

## AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA POR MEIO DE FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IV-010>

Yuri Figueredo de Albuquerque Fernandes Sertório de Souza (\*), Ana Cláudia Ueda, Andrea Sartori Jabur, Fábio Kurt Schneider

\* Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba, Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba – PR. [fabioks@utfpr.edu.br](mailto:fabioks@utfpr.edu.br)

### RESUMO

A expansão urbana desordenada acarreta problemas nas cidades, como enchentes, acúmulo de resíduos sólidos e também impactos ambientais e na qualidade de vida da população. A utilização de ferramentas de processamento de imagem constitui atualmente um avanço tecnológico de grande valia, uma vez que torna possível a avaliação de grandes áreas e também de áreas de difícil acesso. Desta forma, foram selecionadas inicialmente duas regiões conhecidas do município de Apucarana – PR para aplicar o processamento das imagens obtidas pelo Google Earth Pro para avaliar possíveis impactos ambientais nos locais e no seu entorno no período de 2005 a 2024. Resultaram da aplicação da ferramenta figuras do tipo “mapas de calor” que mostram a diferença entre os mapas de diferentes anos. É possível observar diferenças com relação ao tipo de urbanização (mais dispersa ou mais concentrada) e também avaliar possíveis impactos ambientais nestas áreas que podem causar uma pressão excessiva em um sistema de barragens, por conta da redução da infiltração em solo e, conseqüentemente, aumento do escoamento superficial de águas pluviais.

**PALAVRAS-CHAVE:** expansão urbana, processamento de imagens, impactos ambientais.

### INTRODUÇÃO

A avaliação da expansão urbana é uma ferramenta essencial para a gestão das cidades tanto no que tange a questão de planejamento urbano quanto no que se refere ao cumprimento de requisitos legais de manutenção ambiental e preservação de recursos naturais. Além disso, a utilização de ferramentas de processamento de imagens constitui um ganho tecnológico importante, uma vez que imagens de satélite de alta resolução podem ser conseguidas em bases de dados e assim pode-se realizar a avaliação em grandes áreas e também áreas de difícil acesso. Ainda, a partir desta avaliação é possível também realizar um monitoramento ambiental de recursos hídricos, áreas de desmatamento, poluição de solos, entre outros.

### OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é utilizar ferramentas de processamento de imagem para avaliar a expansão urbana e discutir os possíveis impactos sobre as cidades, como impermeabilização de solo e aumento de escoamento superficial, bem como sobre locais de preservação, como corpos hídricos e áreas de vegetação, em áreas urbanas.

### METODOLOGIA

A área de estudo inicial é o município de Apucarana – PR, contendo cerca de 130 mil habitantes e 556.990 km<sup>2</sup> de área [1,2].

Foram escolhidas áreas na região norte do município, onde pode-se observar uma expansão urbana bastante pronunciada, principalmente nas últimas duas décadas. Foi utilizado um recorte na região dos Bairros Residencial Araucária, Núcleo Habitacional Dom Romeu Alberti, Loteamento Sanches dos Santos e Residencial Mega Park (Área de Estudo 1), abrangendo os córregos Ouro Fino, Tarumã e Japira, que abastecem as barragens Tarumã e Schmidt. Outro recorte abrange os Bairros Jardim Santos Dumont I e II e o Núcleo Habitacional Colonial (Área de Estudo 2). As duas áreas estão assinaladas na Figura 1.



**Figura 1:** Imagem de satélite da área urbana do município de Apucarana - PR do ano de 2024 usando a base de dados Google Earth Pro com a delimitação das duas áreas de estudo (Área de Estudo 1 - verde e Área de Estudo 2 - azul). Fonte: Google Earth Pro, 2024.

Foram utilizadas imagens de satélite obtidas no *software* Google Earth Pro [3]. Adicionalmente, para o processamento de imagens pode ser utilizada linguagem Python com biblioteca de visão Computacional OpenCV ou o *software* Matlab com a *toolbox* para processamento de imagens.

Por meio de operações de processamento de imagens podem-se definir marcas fiduciais. Tais marcas fiduciais são tipicamente úteis em registro de imagens provenientes de bases de dados e/ou resoluções espaciais diferentes. Por exemplo, para algumas análises pode ser necessária a sobreposição de imagens de bases de dados distintas. Estas bases podem ter sido compostas por aquisições de imagens com resoluções espaciais diferentes em função dos sensores de imagens utilizados, respostas de componentes coloridas diferentes (i.e., duas imagens registradas por sensores diferentes podem ter componentes vermelho-verde-azul distintos), entre outras variáveis. O mecanismo de sobreposição precisa considerar tais variáveis. Para a análise de evolução da urbanização pode-se utilizar filtros espaciais (por exemplo, uma área ocupada por vegetação tem resposta em frequência espacial diferente de uma área ocupada por residências), filtros de entropia geralmente utilizados para segmentação de regiões da imagem com “textura” diferentes. Utilizando filtro de entropia e subtração de resultados tem-se o resultado como uma espécie de “mapa de calor” das principais alterações ocorridas para este período, que foi processado utilizando o *software* Matlab [4].

## RESULTADOS

### Área de Estudo 1

A Área de Estudo 1 compreende a região dos Bairros Residencial Araucária, Núcleo Habitacional Dom Romeu Alberti, Loteamento Sanches dos Santos e Residencial Mega Park. Esta área está localizada na região norte do município de Apucarana e corresponde à urbanização mais recente (últimos 20 anos), como apresentado nas Figuras 2 e 3. Na Figura 2 podemos observar que em 2005 existiam somente os bairros Núcleo Habitacional Dom Romeu Alberti e Loteamento Sanches dos Santos. Em 2024 é possível observar a formação dos bairros Residencial Mega Park (à direita) e Residencial Araucária (à esquerda). Esta região é de particular interesse, pois compreende uma área próxima ao Córrego Ouro Fino e o Córrego Tarumã, ambos afluentes do Ribeirão Raposa, que contribuem com a Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. O aumento da impermeabilização na região diminui a infiltração no solo e aumenta o volume de água que chega às barragens do Schmidt e da Raposa. A barragem do Schmidt apresenta alto processo erosivo no local (barragem de terra) e está classificada como de alto risco, pelo relatório do IAT (Instituto de Água e Terra do Estado do Paraná) [5].



**Figura 2:** Imagem de satélite da Área de Estudo 1 do ano de 2005 usando a base de dados Google Earth Pro.  
Fonte: Google Earth Pro, 2024.



**Figura 3:** Imagem de satélite da Área de Estudo 1 do ano de 2024 usando a base de dados Google Earth Pro.  
Fonte: Google Earth Pro, 2024.

Na Figura 4 é apresentado o processamento das imagens anteriores na forma de “mapa de calor”, mostrando a diferença da urbanização (área em vermelho) entre os anos 2005 (Fig. 2) e 2024 (Fig. 3). Observa-se um crescimento expressivo nas regiões ocupadas nesta área.



**Figura 4: Mapa de calor mostrando a diferença da urbanização da Área de Estudo 1 entre os anos 2005 e 2024. Fonte: Google Earth Pro, 2024.**



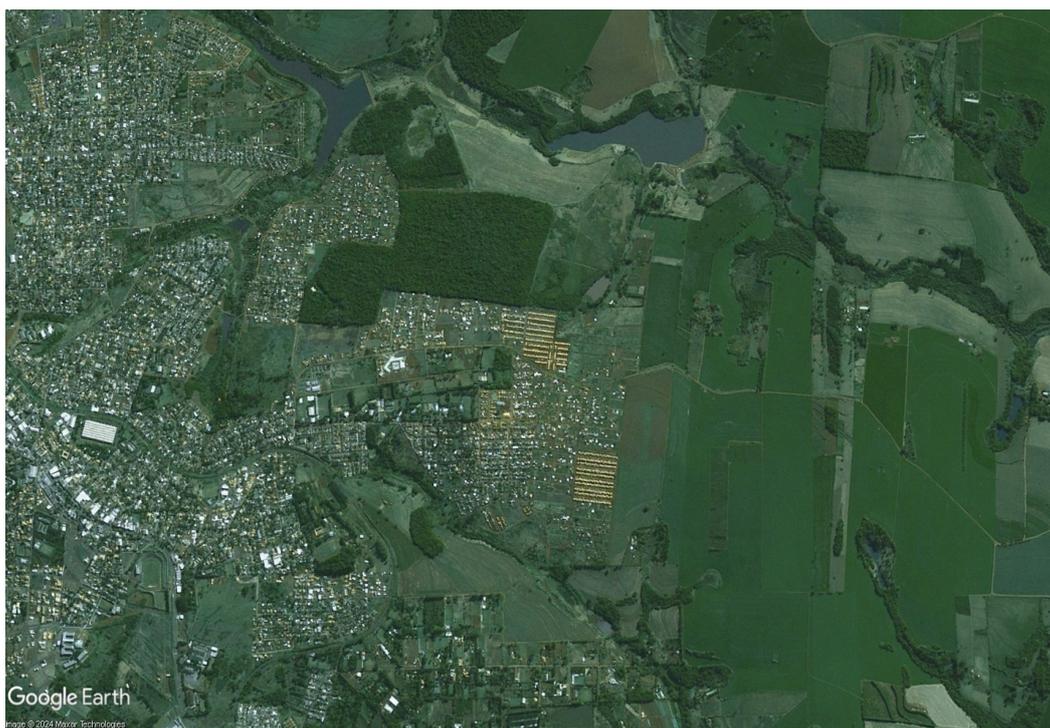
**Figura 5: Avanço da urbanização com a comparação das imagens no período de 2005 a 2024 da Área de Estudo 1. Fonte: Google Earth Pro, 2024.**

Na Figura 5, são apresentadas as imagens com as comparações parciais ao longo do tempo para os anos de 2005, 2010, 2015, 2020 e 2024. Pode-se visualizar que a região do Residencial Araucária (à esquerda) sofreu um crescimento não organizado, mais orgânico, embora constitua uma área de loteamento. Ao contrário desta área, a região do Residencial Mega Park (à direita), também de loteamento, foi urbanizada por etapas de construção mais acelerada do que o exemplo anterior. Esta diferença na forma de urbanização também causa impactos ao ambiente, pois o crescimento mais concentrado impermeabiliza uma grande área de uma só vez, podendo aumentar as chances de ocorrência de enchentes ou de sobrecarga dos corpos d'água e, conseqüentemente, das barragens.

### **Área de Estudo 2**

As Figuras 6 e 7 apresentam outro braço do Ribeirão Raposa, o córrego Japira e o talvegue principal do Ribeirão Raposa. Nesta área também está presente uma barragem de pequeno porte, também construída de terra compacta, a Barragem Tancredo Neves.

A barragem Tancredo Neves é monitorada pelo IAT, e foi classificada como de alto risco, assim como a barragem do Schmidt. Porém o alerta nesta área de estudo 2, é que a barragem Tancredo Neves está a montante a barragem do Schmidt. Logo, com o aumento da urbanização e, conseqüentemente, da impermeabilização de solo e redução de infiltração, o volume de água irá escoar para a barragem Tancredo Neves. Caso ocorra o rompimento da Barragem Tancredo Neves, todo o volume de água irá escoar para a Barragem do Schmidt e esta, por conseqüência, escoará todo o volume de água para a última barragem, a do Parque da Raposa. Este modelo é denominado de rompimento de barragem em cascata, pois neste caso, a seqüência das barragens forma uma cascata devido ao relevo e o modo como foram construídas com o passar dos anos.



**Figura 6: Imagem de satélite da Área de Estudo 2 do ano de 2005 usando a base de dados Google Earth Pro. Fonte: Google Earth Pro, 2024.**



**Figura 7:** Imagem de satélite da Área de Estudo 2 do ano de 2024 usando a base de dados Google Earth Pro.  
**Fonte:** Google Earth Pro, 2024.



**Figura 8:** Mapa de calor mostrando a diferença da urbanização da Área de Estudo 1 entre os anos 2005 e 2024.  
**Fonte:** Google Earth Pro, 2024.

Observa-se que esta área de estudo não apresentou crescimento da taxa de impermeabilização, pois os bairros, como Jardim Paraíso, já apresentavam o espaço urbano desenvolvido. Porém os bairros não apresentam planejamento e a barragem foi construída para facilitar o tráfego de veículos entre os bairros. Esta região tem apresentado processo de verticalização, pois a região apresenta uma instituição universitária, que contribuiu com o desenvolvimento local.

O estudo também apresentou o potencial de uso de técnicas computacionais no auxílio do planejamento urbano e para o controle do espaço urbano em relação à barragem do Schmidt. A barragem em questão apresenta uma série de problemas, como: ausência de parte do escoamento natural (canal extravasor), orifício de fundo, e ausência também de

um vertedouro para controle de nível d'água. Atualmente, a barragem está classificada com alto risco pelo relatório do Instituto Água e Terra [5].

## **CONCLUSÕES**

De forma geral, pode-se observar que ocorre um descumprimento da legislação vigente no que diz respeito às áreas de preservação de mata ciliar, áreas de conservação ambiental, áreas naturais de inundação. A partir da avaliação realizada por imagens é possível encontrar causas e prever episódios críticos de poluição e outros incidentes, como enchentes urbanas, desmoronamentos, poluição de águas, entre outros.

Este é um estudo inicial da região e auxiliará no levantamento do estudo do escoamento superficial com diferentes tempos de retorno e na avaliação da instalação de técnicas compensatórias de drenagem pluvial urbana, como telhado verde ou jardins de chuva, de modo a contribuir com a redução do escoamento superficial no local, considerando a importância do investimento através do IPTU verde.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Estimativa populacional 2022 IBGE. Consulta em: 27 de setembro de 2024.
2. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Área da unidade territorial - 2022. Consultado em 27 de setembro de 2024.
3. GOOGLE EARTH PRO. Versão 7.3.6.9345. Google LLC, 2001. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/> Acesso em: 09 de agosto de 2024.
4. MATLAB R2024 (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA).
5. PARANÁ. Instituto de Água e Terra (IAT). Barragens no Estado do Paraná. Disponível em: <<https://geopr.iat.pr.gov.br/portal/apps/dashboards/b95898cc3c5d4081b47a05654ba2314c>>. Acesso em 12 de agosto de 2024.