

# ANÁLISE MULTITEMPORAL PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE DRENAGENS URBANAS NOS MUNICÍPIOS DE GOIÂNIA E APARECIDA DE GOIÂNIA-GO

*Wellington Nunes de Oliveira<sup>1</sup> Zileny Nelson Tavares Barbosa<sup>2</sup> Nilson Clementino Ferreira<sup>3</sup>*

**Resumo** – Este trabalho propõe a utilização de imagens de satélite como ferramentas de análise temporal e espacial para o monitoramento ambiental do Córrego Cascavel e do Ribeirão Santo Antônio, localizados respectivamente nos municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia no Estado de Goiás, ambos afluentes do Rio Meia Ponte, o qual é de suma importância para abastecimento de água da cidade de Goiânia. Para realização dessas análises foram utilizadas imagens orbitais acessadas via o software Google Earth (no período de 2002 e 2008). As imagens viabilizaram a elaboração de um diagnóstico das áreas ocupadas, onde se constatou desde a ocupação irregular pela comunidade de baixa renda até a presença de condomínios de luxo dentro das áreas de preservação permanente, a ausência de mata ciliar entre outros passivos ambientais. Como resultado desse estudo foi possível gerar uma análise multitemporal e identificar os principais impactos ambientais ocorridos. As informações geográficas produzidas servem de subsídios para a tomada de decisões sobre a preservação desses corpos hídricos por agências reguladoras, com base na legislação ambiental.

**Abstract** – This paper proposes the use of satellite images as temporal (and spatial) analysis tools for environmental monitoring of the Cascavel and Santo Antônio Streams located respectively in the Goiânia and Aparecida de Goiânia cities in Goiás State, both tributaries of the River Meia Ponte, which is of utmost importance to supply of the Goiânia City. To carry out these tests were used images from Google Earth software (between 2002 and 2008) which lead to a diagnosis of the occupied areas on their periphery, where it was found to human disturbance of these areas from illegal occupation by low income community even the presence of luxury condominiums within their areas of permanent preservation, the absence of riparian vegetation and others environmental liabilities. As a result of this study was possible to generate a multitemporal analysis and to identify major impacts in these areas. The Geographic information produced serve as input for making decisions about the preservation of these watercourses by regulatory agencies, based on environmental legislation.

**Palavras-Chave** – Análise multitemporal, monitoramento ambiental, corpos hídricos.

<sup>1</sup> Tecnólogo em Geoprocessamento, Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente - PPGEMA/UFG - wellington.wno@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnóloga em Geoprocessamento, Especialista em Perícia Ambiental – PUC/GO, Pós-graduanda em Gestão Amb. e Desenvolv. Sustentável – FATEC Internacional-PR - zilenytavares1@gmail.com

<sup>3</sup> Engº Cartógrafo, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente - PPGEMA/UFG - nclferreira@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O processo de expansão urbana desordenada é um dos maiores problemas nas grandes cidades, nesse contexto podem servir de exemplo as cidades de Goiânia e de Aparecida de Goiânia cuja expansão urbana é considerada um fator responsável por frequentes inundações, alagamentos, erosões e assoreamentos. Isso ocorre devido à impermeabilização crescente das regiões e também pela ocupação inadequada dos vales próximos aos cursos de águas, gerando impactos ao meio ambiente.

O uso descontrolado das áreas urbanizadas, sem o estabelecimento de ferramentas e metodologias de conservação e manejo, faz com que ocorra aceleração de processos de degradações ambientais, como vem ocorrendo no Córrego Cascavel e no Ribeirão Santo Antônio, localizados nas cidades de Goiânia e Aparecida de Goiânia respectivamente, sendo necessário que haja um constante monitoramento dessas áreas.

Esse monitoramento pode ser efetuado através do uso de imagens obtidas por satélites orbitais. Para Carvalho Júnior *et al.* (2005), os trabalhos que abordam a análise multitemporal utilizando imagens de satélite, cada vez mais se intensificam, servindo para o monitoramento do crescimento urbano bem como para a evolução do desmatamento e expansão agrícola entre outros.

O presente trabalho teve o objetivo de realizar uma análise multitemporal através das imagens disponíveis no Google Earth. Essa ferramenta computacional permite que o usuário visualize imagens de qualquer parte do mundo. É uma aplicação desenvolvida pela empresa norte-americana Google, cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de imagens de satélites obtidas de diversas fontes e de imagens aéreas (fotografadas a partir de aeronaves). Foram analisadas imagens no período de 2002 e 2008, ao longo do Ribeirão Santo Antônio no município de Aparecida de Goiânia, e do período de 2004 e 2008 de um trecho do Córrego Cascavel no município de Goiânia, ambos principais afluentes do Rio Meia Ponte, que é responsável pelo abastecimento de água da cidade de Goiânia. Utilizando essas imagens é possível avaliar a expansão urbana ocorrida naquelas regiões e a ocupação das áreas circunvizinhas ao longo do tempo.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia localizam-se no estado de Goiás, região centro-oeste do Brasil, entre as coordenadas planas E: 670,7 km; N: 8.132,2 km; E: 698,5 km e N: 8.151,0 km; no fuso 22 de meridiano central 51° W Greenwich. São consideradas áreas conurbadas (Figura 1), pois os limites de seus perímetros urbanos são praticamente unificados. Em relação ao

aspecto demográfico, atualmente Goiânia e Aparecida de Goiânia contam com uma população de 1.256.514 e 442.978 habitantes respectivamente, segundo os dados do IBGE (2010).

Aparecida de Goiânia, nas últimas décadas sofreu uma expansão urbana intensa caracterizada pelo parcelamento de chácaras, formando extensos vazios, localizados próximos ao limite municipal com a cidade de Goiânia.

A instalação de inúmeras indústrias atraídas por incentivos fiscais tem gerado um grande crescimento econômico. A demanda deste crescimento populacional associado ao desenvolvimento econômico e à falta de uma política de planejamento territorial urbano ocasionou o surgimento de diversos problemas sociais e de uso e ocupação do solo, característicos de grandes centros urbanos.

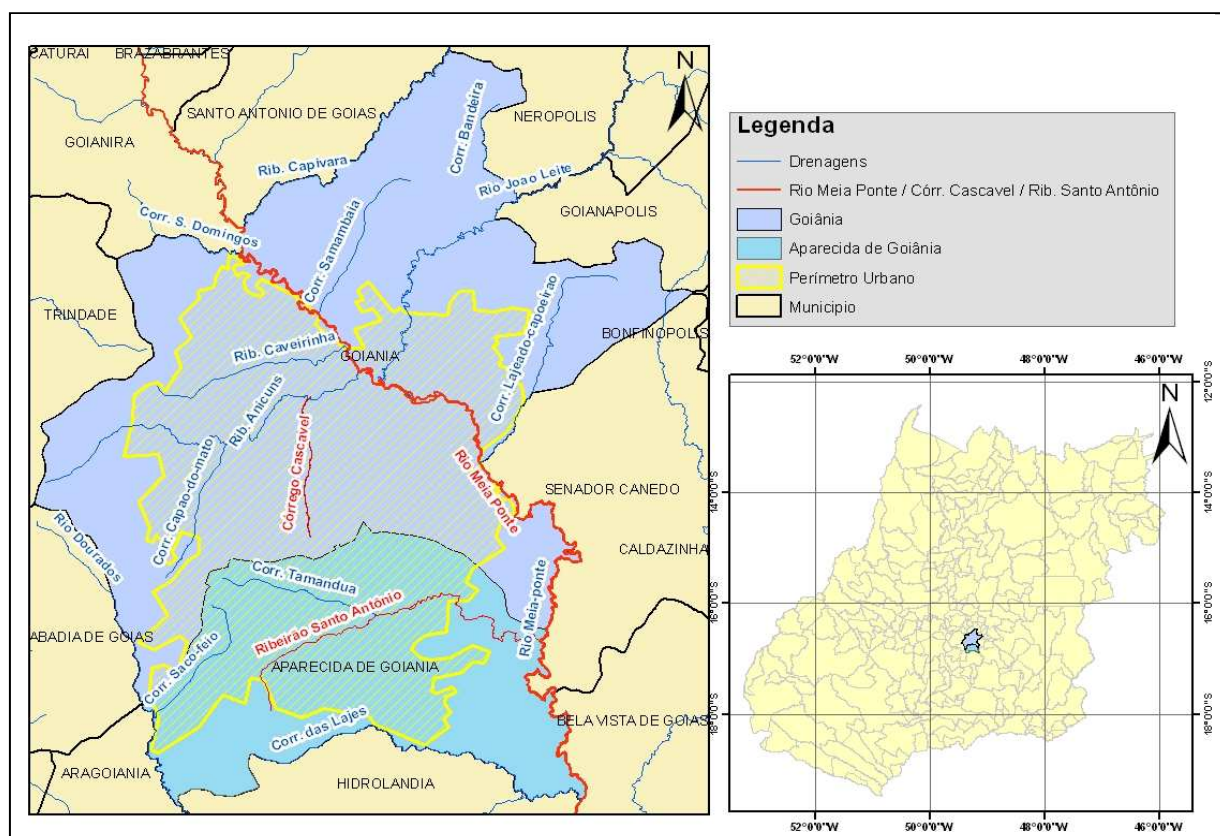


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse trabalho foi adquirida por meio da Prefeitura de Goiânia uma fotografia aérea ortorretificada da cidade datada do ano de 2006, e junto a COMDATA (Companhia de Processamento de Dados do Município de Goiânia) foi adquirida a Base Cartográfica (digital), MUBDG (Mapa Urbano Básico de Goiânia) versão 21, ambas georreferenciadas no sistema de projeção cartográfica UTM. Foram utilizadas também imagens disponibilizadas pelo Google Earth, para análise temporal da área de estudo já que o mesmo disponibiliza imagens recentes, adquiridas em 2008 e 2009.

Para o município de Aparecida de Goiânia foi utilizado imagens do satélite CBERS 2B fusionada com o imagens adquiridas pelo sensor HRC/CCD composição 3(R) 4(G) 2(B) com resolução espacial de 2,7 metros. A justificativa para a utilização dessas imagens é o fato das mesmas não estarem sujeitas as distorções geométricas proveniente do Google Earth e o seu nível de precisão ser o mais recomendado para elaboração de mapeamentos de áreas de preservação permanente. Com isso, foi realizada a atualização dos vetores (drenagem) disponibilizados no sítio do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) sobre a imagem CBERS – 2B.

A metodologia empregada para a elaboração das atividades consistiu no levantamento bibliográfico e análise empírica acerca do Córrego Cascavel e do Ribeirão Santo Antônio. Após a delimitação da área de estudo foi organizada uma base de dados, contendo a localização espacial e a variabilidade temporal.

Foram obtidas fotografias de ambos os córregos, em locais ambientalmente degradados. Foi utilizado um receptor GPS para coletar as coordenadas dessas localidades.

O tratamento digital da ortofoto (trecho do Córrego Cascavel) e das imagens CBERS-2B (Ribeirão Santo Antônio), consistiu no recorte da área de interesse e aplicação de realce para melhor discernimento de feições de interesse. Nas imagens disponíveis pelo Google Earth não foram aplicados nenhum tipo de realce ou correção geométrica, pois as mesmas serviram apenas como ferramentas de auxílio para a análise multitemporal das áreas estudadas.

Finalmente, foi realizada a integração de dados geográficos vetoriais (limites de bairro e drenagem) com dados matriciais (ortofoto e imagem CBERS-2B) utilizando programa computacional de sistema de informações geográficas, que disponibilizam ferramentas de análise espacial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A expansão dos municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia ocorreu de uma forma descontrolada sem nenhum planejamento. Houve uma evolução da estrutura urbana nesses municípios ocasionando a expansão industrial em algumas áreas, na qual teve um impulso que desencadeou um incremento populacional decorrente de migrações levando a apropriação inadequada do ambiente natural. O mapa de caracterização do Ribeirão Santo Antônio mostra como essa expansão na grande maioria das vezes invade a sua área de preservação permanente e dos demais corpos d'água conforme é mostrado na figura 2.



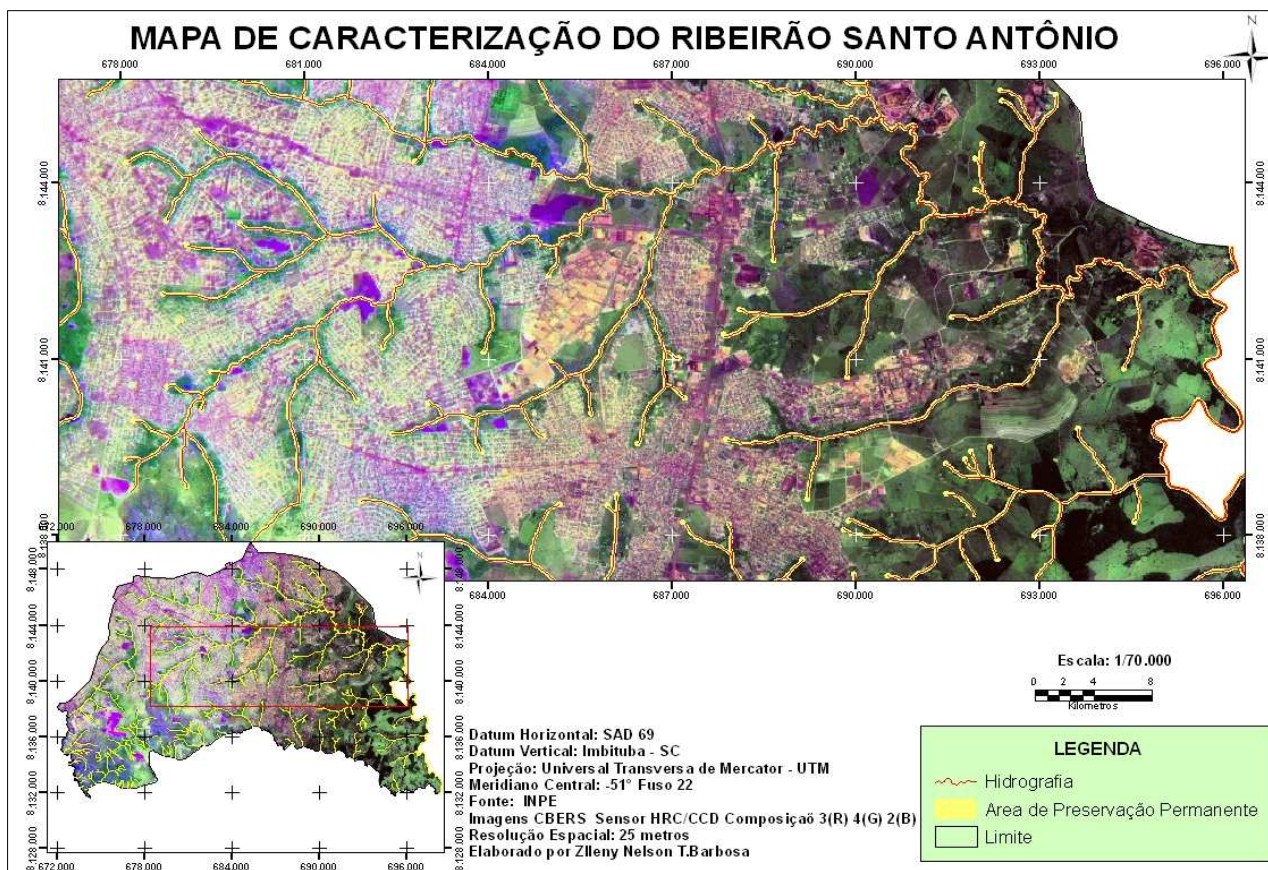


Figura 2 – Mapa de Caracterização do Ribeirão Santo Antônio

No intervalo de tempo entre o período de 2002 e 2008 foi possível observar que além do processo de urbanização, houve a implementação de infraestrutura, bem como a desapropriação de áreas próximas às margens do Ribeirão Santo Antônio, como mostra o trecho em destaque (Figuras 3 e 4).



Figura 3 e 4 - Caracterização do processo de urbanização e implantação de infraestrutura no entorno da Serra das Areias. Imagem do Satélite QuickBird –2002/Imagem do Satélite GeoEye – 2008 (Fonte: Digital Globe).

Contudo, existem regiões em Aparecida de Goiânia que sofrem com a falta e com a baixa qualidade da infraestrutura. Foi possível observar no decorrer dos anos as consequências deste processo.

Vários moradores são impactados pelas consequências da falta de planejamento e deficiência da gestão pública, tais como: falta ou deficiência de sistema de drenagens de águas pluviais; sistema viário com implantação inadequada, com ruas perpendiculares às curvas de nível e ausência de pavimentação; ausência de sistema de saneamento básico adequado, especulações imobiliárias ocasionando a desvalorização dos loteamentos, chácaras e conjuntos habitacionais em geral. Isto vem confirmar as preocupações e análises elaboradas por Salomão (1999):

(...) as águas pluviais e servidas são lançadas próximas da zona urbanizada, à meia encosta ou junto à cabeceira de drenagem, as quais ficam submetidas à ação erosiva, fato comum em muitas cidades brasileiras.

Em função dessas informações, constatou-se o processo de ocupação antrópica, bem como a degradação ambiental ao longo das margens do Ribeirão Santo Antônio (acúmulo de lixo e entulhos de construções, processos de erosões e tentativas de contenção, desmoronamento das margens e conseqüentemente assoreamentos), conforme ilustram as figuras 5 e 6.



Figuras 5 e 6 - Caracterização do processo de ocupação antrópica - Depósito de lixo e entulhos de construção. Imagem do Satélite QuickBird –2002/Imagem do Satélite GeoEye – 2008 (Fonte: Digital Globe).

É possível observar esses acúmulos de entulhos, por meio da figura 7.





Figura 7 – Caracterização do processo de ocupação antrópica - Área utilizada como depósito de lixo e entulhos-Vista local, Julho/2010.

No Ribeirão Santo Antônio ocorrem processos erosivos e de assoreamentos muito grandes. Observa-se a ausência completa de vegetação ciliar, devido à expansão urbana, induzindo desta forma o carregamento de material sólido pelas águas das chuvas, consequentemente o assoreamento do curso d'água do Ribeirão Santo Antônio (Figuras 8 e 9).



Figuras 8 e 9 – Caracterização do processo de ocupação antrópica – Erosão e assoreamento das margens do Ribeirão Santo Antônio em área urbana (Setor Veiga Jardim).

Segundo Salomão (1999), a erosão em área urbana promove uma série de problemas ambientais decorrentes ao aumento de volume, da velocidade e de concentração do fluxo das águas pluviais, acelerando os processos de ravinamentos e até de voçorocamentos na cidade. As figuras 9 e 10 vêm afirmar a evolução de uma ravina que surgiu ao longo dos anos transformando-se em uma voçoroca.



Figuras 9 e 10 – Caracterização do processo de erosão - Imagem do Satélite QuickBird –2002/Imagem do Satélite GeoEye – 2008 (Fonte: Digital Globe).

Em conjunto a este processo de urbanização e infraestrutura irregular soma-se a implantação, crescimento e desenvolvimento do chamado pólo industrial seguindo uma área significativa das margens do Ribeirão Santo Antonio.

Em paralelo ao processo industrial segue-se a extração mineral realizada pelas pedreiras posicionadas no vale do Ribeirão Santo Antônio, constituindo assim potencial fonte de assoreamentos, poeiras e gases, desmatamento, poluição das águas, entre outros (Figuras 11 e 12).



Figuras 11 e 12– Caracterização de extração de areia - Imagem do Satélite QuickBird –2002 e Imagem do Satélite GeoEye – 2008 (Fonte: Digital Globe).

Tratando-se do Córrego Cascavel, é possível notar a ocupação de condomínios de luxo dentro da área de preservação permanente do mesmo.





Figuras 13 e 14 – Condomínio Villa do Atlântico em Agosto de 2004 e em Outubro de 2008, respectivamente. Fonte: Imagem do Satélite QuickBird –2004/Imagem do Satélite GeoEye – 2008 (Fonte: Digital Globe).



Figuras 15 e 16 – Fachada do Condomínio e Margem do Córrego Cascavel atrás do condomínio.

A presença de condomínios habitacionais dentro da área de preservação permanente do córrego denota o desrespeito em relação à legislação vigente (Plano Diretor de Goiânia Art. 106 Cap. I) que estabelece uma faixa de 50 metros de área preservada ao longo do córrego.

Tendo como base a drenagem disponível no MUBDG, foram mapeadas as áreas de preservação permanente de 50 metros, como estabelecido pela legislação. Assim, foi possível detectar toda a ocupação antrópica localizada dentro da área delimitada como pode ser visualizado na Figura 17.



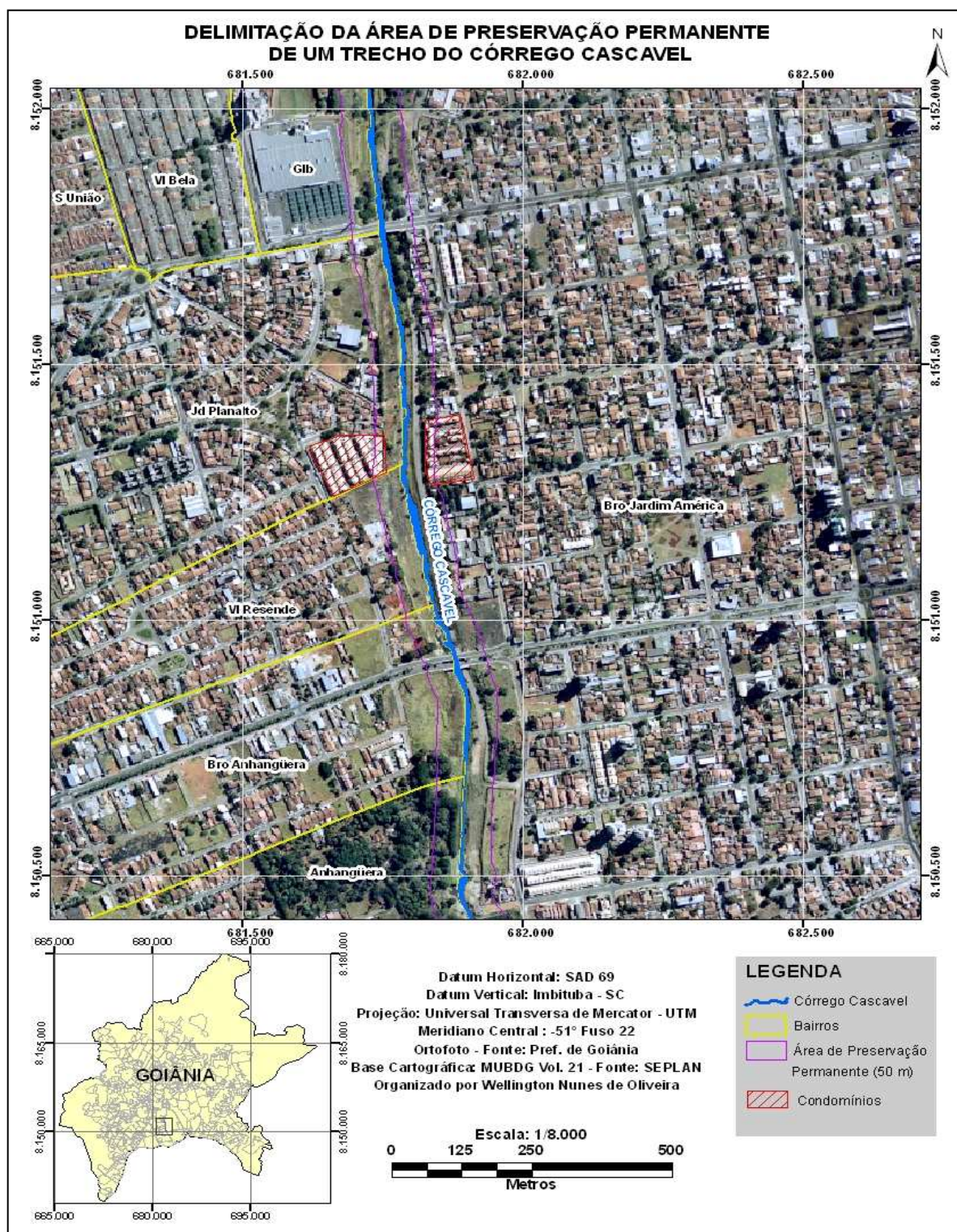


Figura 17 – Delimitação da Área de Preservação Permanente do Córrego Cascavel.

Conforme mostrado na figura 17, parte da área dos condomínios Villas do Atlântico (Direita) e Residencial Porto Real (Esquerda) estão localizados dentro da área de preservação permanente do córrego Cascavel, observa-se também a quase inexistência de mata ciliar ao longo de todo o trecho estudado.



Utilizando imagens do Google Earth foi possível visualizar também a degradação do trecho estudado do Córrego Cascavel, o nível em que se encontra o assoreamento e a quantidade de resíduos da construção civil encontrados no local é alarmante, como é mostrado na Figura 18.



Figura 18 - Alguns pontos de degradação ao longo do córrego próximo a Avenida T-63.

Outra análise envolveu a atuação das empresas de recolhimento de entulhos, que despejaram irregularmente resíduos da construção civil nas margens do córrego e ao longo da inacabada Marginal Cascavel conforme ilustra a Figura 19.



Figura 19 - Lançamento clandestino de entulho ao longo do Córrego Cascavel.



Analisando esse trecho do Córrego Cascavel é perceptível a enorme quantidade de irregularidades encontradas no local, desde o despejo de resíduos até a construção de condomínios horizontais dentro da área de preservação permanente do córrego. O nível em que se encontra o assoreamento em alguns trechos é preocupante, principalmente próximo a ponte da Avenida T-63, pois a mesma pode ter a sua base comprometida com o avanço das erosões.

## CONCLUSÃO

A abordagem realizada através de imagens multitemporais, visualizadas com o uso do software do Google Earth demonstra a ocupação desordenada e sem planejamento nos municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia. Ao longo do trecho do Córrego Cascavel assim como do Ribeirão Santo Antônio constatou-se a ocupação irregular e indiscriminada caracterizando-se em impactos ambientais como: erosões, assoreamentos, modificações da qualidade natural das águas, desmatamento e remoção da vegetação, poeiras e gases atmosféricos, entre outros.

Por meio de levantamentos de campo, foi possível constatar que o processo de urbanização acelerado ocorrido nessas áreas, é o maior responsável pelos impactos ocorridos no meio físico, e que podem tornar sócio-ambientais.

Constatou-se uma transformação espacial muito rápida nessas regiões, principalmente ao longo do Ribeirão Santo Antônio, aonde sua paisagem vem sendo totalmente transformada pela urbanização e junto a ela falhas perceptíveis no que se diz respeito ao planejamento, apresentando uma infraestrutura inadequada. Outro fator determinante apontado em ambos os córregos são as especulações imobiliárias descontroladas, focadas não apenas na população carente e de baixa renda, já que em algumas áreas encontram-se condomínios de luxo resultando na ocupação de áreas que não são adequadas ao estabelecimento de moradias, fazendo com que a população se torne vítima de um processo contínuo e difícil de ser controlado.

A falta de projetos e a reestruturação dos que já existem, juntamente com a falta de mobilidade ao lidar com a baixa qualidade de infraestrutura faz com que os municípios enfrentem problemas relativos às suas áreas urbanas como o avanço de erosões devido à falta de sistemas de drenagem para a sua correta vazão.

Tornam-se necessários desta forma, aplicações de medidas mitigadoras para amenizar estes impactos a níveis aceitáveis ao longo das áreas abrangidas pelo Córrego Cascavel e Ribeirão Santo Antônio. Ou seja, faz-se necessária, a prevenção de desmatamentos, implantação de sistemas de drenagem urbana, tratamento de esgotos dentre outras ações. A evolução técnica alcançada pelos produtos de sensoriamento remoto orbital, a facilitação do processo de interpretação visual desses produtos viabilizam sua consulta pela população. Isto potencialmente o consolida como instrumento

útil ao processo de argumentação coletiva que caracteriza o planejamento participativo. Porém é importante ressaltar que as imagens do Google Earth vêm sendo utilizadas eficazmente como base de apoio e muitas vezes para tomada de decisões. E que seu uso é limitado para atualizações cadastrais e projetos de engenharia, devido à precisão. Pois uma vez que por trás de uma alta resolução espacial pode se encontrar erros ocultos, que estão sendo desprezados pelos usuários em geral, podendo trazer consequências nas decisões apoiadas sobre as mesmas. Além de ter consciência das restrições de uso dos produtos Google Earth, o usuário deve estar atento a política de privacidade, direitos de propriedades e condições de uso.

Os córregos estudados são tributários do Rio Meia Ponte (principal responsável pelo abastecimento da cidade) e eles não recebem os cuidados necessários quanto a sua preservação. O fato das irregularidades encontradas nesse estudo serem apontadas em um pequeno trecho desses córregos (principalmente o Córrego Cascavel) nos mostra que se um estudo mais abrangente for realizado em todas as suas extensões a quantidade de passivos ambientais certamente será maior. Existe a necessidade dos órgãos ambientais competentes tomarem medidas para a preservação desses córregos juntamente com um estudo de ocupação e intervenção antrópica ao longo de seus trechos. A utilização de geotecnologias se faz necessária para o monitoramento dessas áreas devido sua análise espacial ágil e confiável, permitindo dessa forma uma perspectiva mais ampla da mesma e possibilitando a geração de subsídios para tomada de decisões pelos órgãos fiscalizadores.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (2) para o terceiro autor.

## **BIBLIOGRAFIA**

CARVALHO JUNIOR, O. A. et al. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: 171-184 Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 51, p. jul./dez. 2005.

COMDATA – Cia. de processamento de dados do município de Goiânia. (2007). MUBDG – Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia. CD-ROM Profissional Versão 20 – Parte do SIGGO V13. Prefeitura de Goiânia.

Google Earth. Image2002DigitalGlobe. 2002. Europa Technologies. Google 2002. Disponível em:< <http://earth.google.com/intl/pt/download-earth.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2010.

\_\_\_\_\_. Image2008DigitalGlobe. 2008. Europa Technologies. Google 2008. Disponível em:< <http://earth.google.com/intl/pt/download-earth.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. CENSO 2010 Disponível em: [http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php?uf=52](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=52) Acessado em 14 de maio de 2011.

\_\_\_\_\_. Aparecida de Goiânia (GO): carta topográfica. Folha SE. 22-X-B-IV. Rio de Janeiro, 1973. (Escala 1: 100.000).

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA – Disponível em: [http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/PLANO\\_DIRETOR\\_DO\\_MUNICIPIO\\_DE\\_GOIANIA\\_2007.pdf](http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/PLANO_DIRETOR_DO_MUNICIPIO_DE_GOIANIA_2007.pdf) (Acessado em 26 de Junho de 2010)

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In.:\_\_\_\_Guerra,A. J. T. Silva, A. S. da. Botelho, R. G. M. (Org.) Erosão e Conservação dos Solos.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.