



## Classificação de uso e ocupação do solo em APP de córregos urbanos com o uso de imagens de Aeronave Remotamente Pilotada

**Fernanda Miguel Franco**

Professora Doutora, IFMT, Brasil  
fermigfran@gmail.com

**Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves**

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

Submissão: 21/10/2023

Aceite: 22/03/2024

FRANCO, Fernanda Miguel; CHAVES, Arthur Guilherme Schirmbeck. Classificação de uso e ocupação do solo em APP de córregos urbanos com o uso de imagens de Aeronave Remotamente Pilotada. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 20, n. 5, 2024. DOI: [10.17271/1980082720520245274](https://doi.org/10.17271/1980082720520245274). Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/5274](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5274)

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Classificação de uso e ocupação do solo em APP de córregos urbanos com o uso de imagens de Aeronave Remotamente Pilotada**

### **RESUMO**

As tecnologias, cada vez mais desenvolvidas, surgem como ferramentas úteis para avaliação das mudanças, bem como suporte para propostas que visem à 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 uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). Os córregos Fontes, Sangradouro e Renato foram sobrevoados para a 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 Área de Preservação Permanente (APP). 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, bem como a deposição de efluentes ao longo dos córregos, não atende ao Código Florestal brasileiro vigente. O uso do equipamento de fotogrametria, mais especificamente a ARP, mostrou-se vantajoso pela agilidade na coleta de dados a campo, oferecendo resultados concisos e de ótima qualidade de imagem (ortomosaico), tornando possíveis as avaliações previstas de impactos ambientais sofridos, fornecendo, ainda, um banco de dados para o monitoramento da área.

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

## **Classification of land use and occupation in urban streams PPA using images from Remotely Piloted Aircraft**

### **ABSTRACT**

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 Remotely Piloted Aircraft (RPA). The streams 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 Permanent Preservation Area (PPA). 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, does not comply with the current Brazilian Forest 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.

## **Clasificación de uso y ocupación del suelo en APP de arroyos urbanos utilizando imágenes de Aeronave Remotamente Pilotada**

### **RESUMEN**

Las tecnologías, cada vez más avanzadas, surgen como herramientas útiles para evaluar los cambios, así como para apoyar propuestas dirigidas a mitigar la antropización. Este trabajo tuvo como objetivo clasificar el uso y la ocupación del suelo en tres arroyos urbanos de la ciudad de Cáceres-MT, mediante el uso de una Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). Los arroyos Fontes, Sangradouro y Renato fueron sobrevolados para obtener aerofotografías y, posteriormente, con el procesamiento de las imágenes, se generó el ortomosaico. Este, a su vez, se utilizó para clasificar el uso y la ocupación del suelo dentro de los límites del Área de Preservación Permanente (APP). Gracias a la precisión centimétrica espacial del ortomosaico generado, fue posible realizar un análisis preciso de la ocupación local y observar que la cobertura vegetal ribereña, así como la deposición de efluentes a lo largo de los arroyos, no cumple con el Código Forestal brasileño vigente. El uso del equipo de fotogrametría, específicamente la ARP, demostró ser ventajoso por su agilidad en la recolección de datos en campo, ofreciendo resultados concisos y de excelente calidad de imagen (ortomosaico), lo que permitió realizar evaluaciones previstas de los impactos ambientales sufridos, además de proporcionar una base de datos para el monitoreo del área.

**PALABRAS CLAVE:** Área de Preservación Permanente. Arroyos Urbanos. Aeronave Remotamente Pilotada.

## 1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas são espaços modificados e adaptados para prover a ocupação humana e suas atividades, alterando o meio ambiente e modificando a paisagem, pois essas ocupações acontecem de forma não planejada, suprimindo cursos d'água e a vegetação nativa. Somente a partir do século XX, após a ocupação desordenada, motivada pela Revolução Industrial, tiveram 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 têm muitas funções e, entre elas, destaca-se 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).

Entre os aspectos ambientais urbanos, as margens dos rios são ambientes complexos e locais de incontáveis processos socioambientais, desde aqueles relativos às formas de ocupação e ao 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 protegidas e definidas pelo Código Florestal brasileiro (BRASIL, 1965) como Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas de Reserva Legal (RL) e foram recepcionadas pelo artigo 225º da Constituição Federal brasileira. Tal artigo dá ao poder público a incumbência de definir os "espaços territoriais" a serem protegidos. Dessa forma, o novo Código Florestal brasileiro (Lei 12.561, de 25 de maio de 2012) 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 de importância ambiental e possuem forte restrição de uso, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

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

Dessa maneira, o mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal, mediante a utilização de técnicas de geoprocessamento, representa importante instrumento para o planejamento e a gerência da ocupação do meio físico, permitindo a avaliação e o monitoramento deste, 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, facilitar as tomadas de decisão em nível governamental e na gestão de recursos hídricos, entre 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, ele 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. Tratam-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). Nesse sentido, o monitoramento de APPs em ambientes urbanos por meio de ARPs tem grande potencial, principalmente pela redução de custos e pela possibilidade de monitoramento frequente e direcionado para as áreas de maior vulnerabilidade.

## **2 OBJETIVOS**

O seguinte trabalho objetivou fazer a classificação do uso e da ocupação do solo nas APPs – Áreas de Preservação Permanente – em três córregos urbanos (Fontes, Sangradouro e Renato) com o uso de aerofotogrametria, utilizando-se 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 dos biomas do Pantanal, do Cerrado

e da 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).

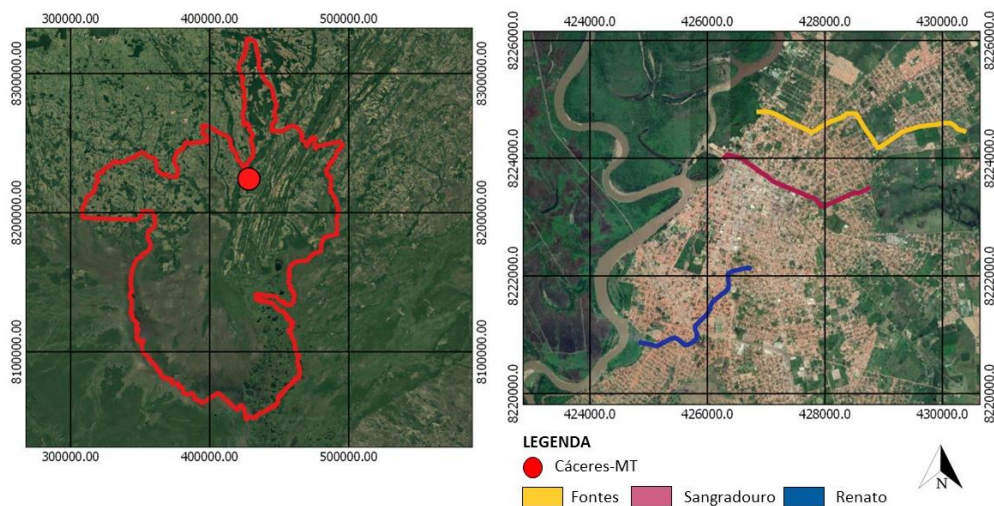
Os córregos estudados localizam-se totalmente na área urbanizada da cidade onde estão suas nascentes e foz. São eles: Córrego dos Fontes, Córrego Sangradouro e Córrego do Renato (Figura 1).

O Córrego dos Fontes tem sua nascente circunscrita à coordenada geográfica Sul 16°03'38.7" Oeste 057°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 a 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°05'45.5" e Oeste 57°39'10.8".

Por fim, o Córrego do Renato tem a nascente circunscrita à coordenada geográfica Sul 16°04'44.9" e Oeste 057°41'05.7", no bairro Vila Mariana, que é um local prioritariamente residencial. Sua nascente é cercada por casas e não há delimitação nenhuma nas margens do córrego. Parte do rio tem a calha e as laterais conservadas, sem nenhum tipo de interferência, seguindo seu curso natural. A outra parte é canalizada a céu aberto, com 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: Elaboração própria, 2023.

### 3.2 Coleta e processamento de dados

Após o planejamento e a organização, a coleta de dados foi organizada conforme etapas descritas no fluxograma a seguir (Figura 2).



Figura 2 – Fluxograma metodológico



Fonte: Elaboração própria, 2023.

### 3.3 Aquisição das imagens aéreas

O córrego foi vetorizado e caracterizado a campo por meio de pontos de GNSS de Navegação. Posteriormente, esses 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 a definição da quantidade de voos necessária e a definição das rotas que a ARP deveria seguir em cada trecho para a aquisição das fotografias aéreas.

Por meio de estudos preliminares, foram definidos 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, nos quais se coletaram as coordenadas com a 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 a geração dos seguintes produtos cartográficos: nuvens de pontos tridimensionais, Modelo Digital de Superfície (MDS), Modelo Digital de Terreno (MDT) e ortomosaico.

As APPs foram delimitadas e especializadas por meio da geração de *buffers* no SIG Quantum GIS nos vetores dos córregos anteriormente obtidos. Esses *buffers* foram gerados considerando-se o centro da calha do rio, que, de acordo com o Código Florestal brasileiro, deve ter 30 metros de área protegida de cada lado, quando os cursos d'água tiverem menos de 10

metros de largura, e 50 metros de área protegida, de cada lado, para as nascentes. Posteriormente empregaram-se essas camadas vetoriais espaciais para recortar os produtos cartográficos gerados pela aerofotogrametria, os quais foram: ortomosaico, MDT e MDS.

Para a 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 5,3 m.

O ortomosaico consiste num *raster* contendo as bandas espectrais *Red, Green, Blue* (RGB) 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*)<sup>1</sup>, 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, obtém-se o Modelo Digital de Altura (MDH) e, assim, é possível conhecer a altura absoluta de cada “objeto” ou “feição” contidos 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 foi 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. Esse ortomosaico foi avaliado quanto à sua Acurácia Global (AG)<sup>2</sup> 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-se o ortomosaico classificado *versus* o ortomosaico RGB para conferir se a classe representa corretamente o uso e a ocupação definidos.

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

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

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Aspectos gerais do uso e da ocupação do solo para os três córregos

A função das áreas de preservação permanente (APP), no Brasil, visa a atender ao direito de todo brasileiro a um "meio ambiente ecologicamente equilibrado", segundo o art. 225

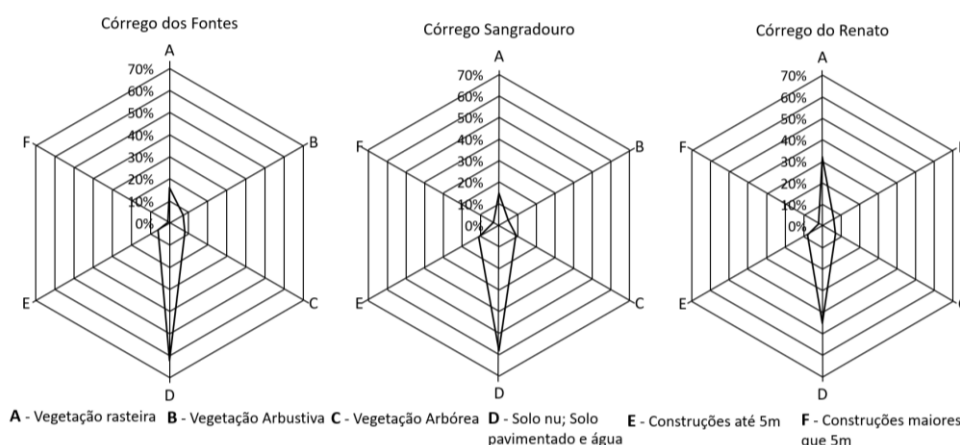
da Constituição brasileira. De forma geral, as áreas de preservação permanente não devem ser alteradas, permitindo-se a modificação ou a supressão de vegetação somente pela lei. Embora grande parte da doutrina admita a possibilidade de intervenção em áreas de preservação permanente assim declaradas pelo 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 essas térreas ou de múltiplos pavimentos. As porcentagens de áreas construídas estavam em torno de 10% (Figura 3). Contudo, essas construções estão dentro da APP e, segundo a lei supracitada, estão irregulares.

O maior problema de uso e de ocupação está em áreas de terreno sem vegetação, com uma variação de 45% a 62% (Figura 3). Grande parte dessas 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 foram constatadas atividades de patrolagem, que é uma atividade de manutenção de vias não pavimentadas realizada com patola, em que a lâmina da patola 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 aos córregos urbanos. São ações de descaso, pois esses rios ou córregos têm seus leitos modificados, canalizados, aterrados e suas matas ciliares suprimidas, ocorrendo, assim, contínuo adensamento em suas margens, tornando-se sujos, poluídos e desvalorizados (PORATH, 2004).

Figura 3 – Classificação do uso do solo nos córregos



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Em relação à vegetação, a qual deveria preencher toda a área de preservação permanente (APP), esta alcançou índices baixos: no estrato arbóreo, de 7% a 9%, na arbustiva, de 5% a 7% e na rasteira, de 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 da 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 suscetibilidade 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 Murinho, 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 brasileiro (BRASIL, 2012).

É necessário destacar que essa mata preservada é mecanismo fundamental para os serviços ecossistêmicos, pois preserva as margens contra a 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 colaboram para a ampliação do uso do solo e para o seu aproveitamento mais eficiente, como também permitem 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 a recuperação e a 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.

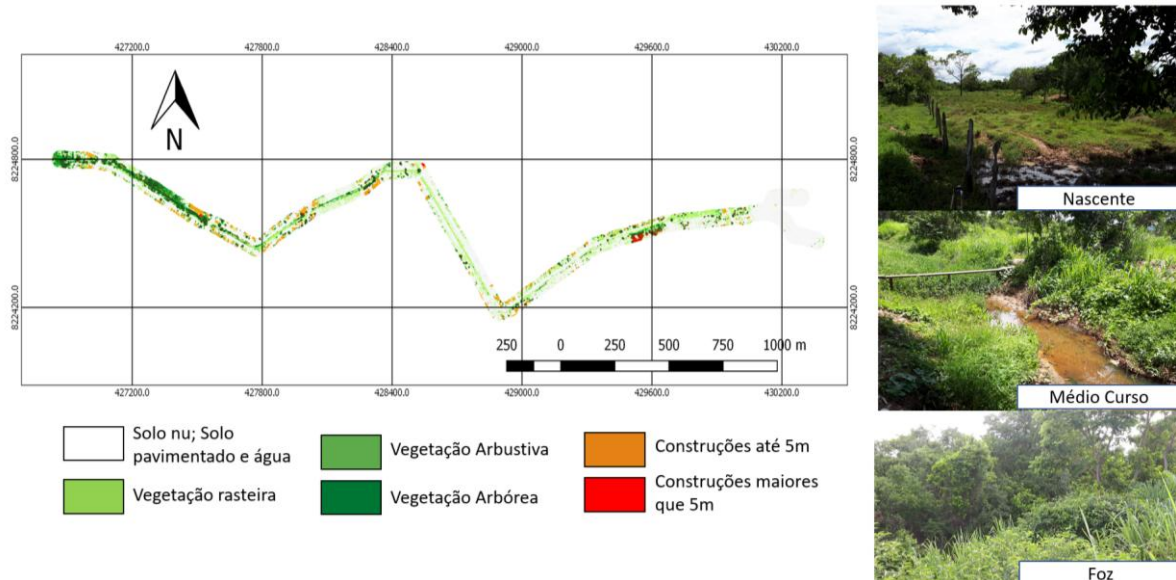
As vias que margeiam os córregos, hoje ocupando essa área de maneira irregular, podem ser mais bem estruturadas ou podem até ter uma mudança de função, como a criação de ciclovias, tendo em vista que a população de Cáceres utiliza muito esse meio de transporte (bicicletas). Essas vias são potenciais 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 de locais notáveis (BENEDICT; McMAHON, 2009).

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

A nascente do Córrego dos Fontes está localizada em uma área afastada da cidade, no final da rua Joaquim Murinho (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 dos Fontes



Fonte: Elaboração própria, 2023.

As alterações antrópicas vão continuar ocorrendo sem o devido planejamento. No caso das moradias irregulares, o risco se encontra na ocorrência de enchentes, no aparecimento de animais peçonhentos e no 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 a ocupação do solo exercem fundamental influência no escoamento superficial para esses 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, que acontece quando se tem um solo desprovido de vegetação.

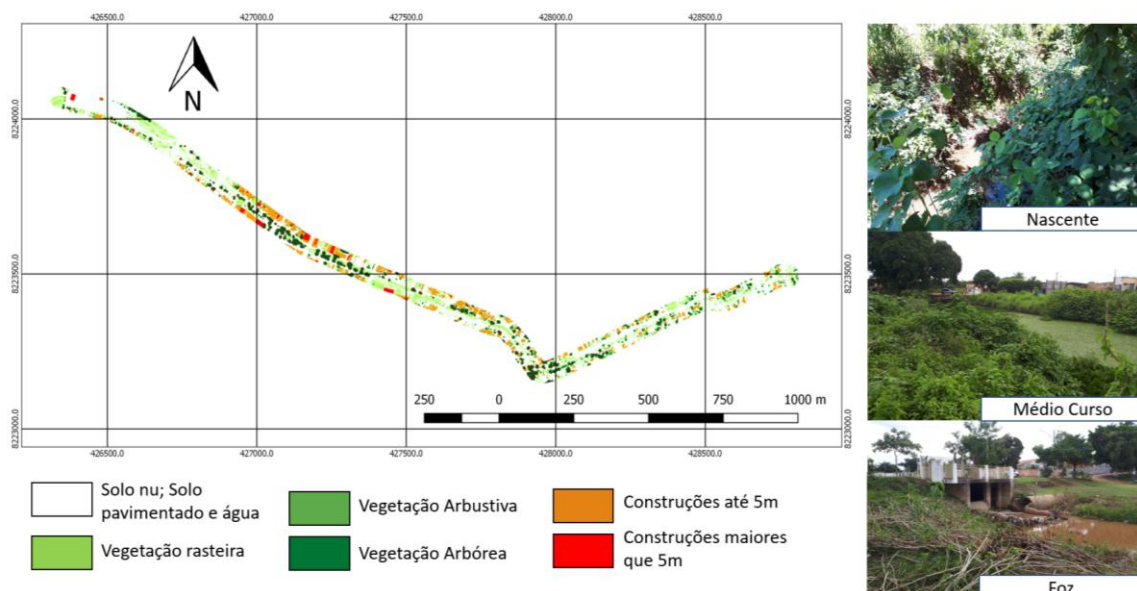
Para Machado (2007), a vegetação, sendo ela nativa ou não, é um meio de preservação pelas suas funções protetoras das águas, do solo, da biodiversidade (fauna e flora), da paisagem e do bem-estar da população local. A área de preservação permanente – APP – não é somente um favor da lei, é um ato de inteligência 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 um estudo mais específico, essas áreas podem ser tratadas de forma especial para cada região em que o córrego se encontra na cidade.

Há 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 o investimento em infraestrutura verde, demonstrando seu valor para formuladores de políticas, planejadores, para o setor de desenvolvimento imobiliário e outros responsáveis pela qualidade do ambiente construído.

Figura 5 – Classificação do uso do solo no Córrego Sangradouro



Fonte: Elaboração própria, 2023.

O percentual de 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, como já citado anteriormente.

A região em que está inserido o córrego tem densidade média e alta (de 4.000 a 10.427 hab./km<sup>2</sup>), uso do solo residencial misto, comércio e serviço, serviço de saúde e residencial. O córrego conta com maior nível de intervenção, com obras de drenagem que alteraram a calha e a configuração, com alterações em seu perfil transversal (largura e profundidade), com trecho canalizado, vegetação ciliar totalmente retirada e forte ocupação de suas margens, com 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 (SILVA et al., 2008).

“Situação essa extensiva aos cursos hídricos que atravessam o tecido urbano cacerense para desaguardem no rio Paraguai, a exemplo do Córrego Sangradouro” (PAIVA et al., 2015).

#### **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 leito. Nas margens, há poucos arbustos. Em alguns pontos, as margens são rodeadas por capim e, embora estejam 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 deste e sua área de Área de Preservação Permanente, que deve ter 30 metros, a partir da sua margem.

A APP apresentou uma baixa porcentagem de vegetação arbórea, tendo apenas 7% de indivíduos com mais de 5,3 metros de altura. Essa informação é conflitante com a Lei 12.651/12 (novo Código Florestal brasileiro), a qual determina que as APPs devem ser totalmente conservadas. Ainda sobre a ocupação vegetal, foram computados 32% de vegetação com menos de 1,3 metro de altura, denominadas rasteiras, e 6% de vegetação arbustiva, considerando plantas menores que 5,3 metros e maiores que 1,3 metro.

Como já citado, as áreas de preservação permanente devem ser preservadas em sua totalidade e, portanto, deveriam estar ocupadas por vegetação. Isso não quer dizer que essas áreas não podem receber visitação de pessoas e animais. É necessário, apenas, que sejam executadas atividades de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012).

Sendo assim, as áreas que sofreram supressão da vegetação nativa devem ser recuperadas pelo detentor da área, ficando a cargo do órgão municipal propor alternativas mitigadoras dos impactos ambientais com os municípios (CÁCERES, 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, há 8% de construções abaixo de 5 metros de altura e 2% de construções acima de 5 metros, totalizando 10% de toda a área.

Enchentes e erosões nas proximidades das residências são decorrentes das ocupações irregulares nas APPs, tornando-as áreas de risco. Atrelado a isso, estão os vários riscos de se contrair doenças, devido ao despejo de resíduos e efluentes presentes no local (SANTANA, 2011). A ocupação irregular das áreas próximas a cursos d'água, como acontece nas APPs, acaba gerando situações de risco, o que pode levar o município a decretar estado de calamidade pública. Essa situação 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 está sujeita a diversos riscos, como foi citado anteriormente. O risco de



enchentes, de desmoronamentos e de doenças é constante. Essas situações são agravadas no canal por não receberem os mínimos cuidados possíveis.

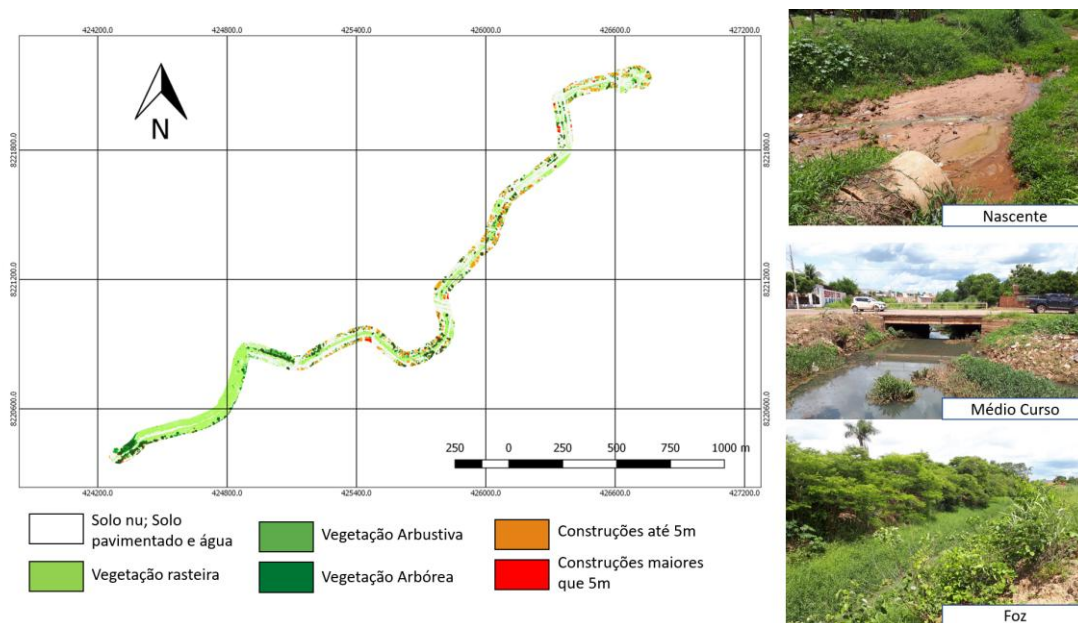
No Código Ambiental de Cáceres, os Art. 55 e Art. 71 dizem que é proibido o lançamento de qualquer forma de matéria que cause impactos negativos no meio ambiente, citando, ainda, que, se essa liberação de efluentes for autorizada pelo órgão municipal de meio ambiente, deverá passar por processo de tratamento (CÁCERES, 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 que 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 de vias públicas, asfaltadas ou não, quintais das residências e áreas calçadas. Isso contribui negativamente para o aparecimento de erosões e, consecutivamente, para o assoreamento do canal.

A falta da mata ciliar, deixando o solo exposto, está ligada à sedimentação da calha fluvial. Além disso, a quantidade de lixo e de esgoto que é depositada influencia no aumento do assoreamento e agrava as enchentes e inundações (PORATH, 2004).

Figura 6 – Classificação do uso do solo no Córrego do Renato



Fonte: Elaboração própria, 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 à manutenção do abastecimento hídrico.

No entanto, os limites das APPs são constantemente infringidos, seja por ocupações irregulares ou por 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 seja 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 a classificação de imagens com o uso de ARPs (Aeronaves Remotamente Pilotadas) é de grande relevância, pois, por meio das imagens, tem-se a possibilidade de criar estratégias de controle e de observação que antes não seriam possíveis com apenas um equipamento e mão de obra reduzida. Um produto como o ortomosaico gera imagens precisas de vegetação, de construções, da presença de água e de outros elementos, o que garantiu a precisão da classificação e a análise da APP do córrego estudado. Esses são instrumentos que facilitam ações de perícia e de controle ambiental por parte dos órgãos fiscalizadores.

## 6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos 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 (Doutorado em Engenharia Civil). 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**, Pernambuco, v. 7, n. 5 (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. **Institui o novo Código Florestal brasileiro.** Brasília-DF, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em 12 de fevereiro de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA/FNMA. **Recuperação e proteção de nascentes e áreas que margeiam os corpos d'água.** Edital FNMA n. 02/2005. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secex/dfre/fundo-nacional-do-meio-ambiente/arquivos-editais/ed022005.pdf>. Acesso em 12 de fevereiro de 2024.

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*, 2008. Recife. **Anais [...]**. Recife-PE: UFPE, 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**, USP, São Paulo, v. especial, n. 9, p. 180-189, 2017.

CÁCERES. **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: OZYAVUZ, M. Advances in Landscape Architecture*. Rijeka, Croácia: Ed. InTech, 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.; DYDESKI, 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**, UFCG, Paraíba, 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, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. 1993. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23907.pdf>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2024.

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

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

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. **Anais [...]**. 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**, UnB, Brasília, n. 20, 2018.

MELLO, S. **Na beira do rio tem uma cidade**: urbanidade e valorização dos corpos d'água. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 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**, UFSM, Rio Grande do Sul, v. 17, n. 17, p. 3268- 3274, 2013.

PAIVA, S. L. P.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; MIRANDA, M. R. S. Ações antrópicas na área de preservação permanente do córrego Sangradouro em Cáceres/MT e suas implicações nos aspectos físico-químico da água. **Revista Caminhos de Geografia**, UFU, Uberlândia, v. 16, n. 56, p. 49-61, dez, 2015.

PAYNE, S.; BARKER, A. **Implementing green infrastructure through residential development in the UK**. In: SINNETT, D.; SMITH, N.; BRUGESS, S. (Eds.). **Green Infrastructure: Planning, Design and Implementation**. Edward Elgar, p. 375-394, 2015.

PORATH, S. L. **A paisagem de rios urbanos: a presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau**. 2004. 150 p. 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, Londrina. **Anais [...]**. Londrina-PR: 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**, UFRR, Roraima, 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, Jandaia-GO, v. 2, n. 3, p. 81-89, 2015.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, USP, São Paulo, 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, p. 305-316, 2016.