

IV-035 – DIAGNÓSTICO URBANO E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO LISO EM UBERLÂNDIA-MG POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Bruno de Oliveira Lázaro⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Maria Lígia Chuerubim⁽²⁾

Engenheira Cartógrafa formada pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006), mestrado em Engenharia Cartográfica pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP, 2007-2009) e doutoranda da Escola de Engenharia da Universidade de São Carlos. Atualmente, professora do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Endereço⁽¹⁾ Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica - CX 593 - Uberlândia - MG - CEP 38408-100 - Brasil - Tel: (34) 99152 1990 - e-mail: brunodeoliveira38@hotmail.com

RESUMO

As tecnologias baseadas em conhecimentos derivados das geociências também denominadas Geotecnologias, vêm se consolidando como importantes instrumentos de suporte à tomada de decisão, auxiliando de forma efetiva no planejamento e na ocupação dos espaços urbanos. Esses recursos tecnológicos possibilitam a correlação de variáveis ambientais ou antrópicas que influenciam, direta ou indiretamente, na dinâmica de uso e ocupação do solo. Desta maneira, as máquinas gestoras municipais podem endossar suas decisões com base em análises resultantes do cruzamento destas variáveis, buscando conciliar a tendência construtiva, imposta pela urbanização, com medidas de preservação dos recursos ambientais disponíveis na biosfera. Evidencia-se, portanto, que as ferramentas de informação e análises geoespaciais são fundamentais para a implantação de políticas e ações que visam o desenvolvimento urbano sustentável nas cidades. Neste trabalho, buscou-se aplicar ferramentas de geoprocessamento como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e posicionamento por satélites (GPS – *Global Positioning System*) no estudo de enquadramento urbano e ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso, localizada no município de Uberlândia – MG. Verificou que, atualmente, a bacia hidrográfica sofre com a influência de construções domésticas e industriais em sua área de drenagem. Além disso, apresenta problemas referentes à insuficiência de sistemas de saneamento básico, precariedade de alguns expoentes da infraestrutura urbana e degradação ambiental de sua vereda. Por fim, este estudo sintetizou uma variedade de resultados e estudos já feitos anteriormente a fim de estabelecer as tendências de uso e ocupação do solo local e proporcionar à administração pública meios de aprimorar a gestão da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso, bem como de todo o município, de forma a buscar a primazia pelo desenvolvimento urbano sustentável de Uberlândia.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, Planejamento Urbano, Bacia Hidrográfica, Desenvolvimento Sustentável.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o emprego das geotecnologias pode ser notado na utilização de veículos aéreos não tripulados e de imagens de satélites para o controle de tráfego aéreo, monitoramento e preservação de recursos ambientais, gerenciamento de obras de engenharia civil, bem como no planejamento e engenharia urbana (NOVO, 2011; CASILHA e CASILHA, 2009; VITTE e KEINERT, 2009). No âmbito desta última aplicação, pode-se destacar o uso de informações geoespaciais referentes à implementação de estudos e políticas que visam o enquadramento de recursos urbanos e ambientais de determinada área, a fim de garantir em síntese, o desenvolvimento urbano sustentável.

A preocupação com a preservação ambiental é consequência direta dos processos de expansão urbana e industrial experimentados em todo o mundo. Historicamente, as aglomerações urbanas se desenvolvem sem levar em consideração os limites impostos pela utilização indevida dos recursos naturais disponíveis no meio

em que se inserem (BRAGA, 2003). De maneira geral, a ocupação humana e evolução urbano-industrial se dão em primeira instância, desconsiderando as implicações que causam nos ecossistemas naturais.

No caso de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento como o Brasil, a discrepância entre a urbanização e a preservação ambiental é ainda mais notória. Enraizado em problemas de ordem econômica, social e política, o processo de urbanização destes países demanda por profissionais cada vez mais capacitados para promover a concomitância entre desenvolvimento construtivo e gerenciamento ambiental.

Desta maneira, a existência de uma forte dicotomia entre a prática do planejamento urbano e a preservação ambiental pode ser notada. Todavia, é possível garantir a conformidade entre estas duas ações e promover mecanismos eficientes para auxiliar o processo de evolução urbanística e sustentabilidade do espaço construído e ocupado pelo homem. É, portanto, na formulação e implementação destas ferramentas que a utilização de geotecnologias se faz fundamental.

A elaboração de estudos urbanos e ambientais; obtidos por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento; auxilia de forma direta em políticas e ações que visam garantir o desenvolvimento urbano sustentável das comunidades humanas ao redor do planeta (BOHAN-CARTER, 1996). Assim, com base nas tecnologias difundidas pelas Geociências (Cartografia, Topografia, Geodésia, Sensoriamento Remoto, entre outras), é possível produzir análises, diagnósticos, projetos, planos e políticas diretoras do espaço construído a fim de proporcionar a convergência entre urbanização, preservação e recuperação ambiental.

Neste cenário, o presente trabalho realiza um estudo de enquadramento das atividades urbanas e dos recursos ambientais da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso, localizada na área urbana do município de Uberlândia – MG. Esta bacia se configura como uma das principais micro bacias hidrográficas urbanas da região e experimenta uma série de problemas decorrentes da utilização do solo de sua área de drenagem para atividades domésticas e industriais.

Na área de drenagem do Córrego do liso, aloca-se o Distrito Industrial Municipal de Uberlândia. Atualmente sob responsabilidade do governo estadual, o distrito possui elevada quantidade de edificações industriais nas proximidades do leito do córrego, muitas delas não respeitando as determinações da Resolução Nº 303/2002 do CONAMA, a Lei 4.771/1965 e a Lei Orgânica Municipal, que determinam:

“(…) São consideradas áreas de preservação permanente na zona urbana as nascentes, as margens numa faixa de trinta metros e os cursos d’ água dos córregos, ficando vedado o lançamento de afluentes domésticos e industriais em todo o seu percurso; os remanescentes de matas ciliares, capões de mata e buritais; uma faixa de cinquenta metros de largura em ambas as faixas do Rio Uberabinha, em toda a sua extensão na zona urbana; e os parques, reservas, praças e demais logradouros públicos de valor ecológico, paisagístico e cultural.” (UBERLÂNDIA, **Lei Orgânica do Município**. Artigo 210. 2011).

Desta maneira, observa-se que parte das edificações industriais inseridas na área de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso não cumpre com o determinado pela legislação. Além isto, devido à rápida expansão urbana sofrida pela região de estudo, uma grande parcela de edifícios domésticos também não cumprem com as determinações legais e promovem a ocupação indevida de suas margens, bem como o despejo clandestino de efluentes poluidores nos recursos hídricos superficiais da bacia.

O rápido processo de ocupação humana experimentado pela área de drenagem do Córrego do Liso ocorreu de modo a não acompanhar os investimentos públicos e privados em sistemas de infraestrutura urbana na região. Desta maneira, os bairros ali instalados se desenvolveram sem fornecer à totalidade de seus moradores, serviços básicos de esgotamento sanitário, distribuição de água, coleta de resíduos sólidos, redes de iluminação elétrica, sistemas de tráfego e pavimentação asfáltica, além de não possuírem o devido auxílio construtivo em suas edificações.

Desta maneira, pode-se afirmar que a insuficiência de recursos em infraestrutura urbana que acomete a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso é um problema de ordem conjuntural dentro do âmbito da engenharia civil atrelada ao planejamento da cidade. Assim, é necessário desenvolver mecanismos que possibilitem uma melhor eficiência na gestão da área de drenagem da bacia a fim de adequar o uso do solo à demanda de seus moradores, bem como conciliar a prática construtiva local com a oferta de qualidade de vida para o homem e preservação do meio ambiente.

Assim sendo, notou-se fundamental realizar o estudo de enquadramento urbano e ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso devido à realidade experimentada por esta região dentro do município de Uberlândia. Com este estudo, é possível entender o funcionamento da dinâmica urbanística local e minimizar os impactos ambientais, econômicos e sociais causados pelo uso e ocupação do solo da região.

Portanto, este enquadramento pode proporcionar à administração pública e à iniciativa privada, futuramente, escopos para a utilização consciente da área de drenagem do Córrego do Liso, de modo a colaborar para o desenvolvimento urbano e socioeconômico sustentável da bacia, bem como de todo o município. Sendo assim, este estudo é um exemplo da utilização e aplicação de geotecnologias no âmbito da engenharia urbana moderna, buscando garantir a plena evolução dos conhecimentos das geociências em concomitância com a qualidade de vida do homem contemporâneo e a preservação ambiental do meio no qual ele se insere.

OBJETIVOS

Este trabalho objetiva realizar um estudo de diagnóstico e enquadramento da realidade urbana e ambiental atualizada da área de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso por meio da utilização de geotecnologias e técnicas de geoprocessamento de imagens. Além disto, são objetivos específicos deste estudo:

- Caracterizar a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso com base em parâmetros ambientais, geotécnicos e construtivos;
- Analisar a relação entre os parâmetros coletados e a atual situação urbana e ambiental da bacia;
- Aplicar geotecnologias (tais como GPS, estações totais, sensoriamento remoto, drones) e técnicas de geoprocessamento de imagens para estudar a configuração do espaço construído e ocupado na área de drenagem do Córrego do Liso;
- Elaborar, por meio de *softwares*, tais como o ArcGis e SPRINGS, o mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso;
- Comparar o mapa de uso e ocupação do solo atual com versões anteriores do mesmo a fim de estudar a dinâmica e as tendências construtivas na área da bacia;
- Coletar e analisar amostras deformadas de solo da bacia para realizar estudos granulométricos e classificar o solo local de acordo com a ABNT NBR7181/84;
- Analisar os principais problemas e impactos ambientais relacionados à granulometria do solo e à utilização do mesmo para fins domésticos e industriais;
- Coletar e analisar amostras de água superficial do Córrego do Liso para determinação dos seus parâmetros físico-químicos;
- Traçar possíveis relações entre poluição e a qualidade superficial da água do Córrego do Liso;
- Analisar aspectos construtivos dos edifícios, estruturas de pavimentação e demais sistemas de infraestrutura urbana na área da bacia;
- Aplicar conceitos de Geodésia Espacial dentro da área de atuação profissional da Engenharia Civil, em especial na área de Engenharia Urbana, Transportes e Planejamento Urbano;
- Propor soluções para minimizar os impactos urbanos e ambientais causados pelo processo de uso e ocupação indevida do solo na região da Bacia;
- Colaborar com políticas que visem à adequação do desenvolvimento urbano regional e sua concomitância com ações sustentáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Após a elaboração do projeto inicial e determinação dos objetivos deste trabalho, foi levantado inicialmente um referencial teórico sobre dinâmica urbana, ambiental e aplicações de Geodésia Espacial no âmbito do planejamento urbano e Engenharia Civil. Este referencial foi estudado e revisado, culminando com a substituição de algumas obras e a inserção de outras, com o intuito de proporcionar aprimoramento teórico que permitisse minimamente a base necessária para as discussões e reflexões que seriam desenvolvidas ao longo do trabalho.

Nesse sentido, foram utilizados livros e artigos que tratam sobre a dinâmica física do meio ambiente e suas respostas frente à intervenção humana. Foram analisados também trabalhos já realizados referentes ao uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso e sobre a análise bioquímica dos recursos hídricos superficiais da área de estudo.

Também fizeram parte das leituras e estudos empreendidos para a execução desse trabalho documentos oficiais que legalizam e orientam a construção do espaço geográfico uberlandense. Analisaram-se cartas topográficas e mapeamentos temáticos em escala municipal a fim de caracterizar geograficamente a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso e atingir os objetivos propostos por este trabalho.

Trabalhos de campo e visitas técnicas na área de drenagem do Córrego do Liso também foram utilizados em vários momentos para a visualização da dinâmica sócio espacial da região de estudo. Nestes, foram realizadas as fotografias que serviram de objeto de análise e para a construção de partes do texto apresentado. Esta etapa foi de suma importância, pois serviu como instrumento de introdução dos autores na realidade urbana e ambiental experimentada pela bacia, fato que não pode ser apreciado mediante apenas a utilização de geotecnologias e fotografias aéreas.

Terminada esta fase, este trabalho lançou mão de ferramentas computacionais de geoprocessamento de imagens e parâmetros a fim de estabelecer os critérios avaliativos da realidade urbana da área de estudo. Desta forma, foram utilizados *softwares* de manipulação cartográfica, como o ArcGis e SPRINGS, a fim de gerar mapas temáticos da área da bacia. Fotografias aéreas e imagens obtidas por meio de geotecnologias de monitoramento geodésico e espacial (satélites, Google Earth Pro, Google Maps, drones e GPS) também foram utilizadas para se basear a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo da bacia e acompanhar a dinâmica construtiva e ambiental enfrentada pela mesma.

Após esta etapa, foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo da bacia e amostras de água superficial do Córrego do Liso. As amostras deformadas de solo foram coletadas sem levar em consideração parâmetros como umidade natural e estrutura do solo. Estas, posteriormente, foram levadas ao Laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para os seguintes ensaios:

- ABNT NBR 7181/84: Solo – Análise Granulométrica
 - Peneiramento grosso;
 - Peneiramento fino;
 - Sedimentação via Método de Stokes;
 - Traçado da curva granulométrica do solo;
 - Classificação granulométrica do solo.

Já as amostras de água foram submetidas a ensaios laboratoriais no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da FECIV a fim de que se fossem determinados os seguintes itens:

- Turbidez da água;
- Sólidos suspensos totais;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Presença de metais pesados (Cobre – Cu, Zinco – Zn, Cromo – Cr, Cádmio – Cd e Chumbo – Pb);
- Presença de Sulfetos e nitritos.

Tendo em mãos os dados adquiridos por meio das análises laboratoriais e da aplicação de técnicas de geoprocessamento, foi possível utilizar o processo de Análise de Multicritérios, ou Álgebra de Mapas. Este processo foi fundamental para correlacionar todos os parâmetros obtidos e sintetizar os resultados alcançados.

O termo Álgebra de mapas foi popularizado a partir do livro “*Geographic Information System and Cartographic Modeling*” (TOMLIN, 1990). Esta foi a primeira abordagem em que se buscou explorar de uma maneira formal as propriedades dos dados representados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), usualmente representados por mapas.

De acordo com Tomlin (1990), o processo de Álgebra de Mapas (também conhecido como Análise de Multicritérios) pode ser entendido como a técnica na quais dados referentes a um determinado agente ou campo geográfico, representados sob a forma de diferentes variáveis e parâmetros, podem ser correlacionados por meio de instrumentos matemáticos e algébricos. Esta correlação gera como produto final uma sequência de mapas temáticos, tabelas, gráficos e outros instrumentos de interpretação visual que sintetizam a correlação entre os critérios que formam o SIG analisado.

Desta maneira, por fim, aplicou-se o processo de Análise de Multicritérios para realizar o diagnóstico final e o enquadramento da realidade urbana e ambiental vivenciada pela Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso em Uberlândia – MG. Os resultados obtidos por meio da metodologia exposta encontram-se na seção que se segue.

RESULTADOS

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO:

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso localiza-se no município de Uberlândia – MG, entre as Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 7.910.000 a 7.914.000 metros Norte e 781.000 a 786.789 metros Oeste, no fuso 22. Esta localização corresponde ao espaço geográfico referente entre as Latitudes 18°51’27” e 18°53’48” Sul e as Longitudes 48°15’31” e 48°19’00” Oeste, conforme pode ser visto na Figura 1 (LÁZARO e CHUERUBIM, 2015).

A área de drenagem do córrego do Liso se configura como uma das principais bacias hidrográficas urbanas do município de Uberlândia devido à sua localização e dimensões. A região da bacia, inserida na confluência entre bairros altamente povoados e o Distrito Industrial, possui uma área de aproximadamente 15,78 km², o que corresponde a 7,73% da área urbana municipal.

A Figura 2 ilustra, em amarelo, as regiões de uso predominantemente doméstico que fazem parte da área de drenagem do Córrego do Liso. Em verde, tem-se a área industrial (Distrito Industrial Municipal), localizada na região Noroeste da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso. Pode-se notar a elevada presença de bairros e aglomerações urbanas na área da bacia, confirmando assim a importância da mesma para com a dinâmica urbanística do município de Uberlândia (LÁZARO e CHUERUBIM, 2015).



Figura 1 – Localização geoespacial da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.



Figura 2 – Regiões domésticas e industriais na bacia.

Ao longo das vertentes dos cursos d'água que compõem a bacia, instalam-se os bairros Maravilha, São José, Pacaembu, Jardim Brasília, Santa Rosa, Nossa Senhora das Graças, Residencial Gramado, Liberdade, Jardim América I e II e Presidente Roosevelt; todos localizados à esquerda do Córrego do Liso. Além destes, à direita, situa-se o Distrito Industrial da cidade, atualmente sob responsabilidade do Governo do Estado de Minas Gerais.

CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS LOCAIS:

Segundo Lázaro *et al*, em “Estudo do potencial de percolação de poluentes no solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso” (2015), a bacia é composta, basicamente, pela associação de três cursos d'água distintos: O Córrego do Liso, o Córrego do Lobo (ou do Carvão) e o Córrego Buritizinho. O Córrego Buritizinho localiza-se a Sudeste do curso principal da bacia. Ele possui um comprimento aproximadamente igual a 2.250 metros e

abrange uma área exclusivamente doméstica da região de estudo. Já o Córrego do Lobo encontra-se situado a Nordeste do Córrego do Liso e possui, aproximadamente, 1.500 metros de extensão.

Por fim, o Córrego do Liso (cujo nome é dado à Bacia), é o maior em extensão e volume de água. Ele possui, aproximadamente, 5.000 metros de comprimento e relevo levemente acidentado (com inclinação média de 2,4% descendente), variando entre 864 metros em sua nascente e 770 metros de altitude em sua foz, no Rio Uberabinha.

CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DA BACIA:

Situada na região dos planaltos e vertentes do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (área pertencente ao Platô do Planalto Central Brasileiro), a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso se apresenta como sendo uma região espacial predominantemente aplainada. A área se encontra numa altitude relativa ao nível do mar aproximadamente igual a 825m e possui poucas falhas geográficas e acidentes de relevo significativos.

De maneira geral, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso apresenta declividades médias entre 1% e 5%, de modo que se pode considerar a região de estudo como sendo relativamente plana.

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO DA BACIA:

De acordo com Nishiyama (1989), a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso (bem como todo o município de Uberlândia) situa-se numa região de solo predominantemente laterítico e de origem podológica antiga. Desta maneira, a área de drenagem do Córrego do Liso segue as tendências teóricas experimentadas pelo solo do Domínio dos Chapadões (ou Cerrados Brasileiros), de forma a apresentar solos profundos, instáveis, grossos e com baixo grau de compactação/compacidade.

Ao se analisar, especificamente, a região de drenagem do Córrego do Liso, exames mineralógicos e cristalográficos diagnosticaram que o solo local é originário de rochas arenítica e basáltica, datadas das Eras Mesozoica, Cenozoica e Cretácea (NISHIYAMA, 1989).

As rochas basálticas e areníticas sofreram processo de intemperismo de forma a originar o solo característico da bacia. Este tipo de rocha tende a originar (após a ocorrência de fenômenos de intemperismo físico, químico e biológico) solos areno-argilosos rasos, com partículas de diâmetro elevado e baixa quantidade de sais minerais entremeados nos grãos de solo.

Desta forma, estabeleceu-se a hipótese de que o solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso fosse uma areia de granulometria média. A fim de se comprovar esta hipótese, foram coletadas três amostras deformadas de solo em pontos distintos da área de drenagem da bacia. Estas amostras foram levadas ao Laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para se realizarem sobre as mesmas os ensaios de classificação granulométrica previstos pela ABNT NBR 7181/84 – Granulometria.

As amostras foram medidas a fim de se quantificar sua massa úmida, massa seca, teor de umidade, além de massa e peso específicos. Os resultados obtidos nestas medições encontram-se expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físicos e granulométricos do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE					
Cápsula	165	8	25		
Tara (g)	22,6	27,2	24		
Solo úmido + tara (g)	93,4	89,4	87,8		
Solo seco + tara (g)	92,4	88,7	86,5		
Massa de água (g)	1,0	0,7	1,3		
Solo seco (g)	69,8	61,5	62,5		
Teor de umidade (%)	1,43	1,14	2,08		
Umidade média (%)			1,55		
PENEIRAMENTO GROSSO			MASSA (g)		
Amostra total úmida			1000,00		
Solo seco retido na #10			133,60		
Solo úmido passado na #10			866,40		
Solo seco passado na #10			853,17		
Solo seco total			986,77		
PENEIRAMENTO GROSSO					
Peneira	Diâmetro (mm)	Massa retida (g)	Massa passada (g)	% Passada	
	50	0,000	986,770	100,00	
	38	0,000	986,770	100,00	
	25	0,000	986,770	100,00	
	19	0,000	986,770	100,00	
	9,5	33,200	953,573	96,60	
4	4,8	69,800	916,973	92,90	
10	2	133,600	853,173	86,50	
MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS NO PENEIRAMENTO GROSSO					
Temperatura (°C)			24,1		
Massa do solo úmido (g)			120,00		
Massa do solo seco (g)			118,17		
Massa do picnômetro + água (g)			1234,70		
Massa do picnômetro + água + solo (g/cm³)			1291,40		
Massa específica da água (g/cm³)			0,9973		
Massa específica dos grãos grossos (g/cm³)			1,9170		
PENEIRAMENTO FINO					
Peneira	Diâmetro (mm)	Massa retida (g)	Massa passada (g)	% Parcial passada	% Total passada
16	1,2	3,360	116,640	98,7	85,3
30	0,6	23,230	96,770	81,9	70,8
40	0,42	63,610	56,390	47,7	41,3
60	0,25	104,920	15,080	12,8	11,0
100	0,15	112,280	7,720	6,5	5,6
200	0,075	113,030	6,970	5,9	5,1
MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS NO PENEIRAMENTO FINO					
Temperatura (°C)			24,3		
Massa do solo úmido (g)			120,00		
Massa do solo seco (g)			118,17		
Massa do picnômetro + água (g)			1201,40		
Massa do picnômetro + água + solo (g/cm³)			1270,20		
Massa específica da água (g/cm³)			0,9973		
Massa específica dos grãos finos (g/cm³)			2,387		

Com base nos resultados obtidos por meio dos ensaios de peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação, foi possível elaborar a curva granulométrica do solo da bacia (Figura 3). A curva estabelece limites de diâmetro médio para os grãos de solo, de modo a ser possível classificá-lo com base na proporção de grãos grossos e finos existentes.

Pela análise da curva granulométrica, foi possível comprovar a hipótese do solo da bacia ser um solo grosso. Assim, classificou-se o solo local como sendo uma Areia Fina Mal Graduada, com elevado percentual de argila em sua composição (LÁZARO, BARCELOS e CHUERUBIM, 2015).

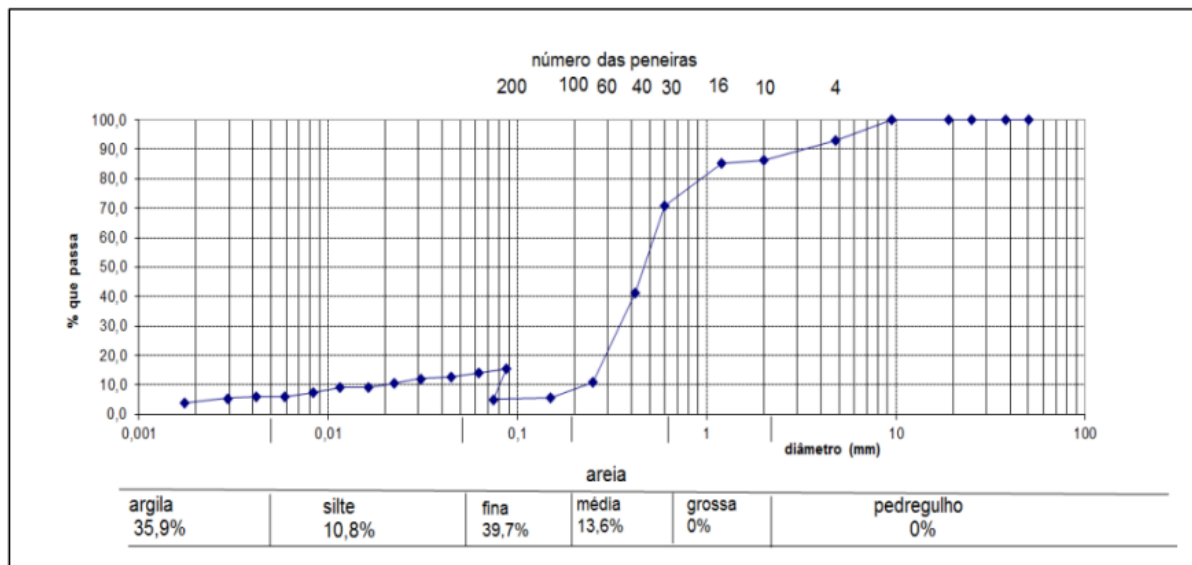


Figura 3 – Curva granulométrica do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL DA BACIA:

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso apresenta três cursos d'água distintos em sua área de drenagem: o Córrego do Liso, o Córrego do Lobo e o Córrego Buritizinho. Estes cursos hídricos superficiais se inserem numa região amplamente ocupada por edificações de caráter doméstico e industrial, perfazendo aproximadamente 7,73% da área urbana do município de Uberlândia, MG.

Por estarem localizados numa região urbana, os cursos d'água superficiais da bacia apresentam-se degradados e com elevado teor de matéria orgânica (dissolvida e em suspensão). Este fator é responsável pelo aumento dos índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST), turbidez, sulfetos, nitretos e nitritos da água local.

Nos mesmos pontos de coleta de amostras de solo, foram coletadas também amostras de água para ensaios no Laboratório de Saneamento e Hidráulica da FECIV. Estes ensaios comprovaram as alterações anteriormente citadas nos parâmetros físico-químicos da água dos córregos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.

Observou-se que os valores estimados para a DBO foram bem elevados para as amostras coletadas, variando de 6 a 13 mg/L. Desta maneira, caracterizou-se uma região com alta concentração de matéria orgânica, principalmente nas proximidades do ponto 3.

Quanto à DQO, os valores obtidos foram da ordem de 11 a 21 mg/L, o que sugere que ocorrem despejos de origem industrial na área de estudo. Valores elevados de DBQ indicam a presença de efluentes poluidores e/ou substâncias nocivos em processo de aeração nos recursos hídricos analisados.

A turbidez da água superficial variou de 13 a 15 UNTs. Além disso, o pH mensurado na amostragem efetuada no Córrego do Liso variou de 5,24 a 5,5. Estes valores são inferiores ao recomendado pelos padrões da Classe 2, que estabelece um pH mínimo de seis e máximo de 9 para cursos hídricos em potencial para o consumo humano e/ou atividades recreativas.

Para a série de Nitrogênio, a análise da concentração de nitrogênio amoniacal indicou uma variação entre 0,34 a 0,51. Já para o Nitrito, os valores estimados foram da ordem de 0,02 a 0,03. Quanto aos Sólidos Totais, que

indicam a quantidade de matéria orgânica presente em uma amostra de água, os valores obtidos foram de 58 a 74 mg/L.

Em relação aos sulfetos, os valores encontrados foram da ordem de 0,08 a 0,13 mg/L. As análises da concentração de Sólidos Totais Fixos e Voláteis variando na ordem de, respectivamente, 87,2% a 89,7% e 10,3% a 12,8%. Os metais, por sua vez, apresentaram uma concentração de 0,13 a 3,30 mg/Kg. Em relação aos Coliformes Totais os valores encontrados foram da ordem de 2400 (NMP/100 ml) para todas as amostras. E para os Coliformes Termotolerantes para os pontos 1 e 2 os valores foram de 2400 (NMP/100 ml) e para o ponto 3 de 540 (NMP/100 ml).

ANÁLISE DA DINÂMICA URBANA DA BACIA: MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO:

Conforme exposto nas seções anteriores, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso localiza-se dentro dos limites da área urbana do município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. Desta forma, a região de drenagem do córrego encontra-se ocupada por um extenso espaço de construções domésticas e industriais em suas imediações e circunvizinhanças.

Na margem direita do Córrego do Liso, instala-se o Distrito Industrial Municipal de Uberlândia. Atualmente, a zona de indústrias encontra-se sobre responsabilidade do Governo Estadual e possui em sua região, aproximadamente, 40 empresas do setor primário e secundário.

Já na margem esquerda do Córrego do Liso, instalam-se bairros e aglomerações urbanas residenciais e mistas da cidade de Uberlândia. Estes bairros se configuram como zonas doméstica de classe média e baixa e ocupam a quase totalidade de extensão ciliar do Córrego do Liso, do Lobo e Buritizinho.

A fim de analisar a configuração espacial destas edificações, foi elaborado um Mapa de Uso e Ocupação do Solo da bacia. O mapa foi traçado por meio da manipulação algébrica de mapas e imagens de satélite georreferenciadas obtidas por meio de sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

Estes dados foram vetorizados e passaram pelo processo de Análise de Multicritérios (ou Álgebra Cartográfica) na interface digital de *softwares*. Foram utilizados os programas computacionais ArcGIS, SPRINGS, TerraView e AutoCAD para otimizar os resultados e originar a carta final, Figura 4, (CHUERUBIM e PAVANIN, 2014).

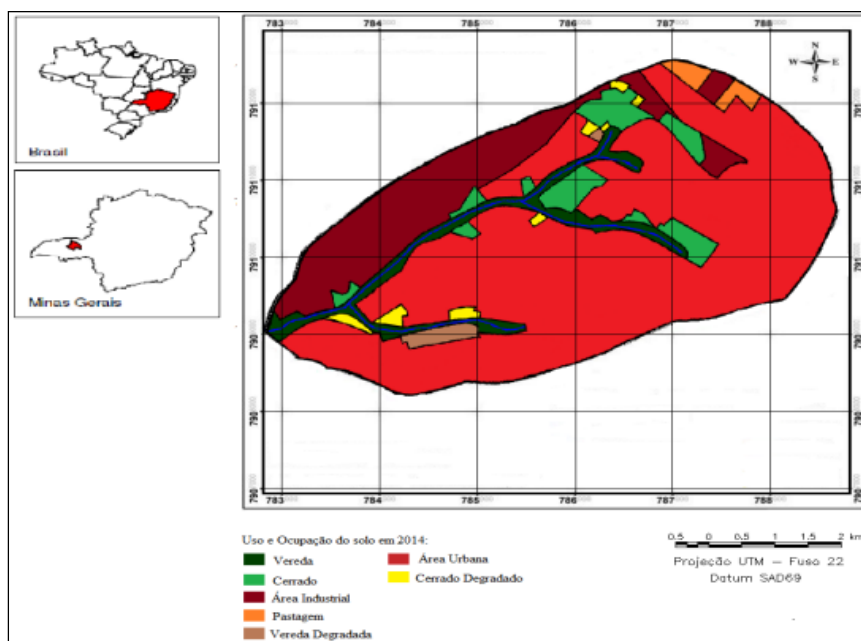


Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 4) classifica o solo da bacia em sete segmentos distintos: Vereda, Cerrado, Área Industrial, Pastagem, Vereda Degradada, Área Urbana e Cerrado Degradado. Como pode ser observar, a área urbana é responsável pela maior parcela de ocupação do solo local, seguida imediatamente pela área industrial. Juntas, elas se configuram como a atividade humana e tendência construtiva predominante da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso.

A predominância de áreas urbanas e industriais contribui para a existência de uma discrepância entre a oferta de infraestruturas básicas de moradia, saneamento, transportes e energia e a real demanda por parte dos moradores locais. Por parte da Administração Pública, há certa prevalência de investimentos na estruturação de uma rede de transporte e logística eficiente para o escoamento produtivo do Distrito Industrial. Em contrapartida, edificações básicas de habitação, sistemas de drenagem urbana e coleta de resíduos, esgotamento doméstico, distribuição de água e fornecimento de energia elétrica são negligenciados.

Desta forma, o uso e ocupação do solo regional se dão, muitas vezes, sem a promoção de estudos técnicos e ferramentas de gestão espacial capazes de auxiliar na concomitância entre desenvolvimento urbano, qualidade de vida da população e preservação ambiental dos mananciais do Córrego do Liso.

A INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO GEOTÉCNICA DA BACIA NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO:

Conforme visto anteriormente, o solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso foi classificado como uma areia fina mal graduada com elevado teor de argila em seus grãos.

O solo areno-argiloso da bacia possui grãos de diâmetros variados, mas em sua maioria grossos e com arestas irregulares. Desta maneira, o grau de compactação deste terreno é baixo, de modo que seu solo apresente também elevado índice de vazios, baixa compactidade e pouca resistência à compressão mecânica.

O índice de vazios de um solo é uma grandeza física definida pela razão entre o volume de vazios e o volume de sólidos de determinado solo. Ela expressa a quantidade adimensional de espaços vazios (ar e ar incorporado) existente entre os grãos de um solo, espaços estes que podem ser preenchidos por água e/ou outros fluidos, de modo a saturar o solo (PINTO, 2008).

Em solos como o da Bacia do Córrego do Liso, fluidos percoláveis (que apresentam baixa viscosidade e regime de escoamento uniforme) encontram facilidade para percolar por entre os vazios do solo. Este processo culmina na saturação dos poros do solo, perda de resistência à compressão, instabilidade, ruptura e possível colapso da massa de solo.

Ainda se tratando de percolação em solos grossos, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso foi diagnosticada com um impacto ambiental diretamente decorrente do processo percolativo de fluidos em seu meio: a contaminação do solo por metais pesados e poluentes. Isto se deve ao fato da existência de grande quantidade de indústrias na região de drenagem do córrego do Liso.

Areladas à baixa declividade do terreno local e à configuração geomecânica do solo (areno-argiloso), as indústrias que lançam efluentes poluidores diretamente no solo da região da bacia promovem que estes fluidos não escoem totalmente para o Córrego do Liso e este sofra processo de autodepuração. Assim, boa parte dos fluidos e resíduos poluidores lançados por estas edificações industriais entram em contato com o solo e percolam por entre os grãos, contaminando os recursos naturais existentes no local.

Além disso, existência de uma grande concentração de edificações domésticas na região da bacia, em concomitância com a classificação granulométrica do solo local, também provoca uma série de impactos ao ambiente e à estabilidade construtiva da região. De forma geral, o solo da bacia não se apresenta de forma estável, com seu lençol freático oscilando em profundidade. Isto, em conjectura ao fato de ser um solo grosso, com elevado índice de vazios, baixa compactidade e pouca resistência, torna inviável a construção de edifícios com fundações profundas no local.

Este tipo de construção acarreta cargas significativamente grandes ao solo. No caso do solo da bacia, a configuração geomecânica e granulométrica do mesmo não assegura a estabilidade destas fundações, de modo

que fora observado em grande parte das construções locais problemas na estrutura exterior dos edifícios decorrentes, provavelmente, patologias em suas fundações oriundas da interação solo-estrutura.

Desta maneira, notou-se que grande parte dos edifícios locais foram erguidos sem considerar a interação solo-edifício. Não houve, portanto, um estudo geotécnico adequado da área de drenagem do Córrego do Liso para a construção da infraestrutura urbana local e esta, por sua vez, atualmente coloca em risco a integridade do solo local para com processos de erosão, instabilidade, lixiviação e assoreamento dos cursos d'água.

OS IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA:

Com as visitas técnicas realizadas na área da bacia, pôde-se notar a presença de moradias irregulares para junto com áreas instáveis de solo nas proximidades das vertentes dos Córregos do Liso, Buritizinho e do Lobo. Estas edificações colocam em risco não apenas a vida de seus moradores como também se configura como instrumentos vulnerabilizadores do solo (conforme apresentado na seção anterior) e dos recursos hídricos locais, de forma a colaborarem com o assoreamento dos rios, turbidez e poluição da água; além de desmatamento, queimadas e outros impactos socioambientais.

Outro aspecto importante observado nas visitas, nas imagens de satélite e relacionado com a situação geoespacial e construtiva (esta última obtida por meio do mapa de uso e ocupação do solo) da bacia foram os despejos clandestinos de efluentes poluidores e resíduos sólidos na área de drenagem do Córrego do Liso. O sistema de gerenciamento de resíduos sólidos municipal e as redes de distribuição e coleta de água esgoto da cidade não atendem à demanda populacional da região. Desta maneira, moradores depositam de forma irregular seus resíduos a céu aberto, nas proximidades dos cursos d'água.

A água dos Córregos do Liso, Lobo e Buritizinho, para usos de recreação de contato primário, deveria obedecer a Resolução CONAMA N° 274 de 2000. De acordo com o parágrafo 4 desta Resolução, as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, o valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termo tolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* por 100 mililitros. Portanto, os valores encontrados encontram-se dentro dos valores limítrofes desta resolução.

Quanto aos metais, em geral, não foi possível por meio das análises laboratoriais indicar a presença destes componentes nas amostras analisadas de água, uma vez que não existem indústrias de extração de metais nas proximidades da região de estudo. Todavia, foi possível identificar o componente chumbo em todas as amostras na concentração de 0,28 mg/L.

É interessante ressaltar que para o período referente a algumas coletas de amostras de água verificou-se o crescimento da vegetação em todos os pontos de amostragem devido às chuvas decorrentes da época. As amostras coletada in loco no ponto 1 em 25/01/2014 (período chuvoso) não apresentaram alterações bruscas de pressão, temperatura e pH, quando comparadas as amostras coletadas para a mesma região no verão. Já para a região onde se localiza o ponto 2, pôde-se observar visivelmente uma diminuição da vazão do córrego, bem como o carreamento de sedimentos e de detritos de origem antrópica.

Além disso, as amostras coletadas na região do ponto 2 indicaram um aumento do pH que, possivelmente, deve estar associada à dispersão dos agentes poluidores após a ocorrência das chuvas. Destaca-se que esta amostra localiza-se em trecho de área urbana, com pequenas áreas de criação de bovinos, resquícios de vegetação, o que acarreta consequentemente o aumento da carga orgânica neste trecho.

Quanto à amostra coletada no ponto 3 constatou-se, também, o aumento do pH. Embora esta região esteja mais distante de áreas residenciais, a mesma localiza-se próxima a um curtiço e do distrito industrial do Município, sendo ainda ocupada por pequenas áreas de criação de bovinos e equinos. Verifica-se, também, a presença tubulações de esgoto no local, embora nenhum vazamento tenha sido detectado.

Sendo assim, por meio da análise laboratorial das amostras coletadas em campo, pôde-se concluir que o padrão de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso não obedece às normas exigidas na Portaria 518 do Ministério da Saúde, podendo trazer riscos à saúde do consumidor, sendo seu consumo

considerado não seguro. Para adequá-la à potabilidade exigida, a água da bacia deverá passar por tratamento convencional e garantir que sua qualidade se preserve até as ligações prediais.

Por fim, vale também ressaltar que a poluição encontrada nas amostras coletadas foram detectadas como efluentes industriais e como despejos de resíduos sanitários. Assim sendo, nota-se importante a correta adoção de políticas e ações que visem adequar os recursos hídricos da área de drenagem da bacia à necessidade da população local, de modo a garantir o pleno desenvolvimento das atividades domésticas e industriais locais, sem colocar em risco a integridade das águas superficiais e da biota na região.

IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES (APPs):

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso apresenta, atualmente, três áreas de Proteção Permanentes mantidas por parte da Administração Pública Municipal de Uberlândia. Estas áreas são o Parque Municipal Victório Siqueirolli (237.152,75 m² de extensão em área), o Parque Nascente do Córrego do Liso (120.603,04 m²) e o Parque Ambiental Industrial (250.000 m²).

As três APPs situam-se em uma região amplamente urbanizada do município de Uberlândia e foram instituídas por meio da implementação do Código Florestal Brasileiro, por meio da Lei Federal 4.771/1964 (BRASIL, 1965). Todavia, elas só passaram a ser monitoradas e regulamentadas a partir do ano de 1997, com a criação do Decreto Municipal nº 7.452 (UBERLÂNDIA, 1997) que determinava a existência das APPs e restringia o uso e ocupação do solo das mesmas para finalidades domésticas e/ou industriais.

Desta maneira, a partir de 1997, a administração pública uberlandense proibiu a construção de edifícios dentro dos limites de 30m à montante e à jusante das margens dos córregos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso, além de investir no processo de recuperação e preservação ambiental da área das APP a fim de minimizar os impactos causados pela ação antrópica no espaço geográfico ocupado pelas mesmas. Assim, inúmeras políticas de reflorestamento, plantio de espécies vegetais, recuperação de fauna e tratamento dos recursos hídricos dos mananciais foram instituídas.

Com estas ações, a cobertura arbórea das APPs experimentou um aumento significativo. Em dados comparativos referentes aos anos de 1964 e 2010, notou-se a elevação da área coberta por vegetação nas APPs e uma redução da área urbana construída na zona de manancial (Figura 5).

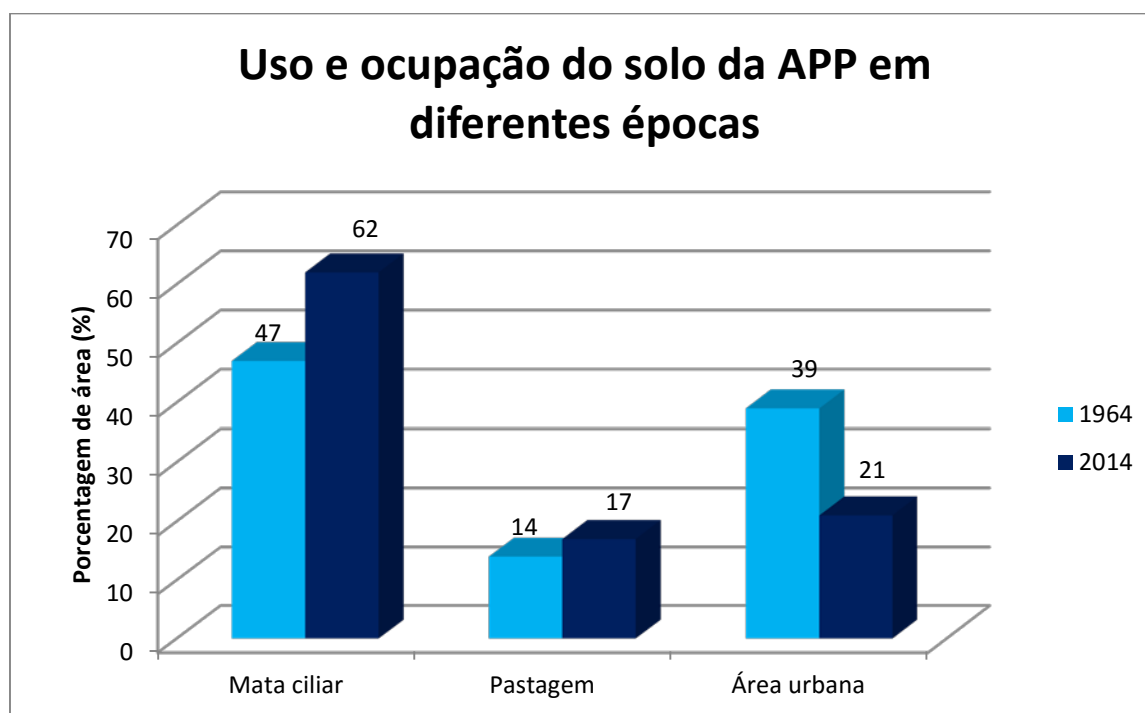


Figura 5 – Uso e ocupação do solo das APPs em diferentes épocas.

Todavia, o aumento da área de mata ciliar e a diminuição da área urbana circunvizinha às APPs não significou uma redução nos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica na região de drenagem do Córrego do Liso. O período compreendido entre os anos de 1964 e 2014 se configurou como sendo uma época de elevado crescimento urbano regional e aumento da população, o que acarretou também aumento do número de indústrias na região e o aumento da produção de resíduos sólidos no local.

Os resíduos produzidos pelo aumento populacional e suas atividades domésticas, bem como o incremento na produção de efluentes poluidores por parte das indústrias culminou no depósito inadequado destes materiais nas Áreas de Preservação Permanente. Assim, estes produtos afetaram a qualidade dos recursos hídricos superficiais das APPs e do solo local.

Por fim, o monitoramento das construções nas APPs se mostrou ineficiente ao longo dos anos. Atualmente, uma grande quantidade de edificações se instalam nas proximidades dos cursos d'água e lançam resíduos sólidos e efluentes poluidores (domésticos e industriais) diretamente nos córregos. Desta maneira, a demarcação das Áreas de Proteção Permanente não implica na efetiva preservação dos mananciais existentes na Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso, de modo a demandar por melhores técnicas de controle e fiscalização das atividades antrópicas no local.

CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho foi possível estabelecer um diagnóstico da realidade urbana e ambiental experimentada pela Bacia Hidrográfica do Córrego do Liso em Uberlândia – MG e relacioná-la a diversos parâmetros geográficos, geotécnicos, construtivos e hidrológicos do local. Este diagnóstico só foi possível mediante a aplicação de técnicas de geoprocessamento de imagens e Geodésia Espacial, aplicadas a conceitos de Geotecnia Ambiental, Engenharia Urbana e Sanitária.

Notou-se que a aplicação de geotecnologias se faz fundamental para o desenvolvimento de estudos que visem entender o comportamento das cidades contemporâneas e sua relação com as atividades antrópicas e impactos no meio ambiente decorrentes destas. Assim, a utilização de geotecnologias auxilia no que diz respeito à elaboração de políticas urbanas a fim de garantir o desenvolvimento das cidades e sua concomitância com a prestação de serviços de infraestrutura urbana, saneamento básico e preservação dos recursos naturais da Biosfera.

Com base nos parâmetros estudados, foi possível estabelecer uma relação direta entre a configuração geotécnica de bacias hidrográficas urbanas e os impactos causados pelo uso e ocupação do solo das mesmas. De modo geral, observou-se que bacias localizadas sobre solos grossos possuem elevado potencial de percolação e contaminação por efluentes poluidores. Além disto, construções e edifícios instalados sobre estes solos tendem a apresentar comportamento instável, bem como apresentar patologias construtivas devido à ocorrência de fenômenos mecânicos e biológicos no solo.

Assim, notou-se necessário a realização de estudos geotécnicos e de caracterização do solo eficientes ante a construção de edifícios na região de bacias hidrográficas urbanas. Estes estudos colaboram para a instauração de planos diretores e diretrizes de ocupação do solo local de modo a proporcionar os menores impactos aos edifícios, à população e ao meio ambiente.

Concluiu-se também que a configuração hidrológica das águas superficiais de bacias hidrográficas urbanas é altamente influenciada pelos processos de uso e ocupação do solo destas regiões. A ação antrópica nas áreas de manancial produz grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes poluidores domésticos e industriais que podem atingir os recursos hídricos da bacia e alterar os padrões físico-químicos da água local, tornando-a imprópria para o consumo humano.

Também foi possível notar que a demarcação de áreas de preservação permanentes na região de bacias hidrográficas urbanas não se configura como instrumento efetivo para a preservação ambiental. É necessário a elaboração de políticas de fiscalização e vigilância das áreas de manancial a fim de controlar o processo de ocupação antrópica sobre as mesmas.

Por fim, concluiu-se que se faz necessário a elaboração de novos e constantes estudos acerca do enquadramento urbano e ambiental de bacias hidrográficas. Estes estudos servem como instrumento, tanto para a administração pública como para a população, capaz de auxiliar no processo de tomada de decisão e planejamento das cidades contemporâneas, de modo a colaborar para com o desenvolvimento urbano sustentável e a melhoria das condições ambientais do planeta Terra e da qualidade de vida dos seres humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7181/84: solo: análise granulométrica conjunta. Rio de Janeiro, 1984.
2. BONHAM-CARTER, G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Ottawa: Pergamon. 398 p, 199612.
3. BRAGA, R. Planejamento urbano e recursos hídricos. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE – UNESP. 2003. p. 113-127.
4. BRASIL. Lei nº 4.771, de 45 de Setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm> Acesso em: 10 nov. 2014.
5. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso: abril/2016.
6. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 274, de 29 de novembro de 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso: abril/2016,
7. CASILHA, G. A.; CASILHA, S. A. Planejamento Urbano e meio ambiente. Curitiba: IESDE Brasil S. A., 2009. 176p. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~felipe/Livro%20Planejamento.pdf>>. Acesso: abril/2016.
8. CHUERUBIM, M. L., PAVANIN, E. V. Análise e associação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com o processo de ocupação em bacias hidrográficas urbanas: estudo de caso Bacia do Córrego do Salto em Uberlândia-MG In: XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014, Natal.
9. LAZARO, B. O., FURTADO, D. B., CHUERUBIM, M. L., SALLA, M. R., REBELO, K. M. W. Estudo do potencial de percolação de poluentes no solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto por meio de análise granulométrica In: 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2015.
10. LAZARO, B. O., FURTADO, D. B., CHUERUBIM, M. L. Álgebra de Mapas e Planejamento Urbano: Estudo do potencial de percolação de poluentes no solo de bacias hidrográficas urbanas. Trabalho completo. 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia de Uberaba. Universidade de Uberaba – UNIUBE, Uberaba, 2015.
11. NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. Sociedade e Natureza. 1 (9-16), junho 1989.
12. PINTO, C. S. Curso básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
13. NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4ª. Ed. São Paulo: Blucher, 2011. 387 p.
14. TOMLIN, D. Geographic Information System and Cartographic Modeling. Prentice Hall, New York, 1990.
15. UBERLÂNDIA. Lei Orgânica do Município de Uberlândia – Minas Gerais. 9ª Ed. Outubro de 2010. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/4256.pdf>. Acesso: abril/2016.
16. UBERLÂNDIA. Decreto Municipal Nº 7.452. Minas Gerais. 1997.
17. VITTE, C. C. S.; T. M. M. KEINERT. Qualidade de vida, planejamento e gestão urbana. 1ª. Ed. Bertrand Brasil, 2009. 312 p.