

**Classificação de uso e ocupação do solo em APP de Córregos Urbanos
com o uso de imagens de Aeronave Remotamente Pilotada**

*Classification of land use and occupation in Urban Streams APP using images from
Remotely Piloted Aircraft*

*Clasificación de uso y ocupación del suelo en la APP Urban Streams mediante imágenes
de Aeronaves Pilotadas Remotamente*

Fernanda Miguel Franco

Professora Doutora, IFMT, Brasil
fermigfran@gmail.com

Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves

Professor Mestre, IFMT, Brasil
eng.arthurschaves@gmail.com

RESUMO

As tecnologias, cada vez mais desenvolvidas, surgem como ferramenta úteis para avaliação das mudanças, bem como suporte para propostas que visem a mitigação da antropização. O trabalho objetivou fazer a classificação de uso e ocupação de três córregos urbanos na cidade de Cáceres – MT, com o uso de um ARP (Aeronave Remotamente Pilotada). Os córregos, Fontes, Sangradouro e Renato foram sobrevoados para obtenção de aerofotografias e posteriormente com o processamento das imagens, obteve-se o ortomosaico. Este, por sua vez, foi usado para a classificação de uso e ocupação do solo dentro dos limites da APP (área de preservação permanente). Com a precisão centimétrica espacial do ortomosaico gerado, foi possível fazer uma análise precisa da ocupação local e analisar que a área de mata ciliar como à deposição de efluentes ao longo dos córregos, não atendem ao código florestal vigente. O uso do equipamento de fotogrametria, mais especificamente o ARP, mostrou-se vantajoso pela agilidade na coleta de dados a campo, oferecendo resultados concisos e de ótima qualidade de imagem (ortomosaico), tornando possível as avaliações previstas de impactos ambientais sofridos, fornecendo ainda um banco de dados para monitoramento da área.

PALAVRAS-CHAVE: Área de Preservação Permanente. Córregos Urbanos. Aeronave Remotamente Pilotada.

SUMMARY

Technologies, increasingly developed, are emerging as a useful tool for evaluating changes, as well as supporting proposals aimed at mitigating anthropization. The work aimed to classify the use and occupation of three urban streams in the city of Cáceres – MT, using an RPA (Remotely Piloted Aircraft). The rivers, Fontes, Sangradouro and Renato were flown over to obtain aerial photographs and later, with the processing of the images, the orthomosaic was obtained. This, in turn, was used to classify land use and occupation within the limits of the APP (permanent preservation area). With the centimetric spatial precision of the generated orthomosaic, it was possible to carry out a precise analysis of the local occupation and analyze that the riparian forest area, as well as the deposition of effluents along the streams, do not comply with the current forestry code. The use of photogrammetry equipment, more specifically the RPA, proved to be advantageous due to its agility in collecting data in the field, offering concise results and excellent image quality (orthomosaic), making it possible to carry out predicted assessments of environmental impacts suffered, also providing a database for monitoring the area.

KEYWORDS: Permanent preservation area. Urban river. Remotely Piloted Aircraft.

RESUMEN

Las tecnologías, cada vez más desarrolladas, se perfilan como una herramienta útil para evaluar los cambios, así como para apoyar propuestas encaminadas a mitigar la antropización. El trabajo tuvo como objetivo clasificar el uso y ocupación de tres corrientes urbanas en la ciudad de Cáceres – MT, utilizando un ARP (Aeronave Pilotada Remotamente). Se sobrevolaron los arroyos Fontes, Sangradouro y Renato para obtener fotografías aéreas y posteriormente, con el procesamiento de las imágenes, se obtuvo el ortomosaico. Este, a su vez, se utilizó para clasificar el uso y ocupación del suelo dentro de los límites de la APP (área de preservación permanente). Con la precisión espacial centimétrica del ortomosaico generado, fue posible realizar un análisis preciso de la ocupación local y analizar que el área de bosque ribereño, así como la deposición de efluentes a lo largo de los arroyos, no cumplen con el código forestal vigente. El uso de equipos de fotogrametría, más específicamente el ARP, resultó ventajoso por su agilidad en la recolección de datos en el campo, ofreciendo resultados concisos y excelente calidad de imagen (ortomosaico), permitiendo realizar evaluaciones previstas de los impactos ambientales sufridos, proporcionando además una base de datos para el seguimiento de la zona.

PALABRAS CLAVE: Área de preservación permanente. Arroyos Urbanos. Aeronaves pilotadas remotamente.

1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas são espaços modificados e adaptados para prover a ocupação humana e suas atividades, alterando o meio ambiente e modificação da paisagem, pois, essas ocupações acontecem de forma não planejada, suprimindo cursos d'águas e a vegetação nativa. Somente a partir do século XX, após a ocupação desordenada motivada pela revolução industrial, tem início as preocupações com as questões ambientais urbanas.

Os corpos d'água desde o início da formação das grandes civilizações foram tidos como sinônimo de fartura, por serem eles os provedores dos recursos que permitiam o desenvolvimento destas, sendo essas sociedades chamadas apropriadamente de hidráulicas devido a essa relação direta com as águas (ALENCAR, 2017). Segundo Cengiz (2013), os corpos d'água tem muitas funções e dentre elas se destaca a de promover a conexão entre a paisagem e as comunidades e a de promover a criação de um conceito de meio ambiente sustentável (AMORIM, 2019).

Dentre os aspectos ambientais urbanos as margens dos rios são ambientes complexos e local de incontáveis processos socioambientais, desde aqueles relativos às formas de ocupação e uso do solo urbano, até as relações sistêmicas dos ambientes naturais componentes das bacias hidrográficas, nas quais as margens fluviais são elementos-chave (ARAGÃO; GOMES, 2019). As zonas ribeirinhas estão entre os ecossistemas com maior suscetibilidade aos impactos humanos, e os principais fatores que influenciam sua função são a regulação e a urbanização dos rios (CZORTEK, et al., 2020).

As áreas circundantes aos rios são conhecidas como Áreas de Preservação permanentes (APP). Essas áreas são protegidas e definidas pelo Código Florestal (BRASIL, 1965), Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), foram recepcionadas pelo artigo 225º da Constituição Federal. Tal artigo dá ao poder público a incumbência de definir os "espaços territoriais" a serem protegidos. Desta forma, o Novo Código Florestal (Lei 12.561/12) definiu áreas de proteção que já faziam parte do código anterior, mas que não estavam previstas no Sistema Nacional de Unidade de Conservação (BRASIL, 2000).

A definição de APP está intimamente ligada às características geomorfológicas e/ou às áreas de transição entre os sistemas aquático e terrestre. Elas ocupam territórios de elevada fragilidade e sua importância ambiental, e tem forte restrição de uso, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

Sendo o estudo do ambiente urbano principalmente em relação as questões ambientais considerado complexo e multidisciplinar é importante destacar o uso de ferramentas tecnológicas para o auxílio e desenvolvimento de metodologias para desenvolvimento de estudos ambientais urbanos.

Dessa maneira, o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal, mediante a utilização de técnicas de geoprocessamento, representa importante instrumento para o planejamento e gerência da ocupação do meio físico, permitindo a avaliação e o monitoramento do mesmo, a fim de garantir a conservação de seus recursos naturais (BORGES et al., 2008).

Nessa mesma conjuntura, a evolução dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possibilitou sua crescente utilização como ferramenta de auxílio à análise espacial, tornando possível avaliar cenários geográficos com rapidez e conseqüentemente tornar mais ágil as tomadas de decisão tanto em nível governamental assim como no gerenciamento de recursos hídricos, dentre outras utilizações (ASSIS et al., 2014).

A obtenção de dados ambientais em áreas urbanas sempre foi um grande limitante no desenvolvimento de estudos mais detalhados sobre os diferentes elementos que compõem esse ambiente. Embora o sensoriamento remoto, que é atualmente uma das principais fontes de informações ambientais, tenha trazido grandes benefícios para suprir essas demandas, principalmente com a evolução dos sensores e a ampliação da disponibilidade de dados, este ainda apresenta limitações, principalmente, em termos da relação custo-benefício, quando se pensa no contexto das áreas urbanas (BOURSCHEIDT, 2019).

Nesse sentido, o rápido avanço tecnológico e computacional das últimas décadas vem tornando possível o desenvolvimento de novos instrumentos que, por terem um custo relativamente mais acessível e por serem de fácil utilização, ganham cada vez mais espaço no mercado de geotecnologias. Trata-se das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), termo utilizado de forma mais ampla, ainda que diferentes terminologias costumem ser adotadas, tais como UAVs, VANTs ou RPAs, ou, ainda, drones (BOURSCHEIDT, 2019).

Trabalhos também sugerem seu uso para a análise da adequação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), que são significativamente mais vulneráveis em ambientes urbanos, além de extremamente importantes nesses ambientes, principalmente devido ao risco de inundação (BUFFON, DA PAZ; SAMPAIO, 2017). O monitoramento de APPs em ambientes urbanos por meio de ARPs tem grande potencial nesse sentido, principalmente pela redução de custos e possibilidade de monitoramento frequente e direcionado para as áreas de maior vulnerabilidade.

2 OBJETIVOS

O seguinte trabalho objetivou fazer a classificação do uso e ocupação do solo nas áreas de APP – Área de Preservação Permanente em três córregos urbanos (Fontes, Sangradouro e Renato) com o uso de aerofotogrametria utilizando uma ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) como ferramenta.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O município de Cáceres se encontra no sudoeste do estado de Mato Grosso, entre as latitudes 15°27' e 17°37' sul e longitudes 57°00' e 58°48' oeste, e altitude média de 118 m (SOUZA et al., 2015). Segundo dados do IBGE (2010) no censo de 2010, o município possuía 87.942 habitantes.

A cidade é conhecida como “O portal do Pantanal”, pois se situa no início da região pantaneira, sendo banhada pelo Rio Paraguai. A região se encontra em zona de transição de biomas, apresentando, portanto, componentes florísticos do Pantanal, Cerrado e Amazônia. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo AWa (tropical de savana) quente e úmido, com inverno seco (NEVES et al., 2011).

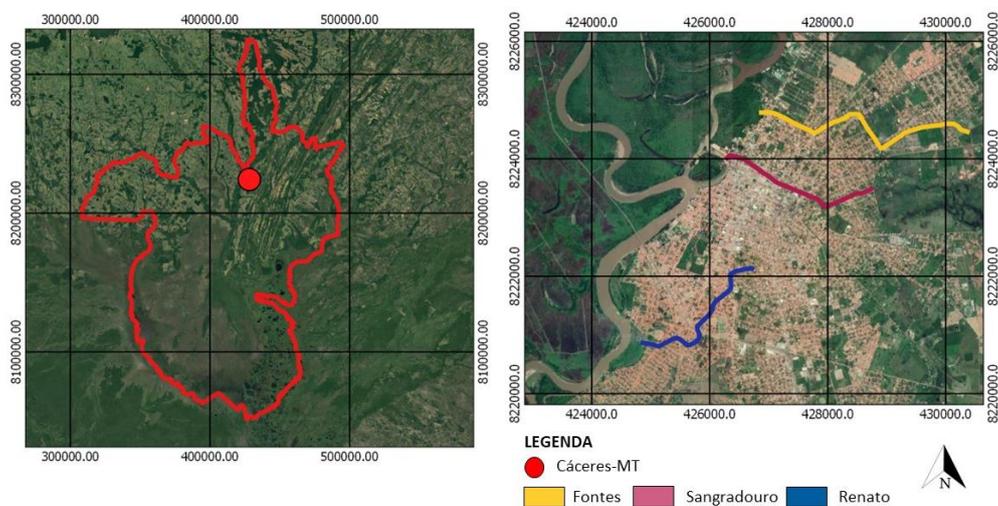
Os córregos estudados localizam se totalmente na área urbanizada da cidade onde estão suas nascentes e foz. São eles: Córrego dos Fontes, Córrego do Sangradouro e Córrego do Renato, figura 1.

O córrego dos Fontes tem sua nascente circunscrita à coordenada geográfica Sul $16^{\circ}03'38.7''$ Oeste $057^{\circ}39'52.1''$, e está situado na região norte em relação ao centro da cidade. O curso do córrego foi observado desde o bairro Joaquim Murinho (nascente) até a área de mata nativa onde está a sua foz na Baía do Malheiros, desembocando no rio Paraguai.

O córrego Sangradouro está na região mais centralizada de Cáceres. Desde sua nascente o rio segue o seu curso sem intervenções, embora em vários pontos a vegetação tenha sido removida para construção de casas, a partir do bairro Cavahada, o córrego passa a ser canalizado e coberto por uma estrutura de concreto, até sua desembocadura no rio Paraguai próximo à Praça Barão do Rio Branco, um dos principais pontos turísticos da cidade. A nascente encontra-se circunscrita à coordenada geográfica Sul $16^{\circ}05'45.5''$ e Oeste $57^{\circ}39'10.8''$.

Por fim, o córrego do Renato tem a nascente circunscrita à coordenada geográfica Sul $16^{\circ}04'44.9''$ e Oeste $057^{\circ}41'05.7''$, no bairro Vila Mariana, sendo um local prioritariamente residencial. Sua nascente é cercada por casas, não há delimitação nenhuma nas margens do córrego. Parte do rio tem a calha e laterais conservadas sem nenhum tipo de interferência, seguindo seu curso natural, a outra parte é canalizada a céu aberto e concreto nas margens (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013).

Figura 1 – Localização do município de Cáceres e dos Córregos (Fontes, Sangradouro e Renato) na área urbana.



Fonte: Autores, 2023.

3.2 Coleta e processamento de dados

Após planejamento e organização a coleta de dados foi organizada conforme etapas descritas no fluxograma abaixo, figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico.



Fonte: Autores, 2023.

3.3 Aquisição das Imagens Aéreas

O córrego foi vetorizado e caracterizado a campo através de pontos de GNSS de Navegação; e posteriormente estes dados foram importados para o programa Google Earth para o planejamento de pontos de apoio; e para o SIG Quantum GIS para planejar as áreas a serem imageadas nos voos.

Para o planejamento dos voos foi utilizado o software DroneDeploy (disponível para os sistemas IOS e Android), para definição da quantidade de voos necessárias e definição das rotas que a ARP deveria seguir em cada trecho para aquisição das fotografias aéreas.

Através de estudos preliminares, foram definidas a altura média de voo e o padrão de sobreposição frontal e lateral das imagens de forma atingir o detalhamento espacial esperado; sendo o voo realizado a 120 metros do nível do solo (Em relação ao ponto de decolagem) com sobreposições das imagens de 60% lateral e de 80% frontal.

Para que o produto dos voos tivesse maior acurácia planimétrica e altimétrica, foram instalados pontos de apoio artificiais, onde se coletou as coordenadas com ajuda do GNSS Geodésico RTK da marca Topcon modelo HIPER V, proporcionando coordenadas precisas para serem empregadas como Pontos de Apoio.

3.4 Processamento das Imagens

As imagens obtidas com o levantamento foram processadas com o software de fotogrametria digital Agisoft Photoscan, para geração dos seguintes produtos cartográficos: nuvens de pontos tridimensionais, MDS (Modelo Digital de Superfície), MDT (Modelo Digital de Terreno), e o Ortomosaico.

As áreas de APP's foram delimitadas e espacializadas através da geração de buffers no SIG Quantum GIS nos vetores dos córregos anteriormente obtidos. Estes buffers foram gerados considerando o centro da calha do rio, que de acordo com o Código Florestal devem ter 30 metros de área protegida para cada lado quando os cursos d'água tiverem menos de 10 metros de largura; e 50 metros para cada lado de área protegida para as nascentes. Posteriormente empregou-se estas camadas vetoriais espaciais para recortar os produtos cartográficos gerados pela aerofotogrametria, quais foram: Ortomosaico, MDT e MDS.

Para classificação do uso da terra foram definidas seis categorias de ocupação: Vegetação rasteira (< 1,3 m), Vegetação Arbustiva (< 5,3 m), Vegetação Arbórea (> 5,3 m), Solo/água (ruas, terrenos vazios, água), Construções de até 5,3 m e Construções acima de 5,3m.

O Ortomosaico consiste num raster contendo as bandas espectrais RGB (Red, Green, Blue) e a partir deste é possível executar a segmentação e a classificação da imagem. A partir do ortomosaico foi possível extrair o Índice do Verde das Folhas (Green Leaf Index - GLI)¹, identificando o que era vegetação do restante das classes, separando o ortomosaicos em dois: ortomosaico com vegetação e ortomosaico sem vegetação.

$$GLI = \frac{2 * G - R - B}{2 * G + R + B} \quad 1$$

Em que: GLI: Índice do Verde das Folhas; R: Banda Espectral Vermelha; G: Banda Espectral Verde; B: Banda Espectral Azul.

Com a subtração do MDS do MDT obtêm-se o MDH (Modelo digital de altura), e assim é possível conhecer a altura absoluta de cada "objeto" ou "feição" contida no ortomosaico. Então recortando o MDH a partir dos dois ortomosaicos anteriores é possível dividi-lo também em dois: MDH com vegetação e MDH sem vegetação; e a partir destes classificá-los em função das cotas altimétricas. O MDH com vegetação foi classificado em: vegetação rasteira (MDH < 1,3 m), arbustiva (1,3 m < MDH < 5,3 m) e arbórea (MDH > 5,3 m). O MDH sem vegetação é classificado em: solo (MDH < 2,0 m), construção térrea (2,0 m > MDH > 5,0 m) e construção de dois pavimentos ou mais (MDH > 5,0 m).

Por fim os ortomosaicos classificados foram mesclados para se obter o ortomosaico final de classificação. Este ortomosaico foi avaliado quanto à sua Acurácia Global (AG)² pela amostragem aleatória estratificada de 50 pontos amostrais para cada uma das seis classes, totalizando 300 pontos amostrais de validação cruzada. A validação cruzada consiste em verificar visualmente cada um dos pontos amostrais observando ortomosaico classificado versus ortomosaico RGB para conferir se a classe representa corretamente o uso e ocupação definido.

$$AG = \frac{(\sum_{i=1}^m n_{ii})}{N} \quad 2$$

Em que: AG: Acurácia ou Exatidão Global (%); $\sum_{i=1}^m n_{ii}$: Somatória dos Pontos Corretamente Classificados; N: Número total de pontos avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aspectos Gerais do Uso e Ocupação do solo para os três córregos

A função das áreas de preservação permanente (APP), no Brasil, entre outros visam atender ao direito de todo brasileiro a um "meio ambiente ecologicamente equilibrado", segundo o art. 225 da Constituição. De forma geral as áreas de preservação permanente não devem ser alteradas, permitindo-se a modificação ou supressão de vegetação, somente através de lei e embora grande parte da doutrina admita a possibilidade de intervenção em área de

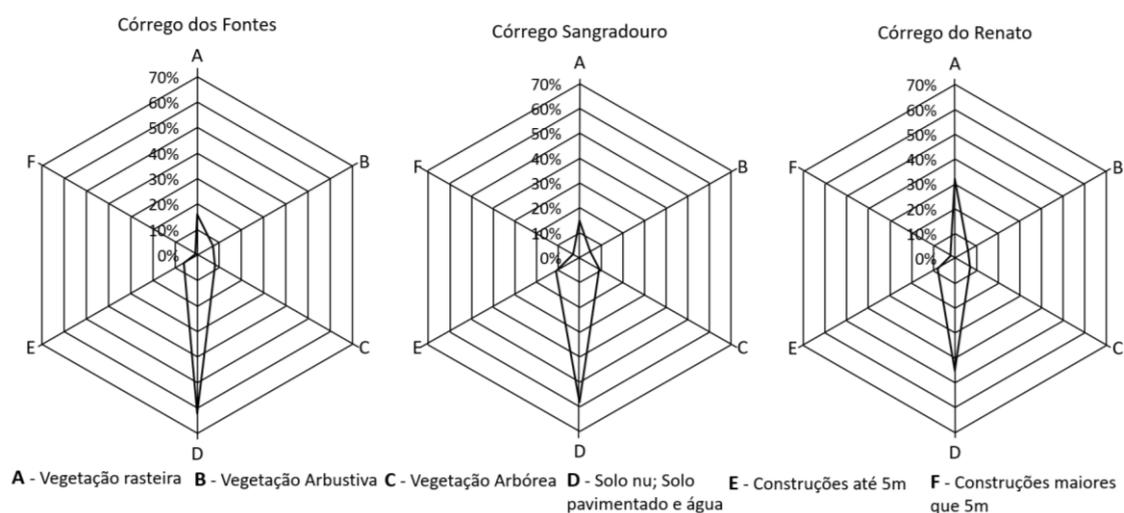
preservação permanente assim declaradas pelo Poder Público, a Lei n. 12.651/12 prevê em seus artigos 3º, VIII, IX, X, 8º e 9, a supressão de vegetação em áreas de preservação permanente e sua utilização com finalidade econômica, em casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, (VIEIRA et al. 2014).

As áreas estudadas não apresentaram grandes proporções de espaços com construções, sejam estas térreas ou de múltiplos pavimentos. As porcentagens de áreas construídas estavam em torno de 10% (figura 3). Contudo estas construções estão dentro da área de APP, e segundo a Lei supracitada, estão irregulares.

O maior problema de uso e ocupação está em áreas de terreno sem vegetação, com uma variação de 45% a 62% (figura 3). Grande parte destas áreas representa vias de trânsito pavimentadas ou não. As vias causam grande impacto na área próxima ao leito, pois o tráfego de veículos pode causar a compactação do solo lindeiro e dependendo do tipo de solo pode causar erosão e assoreamento, além da impermeabilização causando enchentes nessas regiões. Também foi constatado atividades de patrolagem, atividade de manutenção de vias não pavimentadas, realizada com patrola, em que a lâmina da patrola cava e remove transversalmente a terra em direção ao leito do rio.

A maneira de consolidação do processo de desenvolvimento urbano em Cáceres não foi diferente da realidade brasileira, quando se trata de ocupação nas áreas adjacentes aos rios ou córregos urbanos. Ações de descaso, pois têm seus leitos modificados, canalizados, aterrados e suas matas ciliares suprimidas. Ocorrendo assim, contínuo adensamento em suas margens, tratados como fundo de lotes e local de despejo, tornando-se sujos, poluídos e desvalorizados (PORATH, 2004).

Figura 3: Classificação do uso do solo nos córregos



Em relação a vegetação, a qual deveria preencher toda área de preservação permanente (APP) alcançaram índices baixos, no estrato arbóreo 7% a 9%, arbustiva 5% a 7% e rasteira 15% a 32%, figura 3. O conceito de APP, segundo Mello (2008) traz consigo o princípio da intangibilidade, ou seja, o impedimento do uso e ocupação humana. O princípio da intangibilidade é contrário aos usos urbanos tradicionais. As áreas de preservação permanente são ecossistemas biodiversos e frágeis em termos de susceptibilidade a impactos antrópicos.

Esses impactos têm se intensificado nas últimas décadas por falta de um planejamento urbano adequado (MEDEIROS et al. 2018).

4.2 Córrego dos Fontes

O Córrego dos Fontes, figura 4, localiza-se ao norte do centro da cidade, o córrego foi observado desde a sua nascente (S16°03'38.7" W057°39'52.1") no bairro Joaquim Murtinho até a sua foz na Baía do Malheiros, localizada no rio Paraguai.

O item de maior relevância para o meio ambiente é a vegetação, o total de área coberta por vegetação nas três categorias (rasteira, arbustiva e arbórea) representou 31%. A área deveria estar 100% preservada se fosse levada em consideração a legislação vigente do código florestal, (BRASIL, 2012).

É necessário destacar que essa mata preservada é mecanismo fundamental para os serviços ecossistêmicos pois preserva as margens contra erosão, aumenta a absorção do solo, preserva a avifauna e ainda contribui para a qualidade da água. Os artifícios do planejamento urbano na criação diferentes espaços, que incluam parques públicos e áreas verdes, não só colabora para a ampliação do uso do solo e seu aproveitamento mais eficiente, como também permite a melhoria da qualidade de vida, o que é parte essencial do atrativo de um centro urbano, (CENGIZ, 2013).

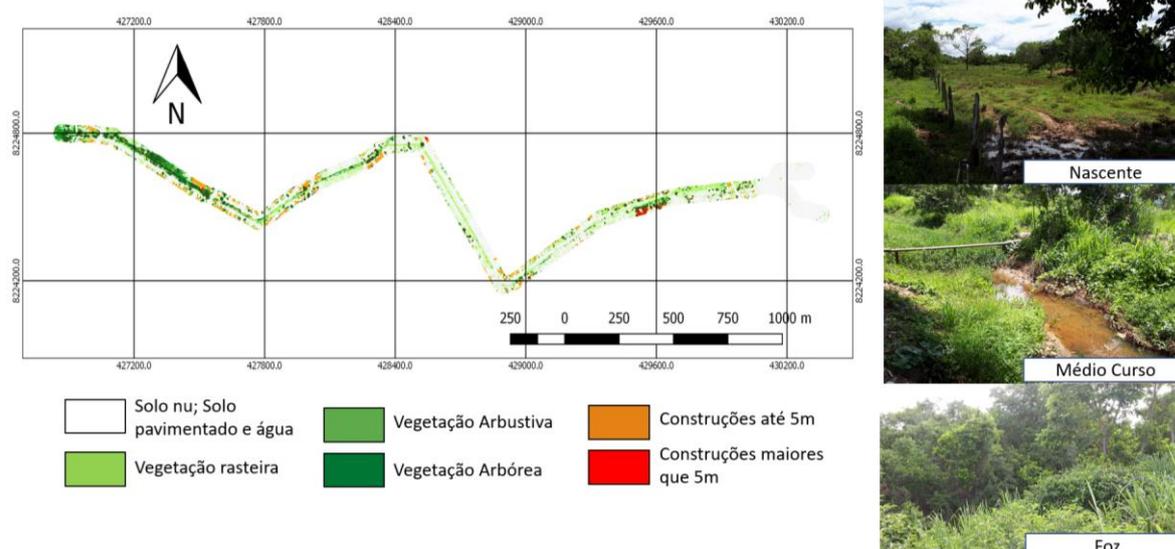
A classe solo nu, pavimentado e água alcançou um percentual de 62%, essa classe abrange vias pavimentadas e de terra, quintais, terrenos vazios e água. O diagnóstico de cada uma dessas situações possibilita ao poder público recuperação e transformação de local para a utilização da população em geral. Os vazios urbanos (terrenos documentados ou não), são potenciais áreas de lazer para uma população com poucos recursos e carente de atividades de recreação.

As vias que margeiam os córregos, hoje ocupando essa área de maneira irregular, podem ser mais bem estruturadas ou até uma mudança de função, como a criação de ciclovias, tendo em vista que a população de Cáceres utiliza muito esse meio de transporte. Essas vias são potenciais vias verdes. Os corredores verdes formam redes de mobilidade segura, dando prevalência ao pedestre e aos meios de transporte movidos a energia não poluente, recuperando a mata nativa e incorporando o valor paisagístico dos percursos e locais notáveis, (BENEDICT; McMAHON, 2009)

Na classe área construída, entre construções térreas e de mais pavimentos, obtive um total de 7%, porcentagem relativamente baixa, visto que parte do córrego fica em região menos urbanizada da cidade, no entanto é importante ressaltar que se políticas públicas, referentes a ocupação da área marginal do córrego não for adotada, a tendência é de um número cada vez maior de construções.

A sua nascente está localizada em uma área afastada da cidade no final da rua Joaquim Murtinho, figura 4, nota-se ser uma área bem degradada localizada em um local de pastagem sem proteção de cerca nem vegetação, e ainda sujeita ao pisoteio de animais (Gado) pois se encontra em uma propriedade rural.

Figura 4: Classificação do uso do solo no córrego do Fontes



Fonte: Autores, 2023.

As alterações antrópicas vão continuar ocorrendo, sem o devido planejamento, no caso das moradias irregulares, o risco se encontra na ocorrência de enchentes, aparecimento de animais peçonhentos e lançamento de efluentes nas águas do córrego possibilitando o contato com doenças decorrentes da falta de saneamento adequado.

De acordo com Tucci (2008) o aumento das cidades provoca alterações no ciclo hidrológico e nas propriedades naturais da drenagem. A qualidade de um curso hídrico está diretamente relacionada às alterações verificadas na bacia hidrográfica. O uso e ocupação do solo exercem fundamental influência no escoamento superficial para estes cursos, podendo alterar sua qualidade e quantidade (GARCIA et al., 2020).

4.3 Córrego Sangradouro

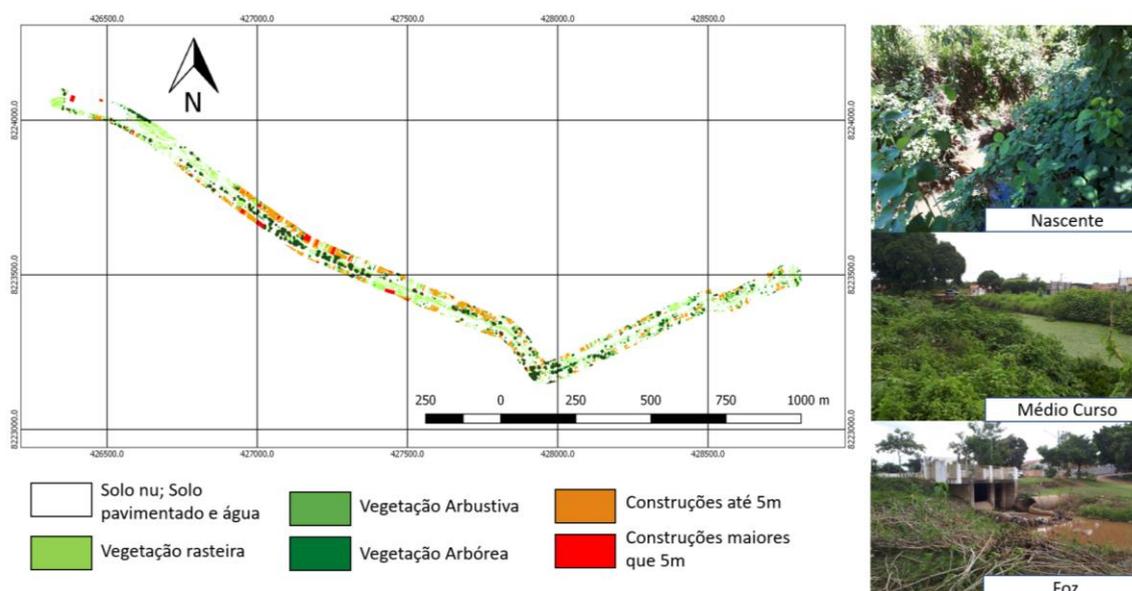
No córrego Sangradouro a porcentagem de vegetação entre as três classes (rasteira, arbustiva e arbórea) foi de 29%, sendo a maior parte 15% vegetação rasteira, figura 5, considerando que o ideal seria a cobertura com vegetação arbórea e arbustiva, assim garantindo uma melhoria nos serviços ecossistêmicos, essenciais para conservar o curso d'água. Uma ocorrência comum em região desmatada é a erosão quando se tem um solo desprovido de vegetação.

Para Machado (2007) a vegetação sendo ela nativa ou não, são meios de preservação pelas suas funções protetoras das águas, do solo, da biodiversidade (fauna e flora), da paisagem e do bem-estar da população local. A área de preservação permanente - APP não é somente um favor da lei, é um ato de inteligência social e ambiental.

A classe solo nu, pavimentado e água obteve um coeficiente de 58%, representando a maior parte da área estudada. Não sendo área vegetada ou construída, há potencial área de recuperação, observando especificamente cada local para determinação de diretrizes. Essa área é dividida entre vias pavimentadas ou não, quintais, terrenos vazios e vazios urbanos, no entanto, com estudo mais específico, essas áreas podem ser tratadas de forma específica para cada região em que o córrego se encontra na cidade.

A criação de infraestrutura verde em várias escalas (Praças, corredores verdes, parques, biovaletas entre outros). Existem muitas evidências de pesquisas e práticas de que a infraestrutura verde oferece benefícios às pessoas e à sociedade. Por exemplo, a infraestrutura verde pode apoiar a saúde e o bem-estar (FRUMKIN et al., 2017); contribuir para um ambiente construído de alta qualidade (PAYNE; BARKER, 2015); reduzir a ilha de calor urbano (UHI); e apoiar a qualidade ambiental e a adaptação às mudanças climáticas (ZÖLCH et al., 2016). Essa evidência tem sido importante para justificar economicamente o investimento em infraestrutura verde, demonstrando seu valor para formuladores de políticas, planejadores, setor de desenvolvimento imobiliário e outros responsáveis pela forma e qualidade do ambiente construído.

Figura 5: Classificação do uso do solo no córrego Sangradouro



Fonte: Autores, 2023.

Em relação a área construída dividida entre construções térreas e de múltiplos pavimentos foi de 14%, figura 5, sendo que a área estudada não poderia segundo a legislação ter qualquer tipo de construção, já citado anteriormente.

A região em que está inserido o córrego tem a densidade média e alta de 4.000 a 10.427 hab./km², uso do solo residencial misto, comércio e serviço, serviço de saúde e residencial. O Córrego com maior nível de intervenção, com obras de drenagem que alteraram a calha e a configuração, alterações em seu perfil transversal (largura e profundidade) com trecho canalizado, vegetação ciliar totalmente retirada e forte ocupação de suas margens, área suscetível à inundação, (CRUZ; SOUZA, 2016).

Silva et al. (2008) enfatizaram que “a cidade de Cáceres apresenta crescimento territorial desordenado cuja consequência é a ocupação de áreas localizadas nas margens do rio Paraguai, para construção de pousadas, pesqueiros e loteamentos, sem nenhuma preocupação com as Áreas de Preservação Permanente (APPs), que são áreas protegidas pela legislação ambiental”. Situação está extensiva aos cursos hídricos que atravessam o tecido urbano cacerense para desaguarem no rio Paraguai, a exemplo do córrego Sangradouro.”

4.4 Córrego do Renato

No local da nascente, figura 6, há grande quantidade de entulho e a água é coberta por plantas aquáticas, dificultando a visualização do seu leito. Nas margens, há poucos arbustos, em alguns pontos as margens são rodeadas por capim e, embora esteja na área urbana, há indícios de pisoteio de animais.

A área levantada com a “ARP” foi da nascente até a foz do córrego estudado, totalizando 26,51 hectares, considerando o curso do mesmo e sua área de Área de Preservação Permanente que deve ter 30 metros a partir da sua margem.

A área de APP apresentou uma baixa porcentagem de vegetação Arbórea, tendo apenas 7% de indivíduos com mais de 5,3 metros de altura. Esta informação é conflitante com a Lei 12.651/12 (Novo Código Florestal) à qual determina que as áreas de APP devem ser totalmente conservadas. Ainda sobre a ocupação vegetal, foi computado 32% de vegetação com menos de 1,3 metros de altura, denominadas rasteiras, e 6% de vegetação arbustiva, considerando plantas menores que 5,3 metros e maiores que 1,3 metros.

Como já citado, as áreas de preservação permanente devem ser em sua totalidade preservadas; e, portanto, deveria estar ocupada por vegetação. Isto não quer dizer que estas áreas não podem receber visitação de pessoas e animais, apenas que sejam executadas atividades de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012).

Sendo assim, as áreas que sofreram supressão da vegetação nativa, deve ser recuperada pelo detentor da área, ficando a cargo do órgão municipal propor alternativas mitigadoras dos impactos ambientais juntamente com os munícipes (CACERES, 2016).

Uma das medidas de intervenção seria o plantio em toda sua margem até a distância de 30 metros, porém ao longo de seu curso possui 8% de construções abaixo de 5 metros de altura e 2% de construções acima de 5 metros, totalizado 10% de toda área.

Enchentes e erosões nas proximidades das residências, são decorrentes das ocupações irregulares nas áreas de APP, tornando-as áreas de risco. Atrelado a isso, estão os vários riscos em contrair doenças, devido a despejo de resíduos e efluentes presentes no local (SANTANA, 2011). A ocupação irregular das áreas próximas a cursos d'água, como acontece nas APP's, acabam gerando situações de risco, o que pode levar o município a decretar estado de calamidade pública. Situação que é agravada quando o sistema de drenagem não está em boas condições (DA SILVA et al., 2018).

Mesmo sendo relativamente baixa a porcentagem de construções que estão dentro do limite de 30 metros, estão sujeitas a diversos riscos, como foi citado acima, o risco de enchentes, desmoronamentos e doenças são constantes. Situações agravadas no canal por não receber os mínimos cuidados possíveis.

No Código Ambiental de Cáceres, os Art. 55 e Art. 71 dizem que é proibido o lançamento de qualquer forma de matéria, que cause impactos negativos no meio ambiente, citando ainda que se essa liberação de efluentes for autorizada pelo Órgão Municipal de Meio Ambiente deverá passar por processo de tratamento (CACERES, 2016).

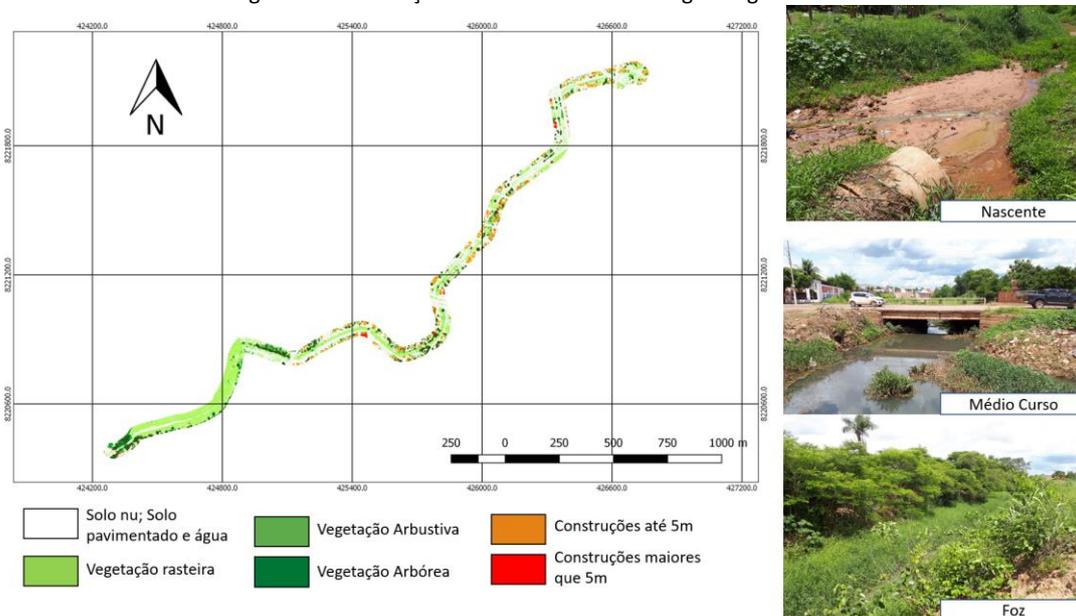
Para que não haja conflitos com os moradores residentes nessas áreas de preservação permanente, recomenda-se, já que o nível de construções é relativamente baixo, que sejam mantidas as residências, e as medidas de intervenção aconteçam de forma compensativa em outras áreas próximas.

O mais preocupante é a classe solo nu, pavimentado e água, sendo de 45% seu nível de ocupação, este podendo ser vias públicas asfaltadas ou não, quintais das residências e áreas

calçadas. Isso contribuindo negativamente para o aparecimento de erosões e consecutivamente o assoreamento do canal.

A falta da mata ciliar, deixando o solo exposto, está ligado a sedimentação da calha fluvial, além disso a quantidade de lixo e esgoto que são depositados influenciam no aumento do assoreamento e agrava as enchentes e inundações (PORATH, 2004).

Figura 6: Classificação do uso do solo no córrego Sangradouro



Fonte: Autores, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da pouca notoriedade dada às APPs em meio urbano, e da necessidade de estudos mais específicos sobre o assunto, essas podem ser classificadas como um dos mecanismos de combate ao cenário de degradação nas cidades brasileiras. A conservação da vegetação nativa nessas áreas, além de contribuir para o equilíbrio ecossistêmico, também tem relevância para a regulação das cheias, sendo uma contribuição de grande valor para as cidades, estando vinculada à redução de alagamentos e manutenção do abastecimento hídrico.

No entanto, os limites das APPs são constantemente infringidos, seja por ocupações irregulares ou canalização das suas margens. A criação da legislação referente às APPs poderia ter concebido milhões de metros quadrados de áreas verdes nas cidades brasileiras, como alerta Macedo (2012)

É necessário procurar um modo diferente de se idealizar as cidades, procurando uma nova estética, em que a urbe não seria a negação da natureza. A vegetação das APPs, nessa nova estética, seria natural, bonita e agradável, e a população poderia criar uma nova afetividade com as áreas livres das cidades, principalmente com os cursos d'água.

O levantamento e classificação de imagens com o uso de ARPs (Aeronaves Remotamente Pilotadas) é de grande relevância pois através das imagens tem se a possibilidade de criar estratégias de controle e observação que antes não seriam possíveis com um equipamento e mão de obra reduzida. O produto como o ortomosaico gera imagens precisas de vegetação, construções, presença de água e outros elementos, o que garantiu a precisão da classificação e análise da área de APP do córrego estudado. Esses são instrumentos que facilitam ações de perícia e controle ambiental por parte dos órgãos fiscalizadores.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo apoio a essa pesquisa

7 REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. C. **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação.** Um estudo da bacia do Jaguaré. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.

AMORIM, N. C. R. Rios Urbanos, Águas Baianas. **Revista Paisagem e Ambiente: Ensaios**, São Paulo, v.30, n.44, 2019.

ASSIS, J. M. O.; CALADO, L. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, n.05 (Número Especial – VIWMCRHPE) p. 859-870, 2014.

ARAGÃO, J. P. G. V.; GOMES, E. T. A. Vulnerabilidades em manchas urbanas ao longo das margens fluviais do Capibaribe - Pernambuco / Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v.31, p.1-28, 2019.

BENEDICT, M. A.; McMAHON T. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities.** Washington, DC; Island Press, 2009.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Instituiu o novo Código Florestal brasileiro.** Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA/FNMA. **Recuperação e proteção de nascentes e áreas que margeiam os corpos d'água.** Edital FNMA no. 02/2005.

BORGES, R. F.; BORGES, F. A.; COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA L. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha – MG. In: **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação**, Recife, 2008.

BOURScheidt, V. **Uso de VANTs para Estudos Ambientais em áreas urbanas: aplicações atuais e perspectivas.** In: PRUDKIN, G.; BREUNIG, F. M. DRONES E CIÊNCIA: Teoria e Aplicações Metodológicas. Santa Maria-RS: FACOS-UFSM, 2019. p.111-123.

BUFFON, E. A. M.; DA PAZ, O. L. D. S.; SAMPAIO, T. V. M. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) Para Mapeamento das Vulnerabilidades à Inundação Urbana: Referenciais e Bases de Aplicação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. Especial, n.9, p 180-189, 2017.

CACERES. **Código Ambiental de Cáceres.** Decreto nº 76 de 13/02/2015. Instituído o Código Ambiental Municipal, podendo ser ampliado e detalhado em Lei Complementar, como instrumento legal do Executivo para regular as ações dos municípios sobre o meio ambiente sustentável. Sistema Municipal do Meio Ambiente (SIMMA). Política Municipal do Meio Ambiente, 2016.

CENGIZ, B. **Urban River Landscapes.** In *Advances in Landscape Architecture*; Ozyavuz, M.; Ed. InTech: Rijeka, Croácia, 2013.

CRUZ, J. da S.; SOUZA, C. A. A questão urbana na bacia do alto Paraguai: desenvolvimento urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres/MT (períodos de 1945 a 2013). **Revista Boletim de Geografia**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 111-128, 2016.

CZORTEK, P.; DYDERSKI, M. K.; JAGODZIŃSKI, A. M. River regulation drives shifts in urban riparian vegetation over three decades. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.47, n.1, 2020.

DA SILVA, C. C. R.; SANTOS, R. P.; DE SÁ, T. F. F.; MATOS, L. F. D. O. R.; PERES, L. M.; ARAÚJO, L. C. Influência das construções irregulares em área de preservação permanente (app) em trecho do rio Pirarara, Cacoal- RO/Brasil. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v.1, n.3, 2018.

FRUMKIN, H.; BRATMAN, G. N.; BRESLOW, S. J.; COCHRAN, B.; KAHN, P. H.; LAWLER, J. L.; WOOD, S. A. Nature contact and human health: a research agenda. **Environ. Health Perspect.**, v. 125, n.7, 2017.

GARCIA, J. M.; MANTOVANI, P.; GOMES, R. C.; Longo, R. M.; Demanboro, A. C.; Bettine, S. do C. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**. Editora da Universidade Federal de Uberlândia - EDUFU, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2020.

IBGE. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Brasília: IBGE, 271 p. 2012.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 15. ed. São Paulo: Malheiros, p. 735, 2007.

MACEDO, S.; QUEIROGA, E.; DEGREAS, H. APPs urbanas: uma oportunidade de incremento da qualidade ambiental e do sistema de espaços livres na cidade brasileira - conflitos e sucessos. In: **II Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano: abordagens, conflitos e perspectivas nas cidades brasileiras**, 2012, Natal. UFRN, v. 1, p. 1-11, 2012.

MEDEIROS, J. M. M.; ROMERO, M. A. B.; MEDEIROS, M. M.; ARAÚJO, D. dos S. Conflitos e Possibilidades em Áreas de Preservação Permanente Urbanas na Amazônia - Estudo na Lagoa dos Índios. **Revista Paranoá** 20, n°20, 2018.

MELLO, S. **Na Beira do Rio tem uma Cidade: urbanidade e valorização dos corpos d'água**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2008.

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 31, n. 2, p.55-68, 2011.

OLIVEIRA-JUNIOR, E.S.; BUHLER, B. F.; MUNIZ, C. C.; FURLAN, A. O. Córregos urbanos do município de Cáceres-MT, Brasil: um olhar para a conservação. **Revista de Eletrônica em Gestão, Educação, e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3268- 3274, 2013.

PAYNE, S.; BARKER A. **Implementing green infrastructure through residential development in the UK** D. Sinnett, N. Smith, S. Bruggess (Eds.), *Green Infrastructure: Planning, Design and Implementation*, Edward Elgar, pp. 375-394, 2015.

PORATH, S. L. **A paisagem de rios urbanos: a presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau**. 2004. 150p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

SANTANA, M. N. R. Identificação dos impactos ambientais da ocupação irregular na área de preservação permanente (APP) do Córrego Tamanduá em Aparecida de Goiânia. In: **II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2011.

SILVA, A.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da erosão marginal do rio Paraguai: bairro São Miguel em Cáceres/MT–Brasil. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 2, n. 3, p. 19-27, 2008.

SOUZA, H. S.; CHAVES, A. G. S.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; DA SILVA, R. S. Processo de amostragem para estimativa de produção em plantio de teca. **Agrarian academy, Centro Científico Conhecer**, v. 02, n.03, p.81-89, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VIEIRA, E. G.; GONÇALVES D. O.; BOEING, J. Áreas de Preservação Permanente: Peculiaridades do tema no Brasil, Estados Unidos, Portugal e Espanha. **Lex Humana**, Petrópolis, v. 6, n. 1, p. 44-69, 2014.

ZÖLCH, T.; MADERSPACHER, J.; WAMSLER, C.; PAULEIT, S. Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 20, pp. 305 – 316, 2016.