation.** Disponível em: <<https://pytorch.org/docs/2.5/>>. Acesso em 20 de out. de 2024.

NVIDIA. **Cuda Toolkit 12.1.** Disponível em <<https://developer.nvidia.com/cuda-12-1-0-download-archive>>. Acesso em 20 de out. de 2024.

NVIDIA. **cuDNN 9.5.** Disponível em <<https://developer.nvidia.com/cudnn-downloads>> . Acesso em 20 de out. 2024.

KAGGLE. **Massachusetts Building Dataset.** Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/balraj98/massachusetts-buildings-dataset>>. Acesso em 20 de out. 2024.

KAGGLE. **Alabama Buildings Segmentation.** Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/meowmeowplus/alabama-buildings-segmentation/data>> . Acesso em 20 de out. 2024.

Viabilidade de Execução

A viabilidade de execução deste Trabalho de Conclusão de Curso é sustentada por diversos fatores que garantem a exequibilidade do projeto. *A priori*, a disponibilidade de recursos tecnológicos é um ponto crucial. O acesso a tecnologias avançadas de processamento de imagens de satélite e ferramentas de desenvolvimento de software é essencial para a execução das análises necessárias. Além disso, há a disponibilidade de imagens de satélite gratuitas ou de baixo custo, como as oferecidas pelo *Google Earth* e de bases de dados geoespaciais que são vitais para a coleta de informações.

Outro fator a ser considerado é o conhecimento técnico necessário para a realização do projeto. A equipe de desenvolvimento contou com profissionais e estudantes com habilidades em desenvolvimento de *software*, processamento de imagens e análise geoespacial. A formação contínua é garantida por cursos e treinamentos disponíveis em universidades e plataformas de ensino *online* sobre temas relacionados, como inteligência artificial, geoprocessamento e análise de dados.

A metodologia proposta incluiu um levantamento criterioso da literatura, com acesso a bibliotecas digitais e bases de dados acadêmicas para fundamentação teórica. O desenvolvimento de algoritmos foi realizado utilizando tanto algoritmos já existentes e adaptados quanto novos algoritmos específicos para o projeto. A validação dos resultados obtidos pelo *software* foi realizada por meio de comparação com métodos manuais. Assegurando, precisão e confiabilidade.

O tempo de execução foi desafiador. Para tanto, estabelecemos um cronograma detalhado para cada fase do projeto, incluindo levantamento da literatura, desenvolvimento de *software*, coleta e processamento de dados e análise dos resultados. E do mesmo modo, prazos exequíveis foram definidos para cada etapa, haja vista a disponibilidade de recursos e o conhecimento técnico.

Anexo

Tabela 2

Imagem	Precisão	Recall	Dice	% de Construção	% real de Construção
ifgoiano_2013	0,3984	0,773	0,5258	25,28	12,83
ifgoiano_2014	0,6037	0,4081	0,487	9,77	14,20
ifgoiano_2015	0,5401	0,2989	0,3849	9,01	16,11
ifgoiano_2016	0,4977	0,4978	0,4977	18,05	17,80
ifgoiano_2017	0,3508	0,2229	0,2726	11,11	17,19
ifgoiano_2018	0,2834	0,0971	0,1446	6,52	18,68
ifgoiano_2019	0,3589	0,0412	0,0739	2,37	20,30
ifgoiano_2020	0,4379	0,3191	0,3692	15,41	20,76
ifgoiano_2021	0,4388	0,6682	0,5297	35,19	22,70
ifgoiano_2022	0,3852	0,8063	0,5214	55,31	25,94
ifgoiano_2023	0,3962	0,5309	0,4538	36,57	26,78
ifgoiano_2024	0,475	0,8851	0,6183	61,32	32,68

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cronograma de Execução

Lista de Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Revisão de literatura		P	F									
2. Desenvolvimento inicial do software			P	P	F							
3. Coleta de dados geoespaciais e imagens			P	P	F							
4. Análise preliminar dos dados					P	P	F					
5. Implementação de algoritmos de processamento							P	P	F			
6. Testes iniciais e ajustes do software								P	P	F		
7. Desenvolvimento de métricas do crescimento									P	P F		
8. Integração de técnicas de modelagem										P	P F	
9. Análise integrada de dados										P	P F	
10. Validação do software											P F	
11. Preparação da apresentação e relatório final											P F	
12. Apresentação do TCC												F

Legenda: “P” significa “Previsto” e “F” significa “Finalizado”

Fonte: Elaborado pelos autores.