

EIXOS TEMÁTICOS:

- A dimensão ambiental da cidade como objeto de discussão teórica ()
- Interfaces entre a política ambiental e a política urbana ()
- Legislação ambiental e urbanística: confrontos e a soluções institucionais ()
- Experiências de intervenções em APPs urbanas: tecnologias, regulação urbanística, planos e projetos de intervenção (X)
- História ambiental e dimensões culturais do ambiente urbano ()
- Engenharia ambiental e tecnologias de recuperação ambiental urbana ()

A reinserção dos cursos de água em áreas urbanas. Estudo de caso: Microbacia do Córrego Jataí – Uberlândia/MG

Elaine Saraiva Calderari (1); Ana Luiza Ferreira C. Maragno (2)

(1) Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia Urbana na Universidade Federal de Uberlândia, Arquiteta e Urbanista na Universidade Federal de Uberlândia. Desempenha função de Coordenadora de projetos na Divisão de projetos da Universidade Federal de Uberlândia. Brasil, elainesc.ufu@gmail.com

(2) Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia. Desempenha função de Professora Adjunto da Universidade Federal de Uberlândia. Brasil, analuiza@ufu.br

EIXOS TEMÁTICOS:

- A dimensão ambiental da cidade como objeto de discussão teórica ()
- Interfaces entre a política ambiental e a política urbana ()
- Legislação ambiental e urbanística: confrontos e a soluções institucionais ()
- Experiências de intervenções em APPs urbanas: tecnologias, regulação urbanística, planos e projetos de intervenção (X)
- História ambiental e dimensões culturais do ambiente urbano ()
- Engenharia ambiental e tecnologias de recuperação ambiental urbana ()

A reinserção dos cursos de água em áreas urbanas. Estudo de caso: Microbacia do Córrego Jataí – Uberlândia/MG

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi promover a reinserção das águas urbanas no contexto do planejamento físico-territorial nas cidades, por meio do estudo da microbacia do córrego Jataí, na cidade de Uberlândia-MG, com a busca do reequilíbrio das águas com o meio urbano, promovendo a conectividade e o fortalecimento das relações físicas e ambientais entre homem/natureza. O estudo analisou os impactos ambientais gerados na microbacia com o processo de urbanização e as obras de infraestrutura realizadas no córrego e no entorno. Foram propostas as simulações de 4 (quatro) cenários e levantados os parâmetros hidrológicos na condição natural (anterior ao processo de urbanização), urbanização atual, urbanização completa e urbanização ideal. Para elaboração do cenário ideal, foram propostas diretrizes para intervenções urbanas preventivas e diretas, por meio da inserção de um desenho urbano ecológico e sustentável, com a inserção de parques e áreas verdes e a utilização de infraestruturas verdes, baseadas nos princípios de planejamento ambiental e estruturadas em um Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da microbacia do córrego Jataí. Os resultados foram comparados e avaliados de forma integrada com a utilização de técnicas de geoprocessamento, e as diretrizes adotadas apresentaram um resultado positivo nas simulações hidrológicas, com o aumento significativo das taxas de permeabilidade, aumento no tempo de concentração e a diminuição dos picos de vazões, apresentando respectivamente nos cenários A, B, C e D, os seguintes valores: 2,81 m³/s, 19,70 m³/s, 51,24 m³/s e 15,15 m³/s. Assim entende-se que por meio do controle da taxa de permeabilidade considerando apenas as áreas destinadas ao uso público, são suficientes para promoverem efeitos significativos no controle do escoamento superficial direto e inundações, permitindo a minimização dos impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Renaturalização, Infraestrutura verde, Canalização ou Retificação, Sustentabilidade, Desenho urbano ecológico, Planejamento Urbano Ambiental.

1. APRESENTAÇÃO

O complexo processo de urbanização, juntamente com a falta ou ineficiência de um planejamento urbano eficaz e contínuo em longo prazo, contribuiu para que o crescimento e a expansão da cidade fossem constituídos de maneira acelerada e desordenados, promovendo a alteração das configurações formais e funcionais do meio urbano (forma urbana¹ e estrutura física²), além de um intenso processo de degradação ambiental por meio do desequilíbrio dos ecossistemas e a descaracterização da paisagem natural.

Segundo Seabra (1991) *apud* Lima (2000), a degradação ambiental compreende impactos no solo, no ar, na água e na vegetação, gerando problemas que não só

estão inter-relacionados, como há uma sinergia entre eles, provocando um efeito em cadeia. Sendo assim, os efeitos provocados pela alteração das características físicas, químicas e biológicas de uma determinada área, também refletem em seu potencial socioeconômico para a cidade.

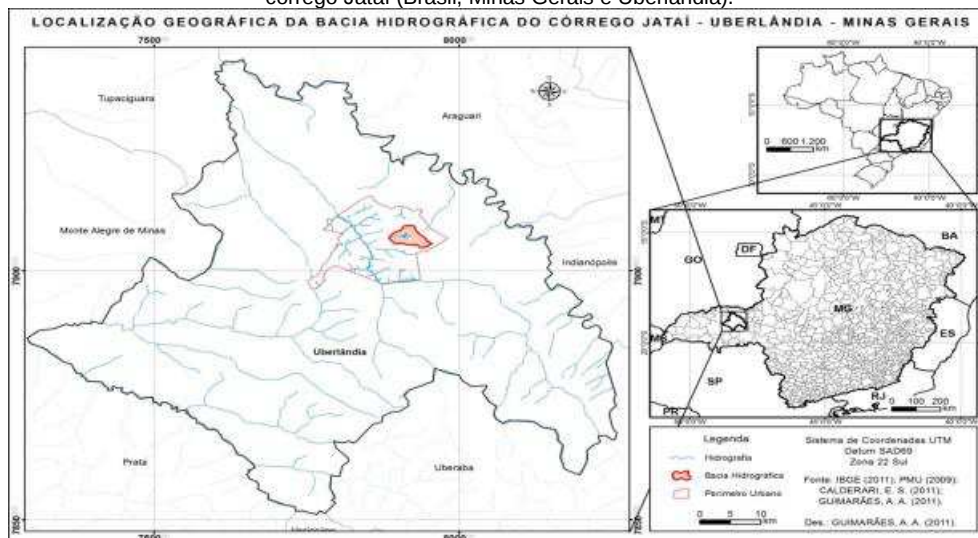
Um dos principais impactos ambientais identificados pelo processo de urbanização é a ocupação inadequada nas áreas marginais aos cursos da água, por meio da modificação da paisagem natural, com a devastação da vegetação nativa, a impermeabilização do solo e a canalização/retificação dos córregos, provocando alterações no ciclo ecológico (processos físicos, químicos e biológicos) existente no local.

Diante desse cenário, o objetivo principal deste estudo foi estabelecer uma nova abordagem para os cursos da água, no sentido de recuperá-los e reinseri-los como elementos referenciais na paisagem urbana. Para isto, torna-se necessária a elaboração de diferentes intervenções preventivas e diretas de planejamento urbano e ambiental, por meio de intervenções urbanas que considerem os aspectos ambientais, estéticos e sociais, de acordo com a destinação que se pretende dar à área, permitindo a minimização dos impactos e um novo equilíbrio ecológico.

2. CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA DO CÓRREGO JATAÍ NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG.

A cidade de Uberlândia encontra-se localizada no oeste do estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro, conforme apresentado na Figura 1 e é a maior cidade do interior mineiro, com aproximadamente 579 mil habitantes (IBGE, 2010), e uma área em torno de 4000 km², com 135 km² de área urbana. A microbacia do córrego Jataí encontra-se localizada no setor leste da cidade de Uberlândia, conforme apresentado na Figura 1, possui uma área de 17,05 km² ³ e abrangem partes do bairro Tibery, Santa Mônica, Segismundo Pereira, Custódio Pereira, Alvorada, Mansões Aeroporto, São Francisco e Joana D'arc.

Figura 1: Localização do estado de Minas Gerais, da cidade de Uberlândia e do objeto de estudo: Microbacia do córrego Jataí (Brasil, Minas Gerais e Uberlândia).



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

A urbanização acelerada e desordenada, a implantação de infraestruturas inadequadas e a impermeabilização do solo provocaram alterações no sistema de drenagem das águas pluviais, resultando constantemente em inundações urbanas, conforme apresentado na Figura 2, principalmente nas áreas próximas aos córregos Tabocas (atual Avenida Minervina Cândida), São Pedro (atual Avenida Rondon Pacheco), Cajubá (atual Avenida Getúlio Vargas) e Jataí (atual Avenida Anselmo dos Santos), que além de afetarem a estrutura física da cidade, promovem prejuízos financeiros para a prefeitura municipal e moradores.

Dentre essas infraestruturas, é possível destacar a estruturação do sistema viário, concebido em grandes eixos, construídos sobre antigos córregos canalizados ou convertendo antigas estradas e ferrovias em avenidas, o qual resultou em profundas modificações da paisagem urbana.

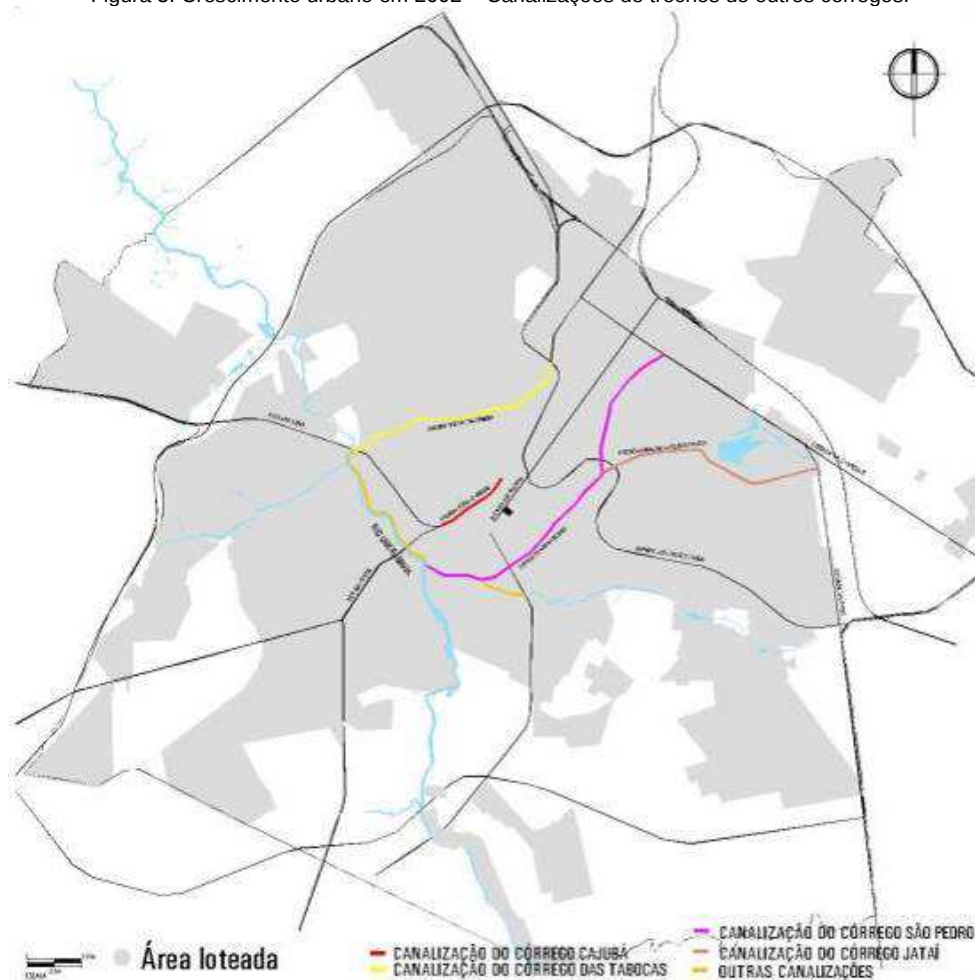
Figura 2: Episódios de inundação em 2010 (a) Avenida Rondon Pacheco, (b) Avenida Getúlio Vargas.



Fonte: SEM AUTOR. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em outubro 2010.

A partir de 1940, as grandes obras de infraestrutura de retificação dos córregos e o revestimento de seu leito vivo com calhas de concreto e substituições de suas margens vegetadas por vias asfaltadas foram bastante praticadas, com as canalizações dos córregos Cajubá, São Pedro, Tabocas, Jataí e parcialmente ou em alguns trechos os córregos Lagoinha, Óleo e Liso e o Rio Uberabinha, que apesar de não terem tido uma canalização fechada, tiveram seus percursos alterados, decorrentes da implantação de vias em suas margens, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Crescimento urbano em 2002 – Canalizações de trechos de outros córregos.



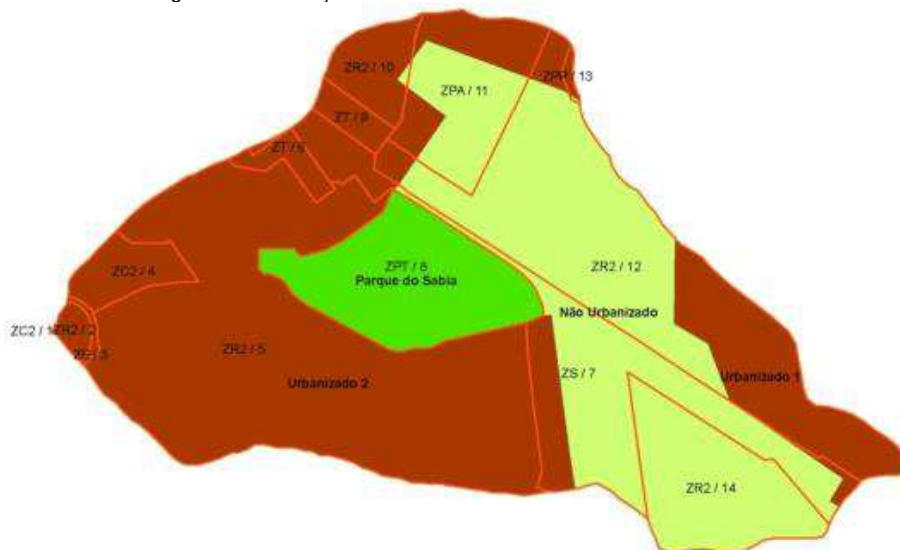
Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia e FONSECA (2007) – Adaptado pela autora

A escolha da microbacia do córrego Jataí foi determinada pelo significado que a região possui na cidade, constituindo um novo pólo de comércio, turismo e administrativo, o que implica em transformações profundas na dinâmica de uso e ocupação dos bairros do entorno, e consequentemente na degradação ambiental, principalmente com constantes episódios de inundações associados às obras de canalização, impermeabilização do solo, acúmulo de resíduos sólidos, desmatamento, entre outros.

Na década de 1990, essa região passou por outra fase de crescimento com a construção de novos empreendimentos que promoveram a dinamização e valorização de seu entorno. Além da universidade e do parque do Sabiá, outros grandes equipamentos foram importantes para a consolidação da região como a implantação da nova sede da Prefeitura Municipal de Uberlândia, que abriga o Centro Administrativo e a Câmara Municipal e a instalação do hipermercado Carrefour e do complexo do Center Shopping (Shopping, Hotel Plaza e o *Center Convention*). Atualmente, a área urbanizada da microbacia do córrego Jataí é de 9,5 km², em torno de 55,73 % da área total, que se soma à área destinada ao Parque do Sabiá, com 1,64 km² (9,64%). Os 34,63% restantes da área de estudo encontram-se não urbanizado, conforme verificado na Figura 4.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Figura 4: Delimitação das áreas urbanizadas e não urbanizadas.



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

A microbacia passou por intervenções urbanas durante o processo de urbanização que alteraram suas características físicas e ambientais como a canalização/retificação, conforme Figura 5. Além disso, essa microbacia, de todos os córregos atualmente canalizados, é o único que dispõe de áreas disponíveis em suas marginais para ser reestruturada e transformada em um futuro parque linear.

Figura 5: Evolução da ocupação por meio de fotos aéreas. (a) Em 1974, em destaque o córrego aberto; (b) Em 2004, em destaque para o córrego canalizado e o reservatório no Parque do Sabiá



3. CENÁRIOS AMBIENTAIS

O planejamento é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizadas das informações por meio de procedimentos e métodos. Assim, como processo de planejamento foi determinado neste trabalho o uso de uma metodologia de análise e de diretrizes denominada de Cenários Ambientais, utilizada como instrumento do Planejamento Ambiental objetivando indicar alternativas futuras para contribuição da tomada de decisões. De acordo com Franco (2000), os cenários ambientais são:

Uma projeção de uma situação futura tendo em vista a solução de um problema ou a melhora de uma condição presente indesejável ou insatisfatória. Como a melhora de uma condição ambiental, é um conceito que envolve aspectos socioculturais complexos e cuja mudança vai naturalmente implicar em consequências que envolverão toda uma comunidade. (FRANCO, 2000)

A metodologia de cenários desenvolve-se por meio da ideia de paisagem como cenário, já que a primeira vista, é a forma de se conceber "paisagem". Esse caráter de cenário passou por evoluções que permitem considerar hoje a paisagem como "unidade de estudo" dentro do amplo espectro abordado pela ecologia e planejamento ambiental, definida tanto na área de ambiente natural, quanto no ambiente construído ou a ser construído.

Assim, os cenários foram elaborados com objetivo de comparar e avaliar de forma integrada o conjunto de dados levantados durante a pesquisa. A ideia principal foi analisar os impactos ambientais gerados na microbacia e relacioná-los com o processo de urbanização e nas obras de infraestrutura realizadas no córrego e no entorno.

Para isto, foram definidos 4 (quatro) cenários para a realização das simulações hidrológicas na microbacia do córrego Jataí:

3.1. CENÁRIO A: CONDIÇÃO NATURAL:

Neste cenário, foi simulada a condição natural do córrego, no período anterior à urbanização, no ano de 1962, onde a natureza permanecia relativamente intacta, não se tolerando quaisquer alterações humanas, representando o mais alto grau de preservação. Assim, considerou-se que neste período, havia a conservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade e do fluxo gênico da fauna e flora;

3.2. CENÁRIO B: URBANIZAÇÃO ATUAL:

O cenário apresenta o estudo dos elementos do meio físico natural e construído, resultado da ação humana e cultura local cujas características configuram sua história, no intuito de retratar o uso e a ocupação da área no ano de 2009 e, as alterações modificadas na paisagem devido à urbanização acelerada e sem planejamento adequado, a implantação de grandes equipamentos e as obras de infraestrutura;

3.3. CENÁRIO C: URBANIZAÇÃO COMPLETA:

O cenário é hipotético e é apresentado prevendo-se a continuação da situação existente nas áreas urbanizadas e a ocupação desordenada das áreas não urbanizadas, sem um planejamento urbano adequado. Foi simulada uma situação com a urbanização completa das áreas ociosas, assim como dos lotes vagos existentes na área urbanizada. A canalização do córrego permanece conforme apresentado no cenário B e não são previstas mudanças ou modificações no sistema de drenagem existente. Sendo assim, a idéia é simular a situação mais crítica para a área de estudo;

3.4. CENÁRIO D: URBANIZAÇÃO IDEAL:

Os cenários anteriores serão subsídios para a estruturação e comparação com a simulação deste cenário. A idéia é prever uma situação adequada para a ocupação do solo, além da reinserção a rede hídrica, com a morfologia natural, como elemento estruturador da paisagem, prevendo suas áreas marginais de inundação, permeabilidade do solo e maciços vegetais (naturais e de arborização urbana) para promover e restabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano. Entende-se que este cenário por meio de um planejamento urbano-ambiental, pode-se mitigar a degradação ambiental promovida pela urbanização inadequada.

Para a formação deste cenário, foram identificados e comparados nos cenários anteriores as principais fragilidades e impactos ambientais na microbacia e, elaborado um cenário hipotético, cuja principal estratégia é estabelecer um desenho urbano ecológico e sustentável. Para a determinação das diferentes intervenções urbanas preventivas e diretas, foram considerados os seguintes fatores para análise: a rede hídrica, o uso do solo, as manchas de vegetação, a permeabilidade do solo, as reestruturações viárias e dos equipamentos urbanos existentes e delimitados as áreas de influência de cada tipologia de intervenção, conforme apresentado Figura 6.

Figura 6: Proposta de zoneamento ecológico-econômico.



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

O cenário proposto buscou a reinserção do curso da água na paisagem urbana, por meio da recuperação de suas propriedades naturais e do resgate do seu valor ecológico e paisagístico, assim como a manutenção e ampliação das possibilidades de seu uso pela população, baseado nos princípios de planejamento ambiental. E como resultado, a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da microbacia do córrego Jataí, que foi utilizada como base para a realização da simulação hidrológica deste cenário.

Assim, são estipuladas 05 (cinco) zonas ambientais: ZAPP- Zona ambiental de Preservação Permanente; ZAP – Zona ambiental de Restabelecimento Ecológico. ZAT – Zona ambiental de Transição; ZAU – Zona ambiental urbanizada e ZAE – Zona ambiental expansão.

As zonas ambientais são ferramentas de gestão e a regularização do uso e ocupação do solo, e que de maneira adequada podem ser implementada através do Plano Diretor de Águas Pluviais (ou de Drenagem urbana) ou utilizadas na elaboração do Plano Diretor Urbano da cidade.

4. SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS

As simulações hidrológicas foram realizadas com a utilização do programa “Cabc” – Sistema Automático de análise de Bacias Complexas, versão 7.3, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). Através do sistema, a chuva excedente é calculada pelo modelo SOIL CONSERVATION SERVICE e os hidrogramas através do método Hidrograma Unitário Triangular SCS (SCS,1957).

Para a aplicação das simulações hidrológicas nos cenários propostos: condição natural (anterior ao processo de urbanização), urbanização atual, urbanização completa e urbanização ideal, foram realizados o levantamento de dados sobre a microbacia: o comprimento do córrego, o CN (numero da curva), a área impermeabilizada, a área diretamente conectada, a declividade média, o tempo de concentração, a precipitação média, o tempo de retorno e o amortecimento no córrego e no reservatório em cada cenário.

Os dados referentes às dimensões do córrego Jataí foram retirados dos modelos topográficos gerados no programa ArcGIS. O comprimento do talvegue foi calculado nos anos de 1962 e 2009, sendo respectivamente, 4,21 km e 3,97 km.

No ano de 1962, a altitude máxima encontrada é de 940 m e a mínima de 832 m e no ano de 2009, a máxima de 949 m e a mínima de 819 m. A diferença de dimensões nos períodos estudados, deve-se à movimentação do terreno, com cortes e aterros em consequência a canalização e retificação do curso do córrego, além da ocupação por meio dos loteamentos no entorno da área.

Foram identificadas, na bacia do córrego Jataí, três unidades geotécnicas de materiais inconsolidados: Hidromórfico (H), Residuais da Formação Marília - arenoso I (RMA - Ar I) Retrabalhado argiloso II - Cobertura de chapadas (Arg II). Além disso, a ocupação do solo é caracterizada pela sua cobertura vegetal e pelo tipo de defesa contra erosão eventualmente adotada. Os valores de CN foram obtidos através das curvas de escoamento superficial de chuvas intensas, conforme o tipo hidrológico do solo e sua cobertura vegetal, respectivamente para bacias rurais (também utilizados para

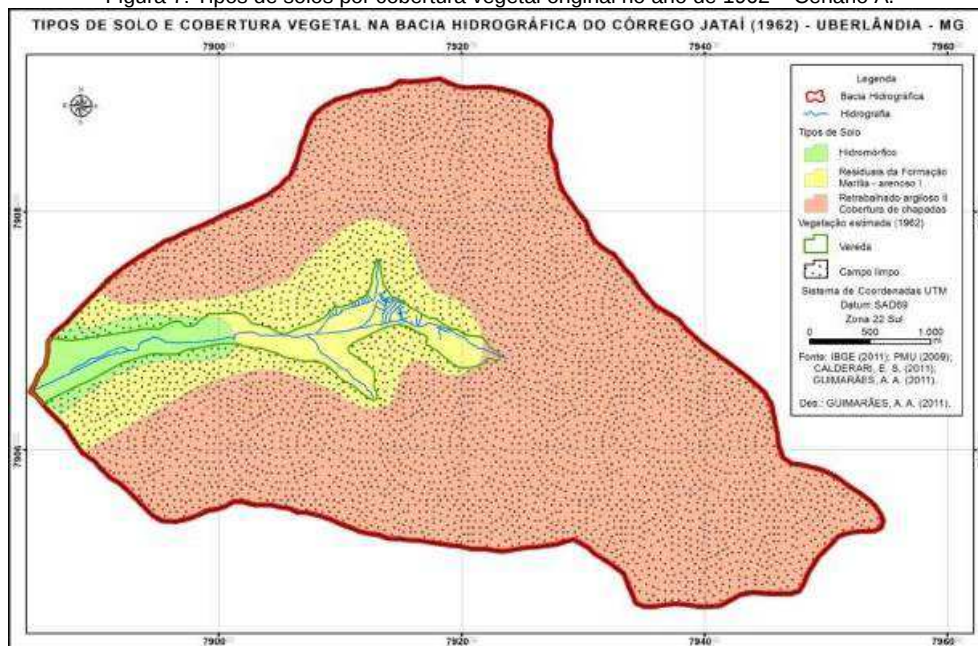
A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

condições naturais) e bacias urbanas (também utilizado para as condições de urbanização), considerando a condição de umidade antecedente II (média).

Na área de estudo, para a condição natural e, portanto no Cenário A, como uso do solo, os campos permanentes para as áreas de campo limpo e florestas para as áreas de veredas, conforme delimitado na Figura 7 e, como superfícies, os campos permanentes, esparsas e de baixa transpiração e as florestas esparsas.

Foram encontradas 15,93 km² de campo limpo, em torno de 93 % da microbacia, sendo que 13,60 km² encontram-se em solos de material re trabalhado argiloso II, resultando no CN ponderado em 81,4.

Figura 7: Tipos de solos por cobertura vegetal original no ano de 1962 – Cenário A.

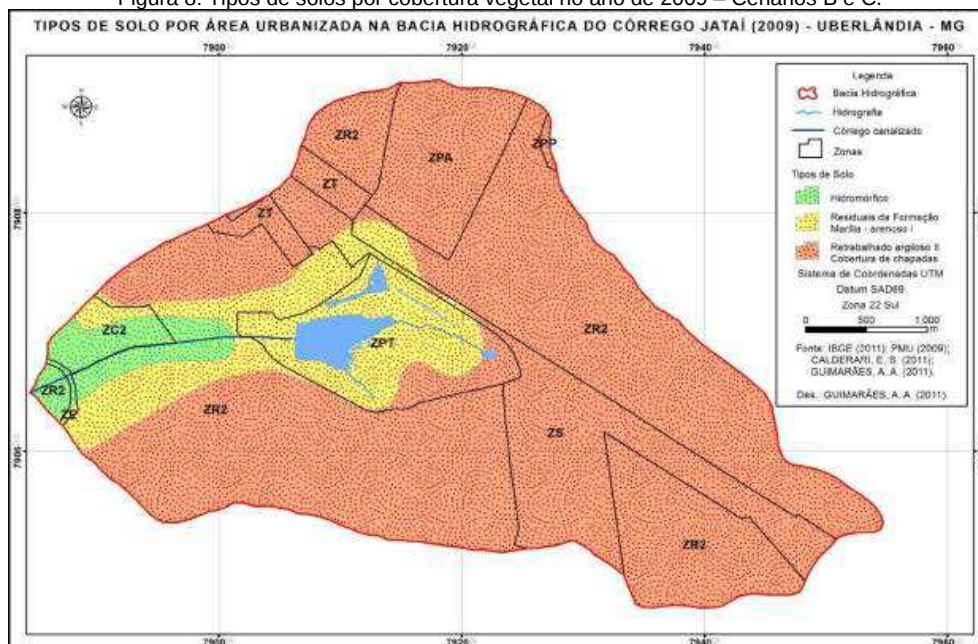


Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

Já na condição de urbanização, ou seja, nos cenários B e C, foram identificadas como utilização ou cobertura do solo, as florestas com boa cobertura na zona de preservação total (ZPT); os bosques nas zonas de preservação permanente (ZPP) e proteção do aeroporto (ZPA); as zonas residenciais <500 m² nas zonas de ocupação residencial 2 (ZR2) e transição (ZT); as zonas comerciais nas zonas de ocupação estruturais (ZE) e central 2 (ZC2) e as zonas industriais na zona de serviços (ZS), conforme delimitados na Figura 8.

Assim, foram encontrados significadamente 11,23 km² de zonas residenciais tipo 2, no qual representa 65 % da microbacia, e concomitantemente, as zonas de serviços com 2,19 km², as zonas de preservação permanente com 1,65 km² devido em grande parte pela presença do Parque do Sabiá, e a zona de proteção do aeroporto com 1,20 km², resultando em um CN Ponderado em 89,2.

Figura 8: Tipos de solos por cobertura vegetal no ano de 2009 – Cenários B e C.

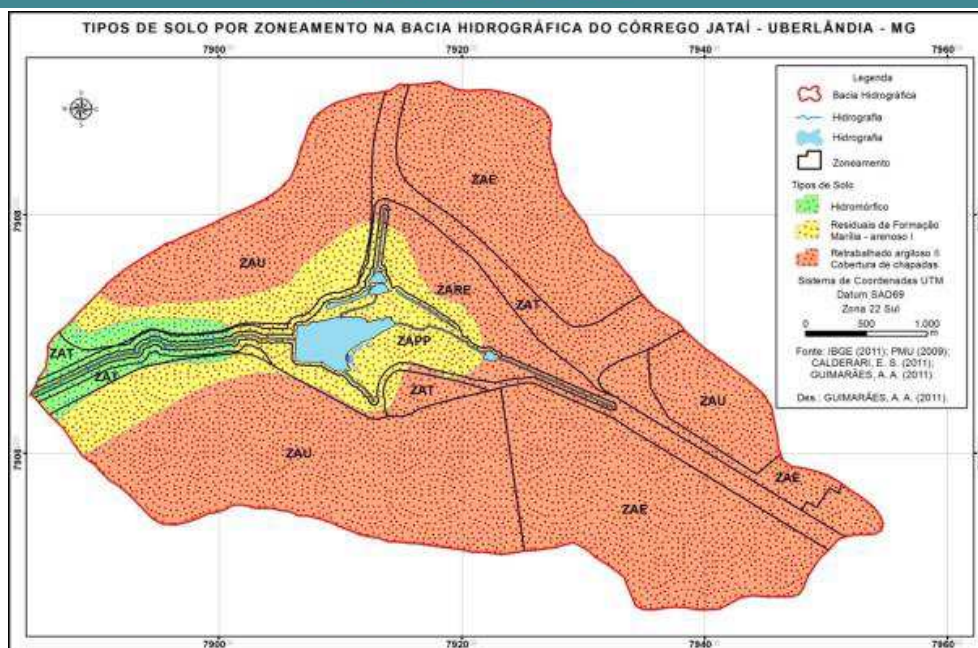


Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

Na condição ideal, no cenário D, foram identificadas como utilização ou cobertura do solo, as florestas com boa cobertura nas zonas ambientais de preservação permanente (ZAPP) e de restabelecimento ambiental ecológico (ZARE); os espaços abertos (parques) com relva de 50% a 75% nas zonas de transição (ZPT); as zonas residenciais <500 m² na zona ambiental urbanizada (ZAU) e as zonas residenciais de lotes de 1000 m² na zona ambiental de expansão (ZAE), conforme delimitados na Figura 9.

Figura 9: Tipos de solos por cobertura vegetal cenário ideal – Cenário D.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

Neste cenário foram determinados 7,48 Km² de zonas urbanizadas e 5,18 km² de zonas de expansão, totalizando na ocupação de 74% da área da microbacia e 4,39 foram determinados exclusivamente para áreas ambientais, resultando em CN Ponderado de 89,83.

A impermeabilização do solo é um importante parâmetro urbanístico que reflete o impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem de águas pluviais. Os valores das áreas impermeabilizadas são resultantes do somatório das áreas ocupadas por edifícios, vias, passeios, estacionamentos, lagos e demais obras que impeçam a absorção de água pelo solo.

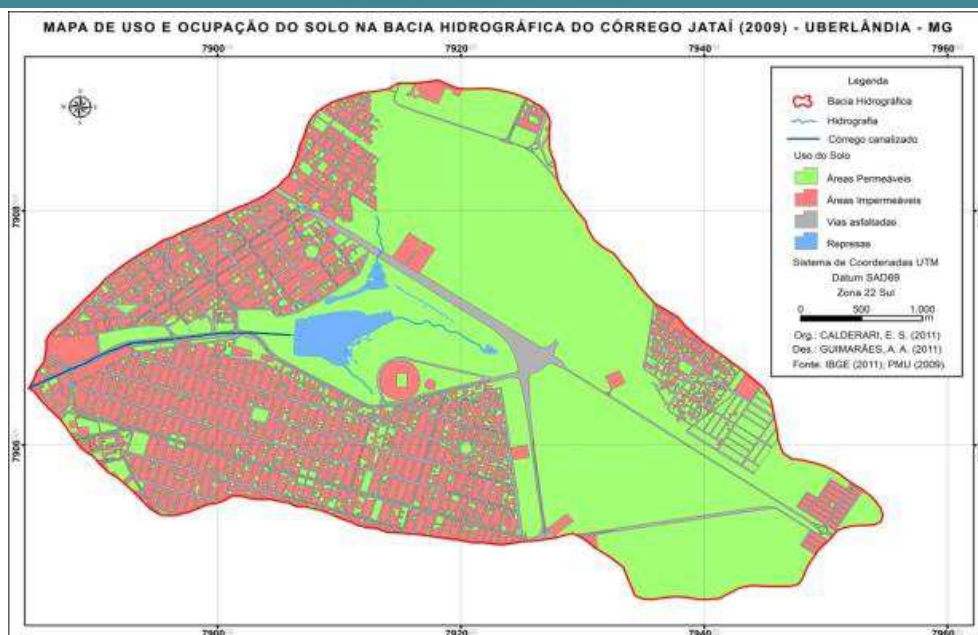
A área impermeabilizada foi calculada com o auxílio do programa ArcGIS, com a identificação das áreas impermeabilizadas por meio da sobreposição da foto aérea com o mapa georreferenciado da área em estudo.

No cenário A, em sua condição natural, a microbacia do córrego Jataí foi representada com taxa de impermeabilização de 0%, assim, se pretende representar o mais próximo de um estado natural, sem intervenção humana.

No cenário B, foi realizado o levantamento das áreas ocupadas (permeáveis e impermeáveis), áreas asfaltadas e a área da represa do Parque do Sabiá, conforme apresentado na Figura 10. Para o levantamento, os lotes vagos e áreas não urbanizadas foram considerados como 100% permeável, e as áreas asfaltadas e os lotes ocupados foram considerados 100% impermeabilizadas. A taxa de impermeabilização encontrada foi de 42,72%.

Figura 10: Levantamento das áreas permeáveis e impermeáveis no ano 2009 – Cenário B.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

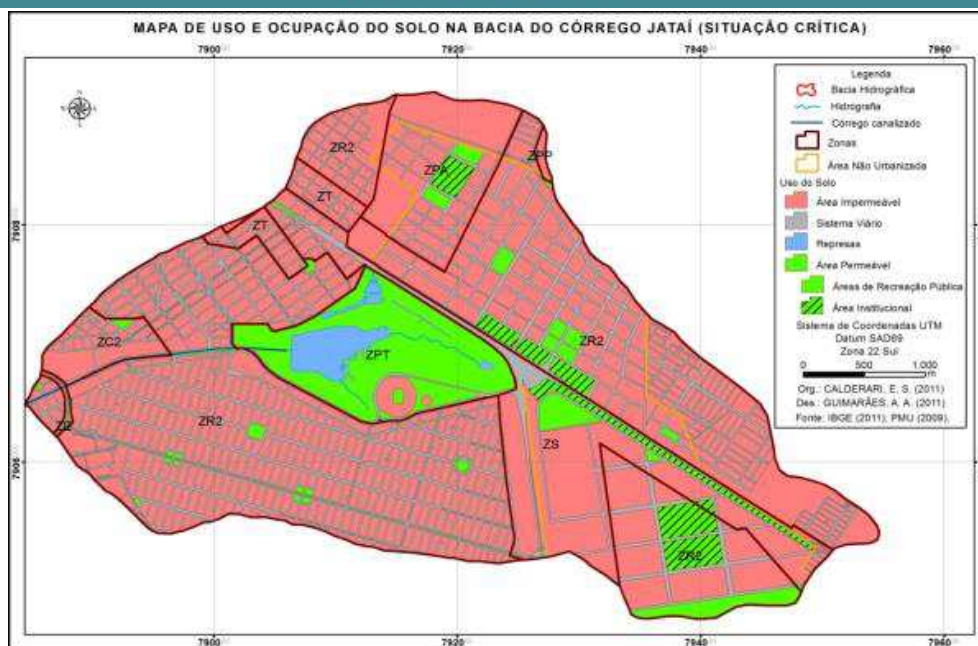
No cenário C, para determinação da taxa de impermeabilização foram consideradas a ocupação de 100% dos lotes vagos das áreas urbanizadas encontradas no Cenário B, com exceção das praças existentes e do Parque do Sabiá, que não foram modificados.

Nas áreas não urbanizadas, foram criados novos loteamentos hipotéticos, de acordo com artigo 13 da Lei Complementar Nº 245 de novembro de 2000, onde os loteamentos propostos tiveram que destinar ao município áreas mínimas, calculadas sobre a área total loteável, que foram as seguintes: 20 % para o sistema viário; 10 % para área de uso institucional e 7 % para área de recreação pública.

Foram levantadas as áreas não urbanizadas no cenário B, e estipuladas às áreas mínimas destinadas ao sistema viário, institucional e de recreação pública, chegando-se à área loteável, ou seja, possível de ocupação. Na área loteável, foram estipuladas 100% de ocupação com áreas impermeáveis, conforme Figura 11, já que a proposta é simular uma situação crítica para área e, sabendo-se que já existem muitas situações em que a ocupação existente já ultrapassou os limites propostos pelas legislações vigentes, devido às normas antigas e à fiscalização deficitária, além de ser uma prática comum de vários moradores em todo o município.

Figura 11: Simulação das áreas permeáveis e impermeáveis na situação crítica – Cenário C.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

Com a somatória da área impermeabilizada existente no cenário B e a simulação de ocupação completa da microbacia, com a determinação das áreas impermeáveis no Cenário C, a taxa de impermeabilização encontrada foi de 74,91%.

No cenário D foram simulados a inserção das áreas permeáveis propostas no zoneamento ambiental, conforme Figura 12. Assim, nas áreas urbanizadas foram simuladas as ocupações com taxa de 60% nos lotes existentes, inclusive nos lotes vagos e, nas áreas não urbanizadas, com ocupação de 40%, simulados hipoteticamente em lotes maiores, em torno de 500 a 1000 m² com uma taxa de ocupação de 40%.

Nas áreas de preservação permanente, de restabelecimento ecológico foram considerados 100 % de áreas permeáveis. Na zona de transição foram previstos as ocupações sobre as taxas e estimado 20% de ocupação dos equipamentos consolidados.

As áreas permeáveis também foram consideradas em todos os espaços verdes simulados por todo o tecido urbano existente e o de expansão, respeitando a área de influência com raio de 300 metros de abrangência, totalizando em 0,65 km². Além disso, foram inseridas as ruas verdes, em todas as vias perpendiculares ao fundo de vale, com faixas permeáveis de 5 metros na zona ambiental urbanizada e de 10 metros na zona ambiental de expansão, totalizando em uma área de, 0,74 km². A taxa de impermeabilização encontrada foi de 48,65%.

Figura 12 – Simulação das áreas permeáveis e impermeáveis na situação ideal – Cenário D.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE



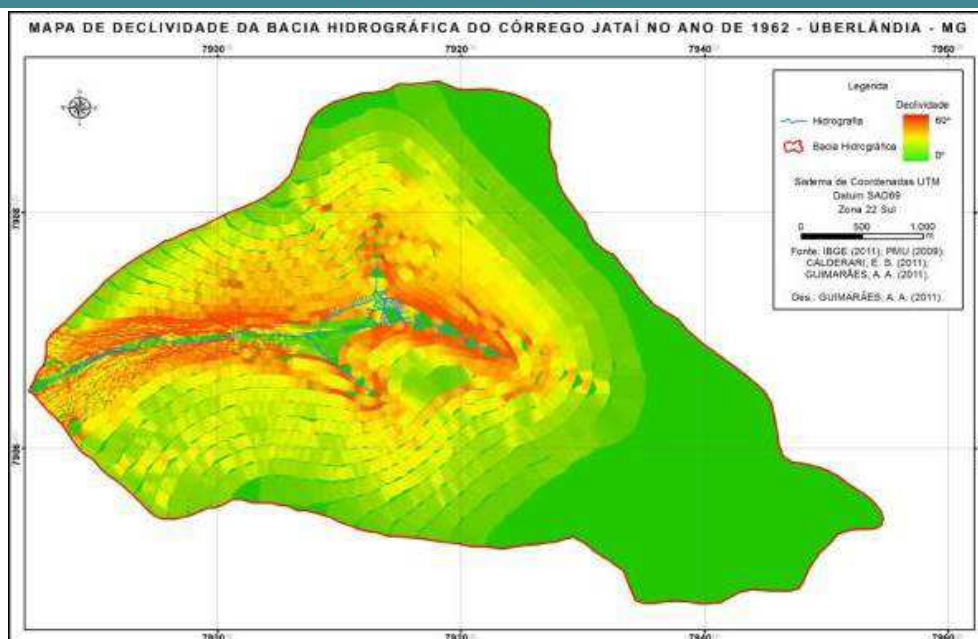
Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

A declividade média foi calculada com o auxílio do programa ArcGIS, com a identificação das curvas de níveis no ano de 1962, portanto em condição natural (Cenário A), cujo mapa encontrado no arquivo municipal foi escaneado no formato.TIFF e georreferenciado para o mapeamento digital. Já para condição de urbanização (Cenários B, C e D), foi utilizado o mapa base com levantamento planialtimétrico em AutoCAD, do ano de 2009, cedido pela Prefeitura Municipal (ver Figura 14).

Para o ano de 1962, foram encontrados 0,039 m/m e para o ano de 2009, o índice de 0,041 m/m. Nas Figuras 13 e 14, são apresentados os índices de declividade da microbacia do córrego Jataí nos dois períodos e por meio da comparação das declividades é possível identificar modificações acentuadas, principalmente próximas ao córrego Jataí (em tons de vermelho escuro), devido a movimentação de terras para a implantação dos loteamentos (quadras e sistema viário) e a execução da canalização do córrego, modificando completamente a configuração da forma do fundo de vale.

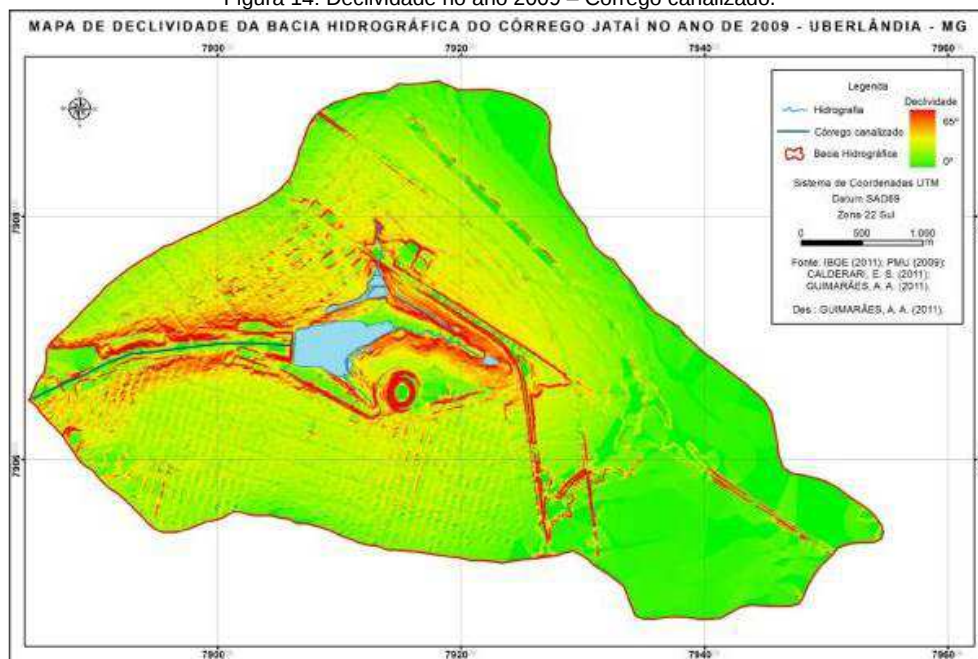
Figura 13: Declividade no ano 1962 – Córrego natural.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

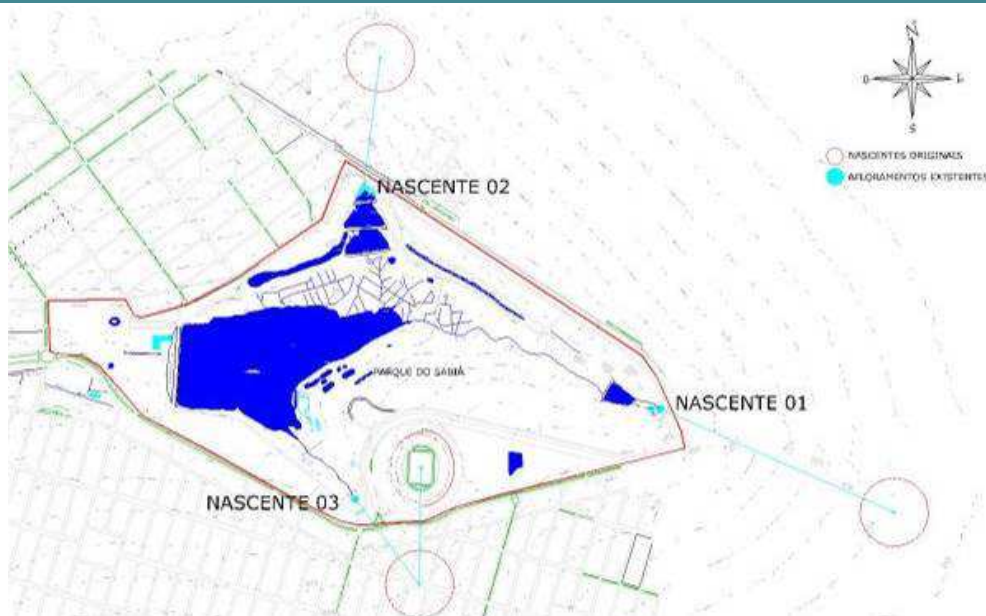
Figura 14: Declividade no ano 2009 – Córrego canalizado.



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

O tempo de concentração encontrado no cenário A considerando os dados dos afloramentos existentes para determinação do comprimento e da declividade do talvegue, é de 1,15 horas e para o cenário D considerando os dados das posições estimadas das nascentes originais⁴ é de 2,06 horas, devido ao aumento significativo no comprimento e de declividade do talvegue, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Localização das nascentes originais e afloramentos existentes na microbacia do córrego do Jataí.



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia – Adaptado pela autora.

Para os cálculos foram considerados o conduto de seção retangular, com base de 2,80 m e altura 2,58 m, de acordo com dados levantados nos projetos de 1990 utilizados para a execução da obra de canalização do córrego Jataí, assinados pelo Eng. Paulo Euclides Ochiucci.

Assim, nos cenários B e C, o tempo de concentração foi considerado em duas etapas, sendo a primeira, o tempo necessário para que as contribuições atinjam a seção inicial do projeto de canalização em torno 27,84 minutos, e a segunda, o tempo gasto pelo escoamento através do conduto, em torno de 12,44 minutos. Portanto, a soma das duas etapas é o resultado do tempo de concentração para esses cenários, 40,28 minutos.

A duração da chuva estudada foi de 2 horas, já que devido à área e à forma da microbacia é a duração suficiente para a criação de uma situação crítica. Além disso, foi considerada uma chuva uniformemente distribuída para toda a microbacia, uma vez que não há disponibilidade de dados que permitam a sua representação. As simulações hidrológicas foram realizadas para chuvas com tempo de retorno de 100 anos, já que de acordo com Chin (2000) *apud* Thomaz (2002), é a frequência de inundação indicada para o controle urbano de grandes infraestruturas, sendo assim, consiste na probabilidade de inundação de 1% anual.

O amortecimento em córregos e canais foi considerado através das rotinas existentes no Modelo “CABC”, as quais possibilitam a introdução destes parâmetros.

No caso de amortecimento em canais no modelo “CABC”, o amortecimento de ondas de cheias em canais é feito pelo método de Muskingum, que admite uma relação linear entre os volumes armazenados em trecho de córrego e vazões de entrada e saída deste trecho.

Assim, para simulação do amortecimento no córrego, foi utilizado o valor de 0,1 na condição natural do córrego, ou seja, cenários A e D, apenas para simular o efeito de amortecimento, pois não foi possível definir um valor específico, devido à falta de informações suficientes para aplicação da equação.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Nos cenários B, C e D, foram simulados com o reservatório do Parque do Sabiá, na opção “in line”, já que é uma estrutura de armazenamento localizada dentro do percurso do curso de água. Para simulação no programa é necessárias a definição do volume (capacidade) e da vazão em cada cota do reservatório.

No entanto, como não foram encontrados dados específicos sobre o projeto do reservatório foi estimada a altura máxima do reservatório em 9 metros, nas cotas de 855 m a 864 m, por meio de informações da equipe técnica da PMU⁵ e as áreas de cada lâmina da água por meio da sua demarcação aproximada na base cartográfica, estimando-se sua área por meio do programa ArcGIS.

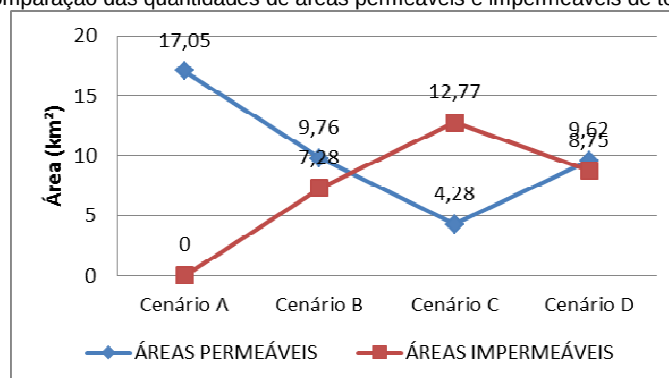
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A reinserção do curso da água e o planejamento ambiental de suas áreas marginais inundáveis no cenário D promoveram um aumento significativo nas áreas verdes da microbacia, com 0,94 km² de áreas de preservação permanente, 1,81 km² de áreas de restabelecimento ecológico e de 1,35 km² áreas de transição para composição do parque linear do córrego Jataí, um aumento de 156,25% em relação à área atual ocupada pelo Parque do Sabiá.

Além disso, a inserção de espaços verdes pulverizados no tecido urbanizado, com raio de abrangência de 300 m, resultou em 0,64 km² de praças e a inserção das ruas verdes em 0,74 km² de áreas permeáveis que poderão funcionar para detenção e infiltração das águas pluviais.

Portanto, no total foram determinadas 8,75 km² de áreas impermeáveis no cenário D, sendo 31,48% de diferença do total de áreas impermeáveis que a mesma área de ocupação do cenário C, e um aumento de 124,76% de áreas permeáveis. Com apenas 1,47 km² de áreas impermeáveis que o cenário B, foi possível estabelecerem a ocupação de toda microbacia, resultado em um índice de impermeabilização de 48,65%, conforma apresentando na Figura 16.

Figura 16 – Comparação das quantidades de áreas permeáveis e impermeáveis de todos os cenários.



Fonte: Produzido pela autora.

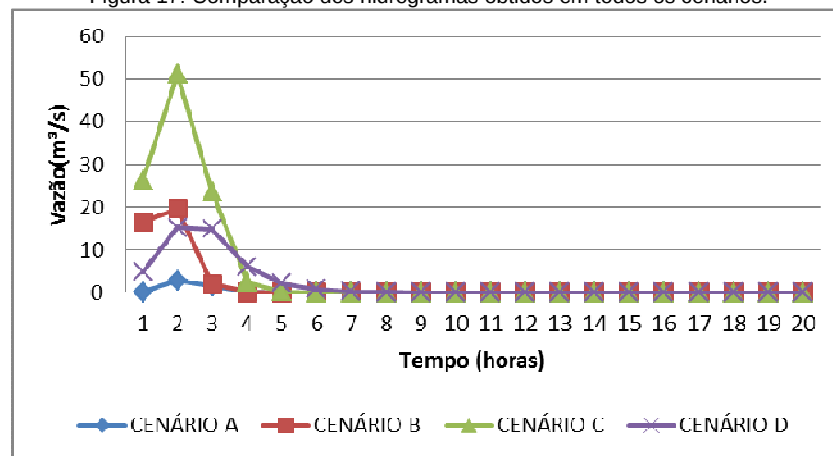
O tempo de concentração também foi uma variável importante para o sistema, no cenário A considerando os dados dos afloramentos existentes para determinação do comprimento de 4,21 km e da declividade do talvegue são de 1,15 horas e para o cenário D considerando os dados das posições estimadas das nascentes originais é de 2,06 horas, devido ao aumento significativo no comprimento de 4,67 km e de declividade do talvegue.

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Já nos cenários B e C, o tempo de concentração foi considerado em duas etapas, sendo a primeira, o tempo necessário para que as contribuições atinjam a seção inicial do projeto de canalização em torno 27,84 minutos, e a segunda, o tempo gasto pelo escoamento através do conduto, em torno de 12,44 minutos. Portanto, a soma das duas etapas é o resultado do tempo de concentração para esses cenários, 40,28 minutos.

Assim, é demonstrado que a canalização do córrego nos cenários B e C com a diminuição do tempo de concentração comparado aos cenários A e D, promovem o aumento também da velocidade do escoamento superficial direto, ocasionando níveis de inundações elevados em um menor tempo.

Figura 17: Comparação dos hidrogramas obtidos em todos os cenários.



Fonte: Produzido pela autora.

Conforme observado no hidrograma (Figura 17), apresentado para os cenários observa-se progressivamente o crescimento das vazões máximas. Os picos de vazão da situação original (Cenário A) é de 2,81 m³/s, sendo elevada para 19,70 m³/s com o processo de urbanização atual (Cenário B) e 51,24 m³/s no processo de urbanização crítico (Cenário C). Sendo assim, chegaram a elevar no mesmo nó, comparado com o Cenário A, em torno de 600% de simulação para o cenário B, chegando a 1.721,54% superior em relação ao cenário C.

No cenário D, o pico de vazão simulado foi de 15,15 m³/s, que apesar de ainda ser um valor elevado em comparação com cenário A, conseguiu ficar abaixo do cenário B, em torno de 23,09%, demonstrando a importância da presença de áreas permeáveis e do curso natural do córrego para mitigação de impactos da urbanização na microbacia.

Assim, a diminuição de áreas permeáveis e a supressão de fragmentos florestais afetaram a capacidade de armazenamento do solo, principalmente no cenário C e disponibilizaram maiores volumes de escoamento superficial, impondo sérios riscos quanto à ocorrência de inundações.

Conclui-se que, se adotar um controle de permeabilidade máxima em torno de 50% para toda a microbacia, incluindo as áreas verdes (parques, praças e ruas verdes) de posse do poder público, ou seja, sem considerar as áreas internas aos lotes, por meio de um rígido sistema de fiscalização e manutenção adequado, é possível proporcionar efeitos significativos para a ocupação planejada e ordenada de áreas urbanizadas.

No entanto, verificou-se que o sistema seria mais eficiente se os valores de vazão de pico no cenário D fossem reduzidos para os níveis próximos do original (Cenário A). E

A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

conforme verificados em outros estudos, tal situação poderia ser alcançada, se fossem simulados medidas estruturais para o controle de enchentes, como a inserção de bacias de retenção pulverizadas pela microbacia e/ou a simulação das próprias planícies de inundação desempenhando o papel de bacias de retenção, visando o armazenamento temporário de água e o amortecimento da onda de cheia. Assim, sendo indicado para simulações em trabalhos futuros.

Sabe-se que a sustentação da paisagem urbana depende tanto dos aspectos culturais e naturais, como depende da reinserção dos processos biofísicos básicos – clima, água, solos, fauna, e flora, conectados ao ecossistema local e regional. No entanto, construir uma paisagem é estabelecer relações e conexões por meio de intervenções urbanas que considerem os aspectos ambientais, estéticos e sociais, de acordo com a destinação que se pretende dar à área, permitindo a minimização dos impactos e um novo equilíbrio ecológico, que pode ser dado a diferentes espaços que compõem um território.

As metas de renaturalização envolvem a recuperação e a preservação da qualidade das águas, recomposição de fauna e flora, reposição de espaços para as águas naturalmente transbordadas e a correção das influências negativas da urbanização. As metas para os cursos hídricos necessitam abarcar todo o sistema e, mesmo que as intervenções não sejam simultâneas, as etapas devem fazer parte de um plano geral, contemplando desde as nascentes até a foz do curso principal em questão.

É evidente que esta concepção tem os seus limites, entende-se que não existirá uma solução definitiva com benefícios universais, no entanto acredita-se que por meio de monitoramento adequado e efetivo, é possível uma multiplicidade de tentativas e aplicações que implica em adaptações ao longo do tempo, à medida que as condições sociais, econômicas e ambientais se alteram e se reinventam.

Em relação às recomendações para trabalhos futuros, à utilização de técnicas de geoprocessamento, associadas ao uso do modelo hidrológico mostraram-se eficiente para previsão de cenários mostrando-se importante ferramenta para gestão e planejamento.

No entanto, de um modo geral, o trabalho apresentou um resultado positivo, pois indicaram que com a ocupação total da microbacia, planejada por meio de zoneamento ecológico - econômico com a reinserção do córrego na paisagem construída, com o aumento significativo de áreas permeáveis e consequentemente controle da taxa de permeabilidade de toda a microbacia, apenas considerando as áreas de posse do poder público, é suficiente para promover efeitos significativos no controle do escoamento superficial direto.

Assim entende-se que essa visão “paradisiaca” dos parques lineares e interação com o meio ambiente, não é apenas sonho. É uma possibilidade real a partir da mudança da percepção, do imaginário e da mudança de mentalidade dos cidadãos, e principalmente do poder público. Um espaço como este irá valorizar o fundo de vale e as áreas do entorno e criará um espaço de convivência agradável e promoverá a manutenção da biodiversidade, podendo ainda cumprir a função de corredores ecológicos e ser uma ferramenta para a sustentabilidade da vida no meio urbano.

Acredita-se que essa mudança de paradigma e aplicação deste conceito nas áreas urbanas, busca a conscientização da sociedade em relação à degradação do meio ambiente e a preocupação para a necessidade de um planejamento e gestão adequada aos espaços construídos.

NOTAS

¹ O conceito de forma urbana como o produto das relações estabelecidas pelo homem, e como um dos instrumentos de controle climático para obter condições de conforto e salubridade do espaço citadino.

² Estrutura física é um conjunto de elementos estruturais que enquadram e suportam os sistemas de infraestrutura urbana como: abastecimento de água, esgoto, drenagem pluvial, comunicações, transportes e sistema viário, energia, áreas públicas, entre outros.

³ Área obtida por meio do programa AutoCAD.

⁴ De acordo com um estudo realizado pela equipe da Secretaria de Meio-Ambiente da Prefeitura Municipal de Uberlândia, no ano de 2009, foram simuladas as possíveis posições de localização das nascentes originais.

⁵ Prefeitura Municipal de Uberlândia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Maristela P. A recuperação de rios degradados e a sua reinserção na paisagem urbana: A experiência do Rio Emscher na Alemanha. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de São Paulo São Paulo-SP, 2003.
- ANDRADE, Ricardo F. Mapeamento geotécnico preliminar em escala de semidetalhe (1:25.000) da área de expansão urbana de Uberlândia-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Uberlândia, 2005.
- FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica Manual do Cabec – Simulador hidrológica de Bacias Complexas, Versão 2.02, FCTH, USP, São Paulo, SP, 1999.
- FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Desenho Ambiental, uma introdução a arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico. Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 1997.
- FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 2000.
- FONSECA, Maria de Lourdes P. A forma urbana e o uso do espaço público: As transformações do centro de Uberlândia- Brasil. Tese (Doutorado), Universidad Politécnica da Catalunya, Barcelona, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - Censo 2010, Rio de Janeiro, 2010.
- LIMA, G.. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. Revista. Política & Trabalho, São Paulo, 2000.
- NISHIYAMA, Luis. Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio, em escala 1:100000 aplicação no município de Uberlândia. Tese (Doutorado). Universidade São Paulo, São Paulo, 1998.
- SCS – SOIL CONSERVATION SERVICE U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURAL ENGINEERING HANDBOOK – “Hydrology”, section 4, supplement A “The Hydrology Guide”, 1957.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMADS). Revitalização de rios - Orientação Técnica. Ambiente das águas no Estado do Rio de Janeiro, Volume 11, Rio de Janeiro, 2001.
- TUCCI, Carlos E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para todos, Programa de Modernização do Setor Saneamento – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades, Brasília, 2005.
- VITAL, Giovanna Damis. Desenho Ambiental em Uberlândia: o caso do Córrego Lagoinha. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de São Paulo São Paulo-