

VI-211 – ESTUDO DO POTENCIAL DE PERCOLAÇÃO DE POLUENTES NO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SALTO POR MEIO DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Bruno de Oliveira Lázaro⁽¹⁾

Discente de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia. Pesquisadora na área de geociências aplicadas ao planejamento urbano. Bolsista do programa PBG – UFU.

Daiana Barcelos Furtado⁽²⁾

Discente de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia. Pesquisador na área de geociências aplicadas ao planejamento urbano. Bolsista do programa PBG – UFU.

Maria Lígia Chuerubim⁽³⁾

Graduada em Engenharia Cartográfica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Mestrado pelo programa de Pós Graduação em Ciências Cartográficas da UNESP (2007-2009). Analista de desenvolvimento fundiário no Programa Cadastro de Terras e Regularização Fundiária no Brasil – Ministério do Desenvolvimento Agrário (2009-2010). Atualmente, faz parte do corpo docente da Faculdade de Engenharia Civil – FECIV da Universidade Federal de Uberlândia.

Márcio Ricardo Salla⁽⁴⁾

Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil de Araraquara (1998). Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP (2002). Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP (2006). Consultor da UNESCO junto à FUNASA-CORE/SP (2006). Atualmente, faz parte do corpo docente titular da Faculdade de Engenharia Civil – FECIV da Universidade Federal de Uberlândia.

Karla Maria Wingler Rebelo⁽⁵⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP (2001). Mestrado e Doutorado em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP (2009). Experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Mecânica dos Solos e Geotecnia Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Rua Alfredo Tormin, 215, apartamento 303 – Jardim Finotti - Uberlândia - MG - CEP: 38408-096 - Brasil - Tel: (34) 9152-1990 - e-mail: brunodeoliveira38@hotmail.com

RESUMO

Entende-se bacia hidrográfica como a área na qual ocorre a drenagem de águas pluviais para determinado curso hídrico. Estas bacias se configuram como elementos geográficos de extrema importância para o ser humano, visto que a maioria das intervenções do homem no ambiente natural se faz no espaço destas unidades ecológicas. O uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas presentes dentro dos limites dos municípios brasileiros é assunto de destaque no âmbito do desenvolvimento sustentável. Os municípios lançam mão de ferramentas gestoras, tais como suas Leis Orgânicas, a fim de garantir que a expansão urbana ocorra de maneira a evidenciar o desenvolvimento econômico, social e ambiental das populações terrestres, de forma a minimizar os impactos ocasionados pela ação antrópica sob a região das bacias hidrográficas. No município de Uberlândia - MG, a principal intervenção antrópica sofrida pelas bacias urbanas é o despejo de efluentes poluidores em seus cursos d'água, podendo provocar uma série de impactos negativos à fauna e flora destas bacias, bem como prejuízos à vida dos habitantes de sua área de abrangência. Desta forma, este trabalho propõe uma metodologia de análise qualitativa do potencial de percolação de poluentes no solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, principal bacia urbana de Uberlândia. Este estudo foi feito baseando-se em critérios mecânicos e granulométricos do solo, de forma a confluir para um diagnóstico qualitativo do potencial de percolação de poluentes no solo da bacia efetivo, prático e de baixo custo para a utilização da máquina gestora municipal.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Granulométrica, Bacia Hidrográfica, Córrego do Salto, Percolação de Poluentes.

INTRODUÇÃO

A utilização de informações geoespaciais é um elemento crescente no cotidiano do homem contemporâneo. O emprego destes elementos pode ser notado, por exemplo, no controle de tráfego aéreo, processos de telecomunicação e obras de engenharia. No âmbito desta última aplicação, destaca-se a relevância da

especialização de imagens e parâmetros, obtidos por meio de técnicas de geoprocessamento, para o planejamento urbano e conservação ambiental do espaço construído e ocupado pelo ser humano.

De acordo com Novo (2008), a classificação e avaliação da degradação ambiental causada pela ocupação humana na biosfera tornou-se um dos principais assuntos de discussão global no século XXI. Em decorrência destas discussões, muitos métodos têm sido propostos para assegurar o desenvolvimento social, econômico e urbano de forma sustentável, a fim de minimizar os impactos gerados pela ação antrópica no meio ambiente, além de promover a concomitância entre preservação ambiental e evolução humana.

Entretanto, a dicotomia existente entre planejamento urbano e conservação ambiental está presente em conflitos de ordem social, política e econômica. De forma genérica, a ocupação humana no meio ambiente se dá, em primeira instância, desconsiderando os impactos que esta causa nos ecossistemas naturais. Conforme Alves (2004), é necessário, portanto, o desenvolvimento de mecanismos capazes de promover a adequação da atividade humana aos recursos naturais existentes em uma determinada região. Com isso, é possível garantir a preservação ambiental e manutenção da qualidade de vida do homem.

Este trabalho propõe um método de análise das condições de percolação de poluentes no solo de bacias hidrográficas. De acordo com Braga (2008), a percolação de manchas de poluentes em solos e corpos d'água se configura, atualmente, como a principal fonte de poluição e contaminação ambiental provocadas pela ação antrópica. Desta forma, se faz necessário analisar, monitorar e até prever o comportamento destas manchas poluidoras dentro dos limites de uma determinada região frente à ocupação humana da mesma.

Define-se bacia hidrográfica como a área na qual ocorre a drenagem de águas pluviais para o leito de determinado curso d'água (IBGE, 2010). De acordo com Braga (2008), a utilização destas entidades geográficas como objeto de estudo é ideal para monitorar, diagnosticar, caracterizar e planejar de maneira eficiente e sustentável os recursos naturais que fundamentam a bacia hidrográfica. Desta forma, pode-se afirmar também que o estudo de uma bacia é um mecanismo eficaz para a elaboração de políticas públicas que visem a manutenção da qualidade de vida de uma população e do ambiente na qual ela se insere.

Este trabalho determina, portanto, como seu objeto de estudo, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Localizada dentro da área urbana do município de Uberlândia – MG, esta bacia experimentou um intenso processo de urbanização devido a implantação do distrito industrial municipal em sua área de drenagem. Isto ocasionou uma elevada taxa de ocupação do solo local, num curto período de tempo, sem considerar os impactos ambientais que esta prática traria para a região do córrego e suas adjacências.

O método de análise proposto por este trabalho leva em consideração a configuração geométrica das partículas constituintes do solo da bacia, bem como o diâmetro médio de seus grãos. Com base na realização de estudos granulométricos, como ensaios de peneiramento e sedimentação, foi possível articular uma representação gráfica (curva granulométrica) do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Por meio desta representação, estimou-se o comportamento mecânico geral do solo e pôde-se classificá-lo de acordo com sua granulometria.

Por fim, baseado nesta classificação, foi possível determinar, a priori e qualitativamente, o potencial de percolação de poluentes no solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Este resultado parcial foi correlacionado com parâmetros mineralógicos, físicos e socioeconômicos da bacia, de modo que foi possível elaborar o diagnóstico final do potencial de percolação de poluentes, levando em consideração a granulometria do solo e fatores externos que pudessem influenciar nestes resultados.

Concluiu-se, portanto, a partir dos estudos realizados, que a metodologia de análise proposta por este trabalho é um mecanismo eficiente para as políticas de preservação ambiental e planejamento urbano sustentável. Ainda que apresente um resultado qualitativo, o estudo do potencial de percolação de poluentes no solo de bacias hidrográficas por meio de análise granulométrica se mostra uma ferramenta eficaz para a elaboração de planos diretores municipais, a fim de promover o desenvolvimento urbano, social e econômico sustentável, em concomitância com a preservação ambiental, manutenção e/ou evolução da qualidade de vida do homem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi necessário, primeiramente, delimitar a área que corresponde à Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Após a determinação dos limites geográficos da bacia, realizou-se um estudo dos principais parâmetros que influenciam a dinâmica do ecossistema local. Foi analisado o perfil mineralógico do solo em questão, assim como sua vegetação, clima, relevo e tendências de uso ocupação do solo. Para tal, foram utilizados *softwares* de geoprocessamento de imagens e geotecnologias aplicadas à interpretação de cartas topográficas e imagens de satélite.

A segunda etapa deste trabalho se configurou como a coleta de amostras deformadas de solo em três pontos distintos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Posteriormente, estas amostras foram levadas a laboratório para a realização de ensaios granulométricos (peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação) e determinação de características específicas e índices físicos do solo.

As duas etapas deste trabalho, bem como seus respectivos resultados, são descritas a seguir:

Primeira etapa: Caracterização geográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto localiza-se entre as Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 7.910.000 e 7.914.000 metros Norte; e 781.000 e 786.786 metros Este (Figura 1). Ela é composta por um pequeno curso d'água com nascente a Noroeste da mancha urbana do município de Uberlândia e apresenta um trecho de seis quilômetros até desaguar, a Sudeste, no Rio Uberabinha.

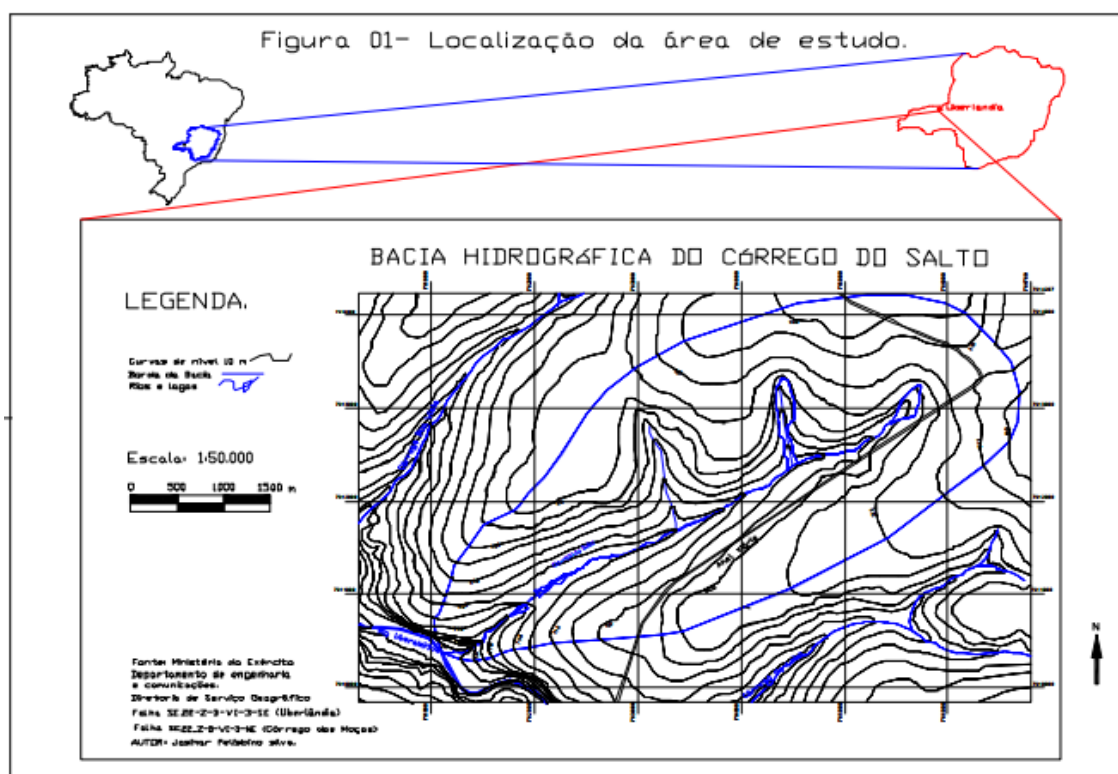


Figura1 – Localização UTM da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Fonte: Ministério do Exército. 2008.

A região da bacia se insere numa área de cerrado típico, caracterizada por invernos secos e verões chuvosos. De acordo com Köppen (1948), o clima predominante nesta área é classificado como tropical chuvoso, de modo a apresentar taxas de precipitação média anual na faixa de 150 mm.

Conforme Ribeiro e Machado (1998), a região da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto apresenta relevo dissecado, com altitudes que variam entre 740 e 900 metros. De maneira geral, o terreno apresenta formas convexas e vertentes com, aproximadamente, uma variação entre 1° e 2,5° de inclinação.

A bacia se estende por uma área urbana densamente povoada e com elevada taxa de urbanização na região Noroeste de Uberlândia (Figura 2). Fazem parte da área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto os bairros Presidente Roosevelt, Marta Helena, Brasil, Umuarama, Jardim América, Nossa Senhora das Graças, entre outros. Além desta forte influência urbana, essencialmente doméstica, também se encontra na área correspondente à bacia o Distrito Industrial Municipal de Uberlândia.



Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto na área urbana do município de Uberlândia. Fonte: Google Maps. 2014.

A região correspondente às margens do Córrego do Salto (em azul, na Figura 2) se configura, de acordo com a Lei Orgânica do município de Uberlândia, como uma Área de Preservação Permanente. Segundo este documento, e ainda em conformidade com a Resolução Nº 303/2002 e a Lei 4.771/1965, definem-se estas áreas de preservação como sendo:

“(...) 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 buritizais; 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.” (**Art. 210 – Lei Orgânica Municipal. UBERLÂNDIA, 2010**).

A bacia se insere numa região de Cerrado. Os solos do cerrado brasileiro são, predominantemente, formados por substâncias lateríticas e latossolos ricos em Ferro (Fe), Zinco (Zn), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e outros compostos minerais. Tal composição garante ao solo elevada taxa de nutrientes e promove que se desenvolva um grande variedade de espécies vegetais típicas em seus domínios.

Devido à composição antiga do solo, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto tende a apresentar um relevo levemente aplainado, conforme pode ser visto na Figura 3. Isto também se deve ao fato da grande quantidade de processos erosivos e de sedimentação que as rochas e solo da região sofreram ao longo dos anos, o que promoveu a gradativa planificação natural do terreno e aumento da profundidade do solo local.

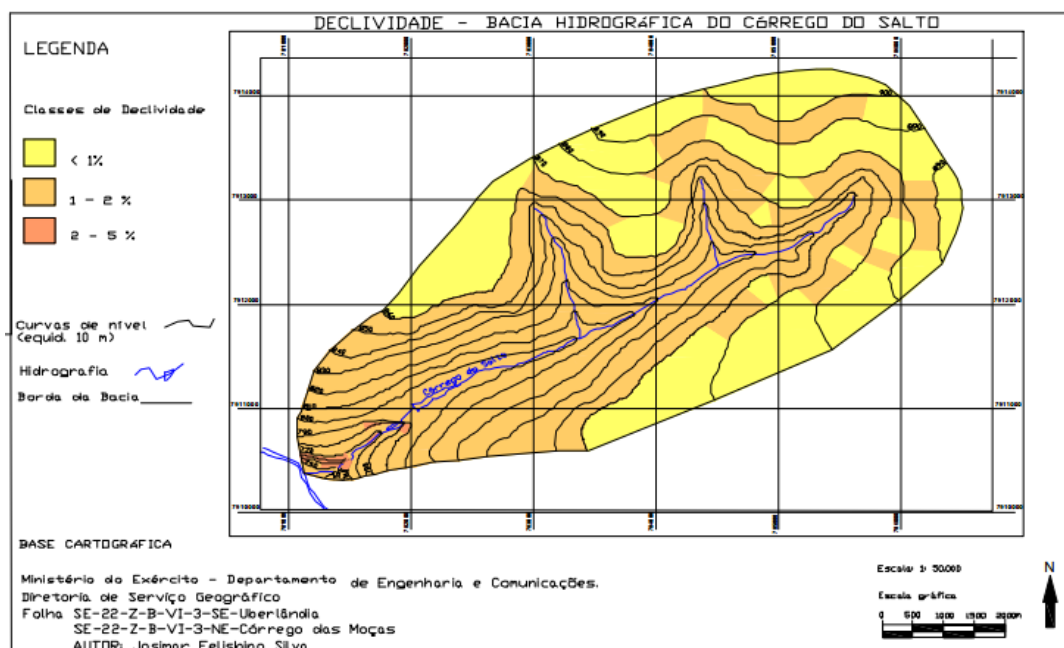


Figura 3 – Composição topográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Fonte: SILVA. 2008.

Resultados da primeira etapa: Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Após a realização de estudos preliminares de caracterização geográfica da bacia, foram realizadas visitas nos bairros que integram a área de drenagem do Córrego do Salto. Estas visitas tiveram como objetivo diagnosticar a realidade social, econômica e ambiental da região e cruzar essas informações com os parâmetros geográficos obtidos anteriormente.

Posteriormente à fase de visita e correlação de parâmetros, foi possível elaborar o Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Para tal, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento de imagens e *softwares*, como o ArGis, *Springs* e AutoCAD. Por meio do cruzamento de informações fotográficas obtidas via satélite e variáveis geográficas previamente estabelecidas, criou-se uma base de dados discretizada (ou SIG – Sistema de Informação Geográfica) que foi inserida nos programas computacionais já citados, de forma a gerar uma carta síntese da situação de ocupação do solo na área de drenagem do Córrego do Salto (Figura 4).

Como pode ser visto na Figura 4, a área de drenagem do Córrego do Salto é, quase por completo, ocupada por edificações. Nas regiões Nordeste e Sudeste da bacia (à jusante do córrego), predominam-se áreas urbanas de uso familiar e comercial, enquanto nas regiões Noroeste e Sudoeste (à montante do corpo d'água) há o predomínio de áreas industriais.

É exatamente na região à montante do Córrego do Salto que está instalado o Distrito Industrial de Uberlândia. Atualmente, sob responsabilidade da gestão pública municipal, a área de indústrias se insere numa localidade desfavorável de acordo com o ponto de vista ambiental. Apesar de apresentar baixa declividade, o distrito encontra-se numa faixa de terreno muito próxima do corpo d'água, o que torna propício e facilita o escoamento de efluentes industriais poluidores para junto do volume hídrico do córrego.

Com relevo parecido, a região à jusante do Córrego do Salto, por sua vez, apresenta uma ocupação tipicamente doméstica. Todavia, a proximidade destes núcleos habitacionais com o corpo d'água e a elevada taxa de ocupação do solo e urbanização proporcionam de despejo indevido de efluentes no córrego, visto que os sistemas de esgotamento sanitário e água tratada na região não conseguem acompanhar, de maneira 100% efetiva, a demanda local.

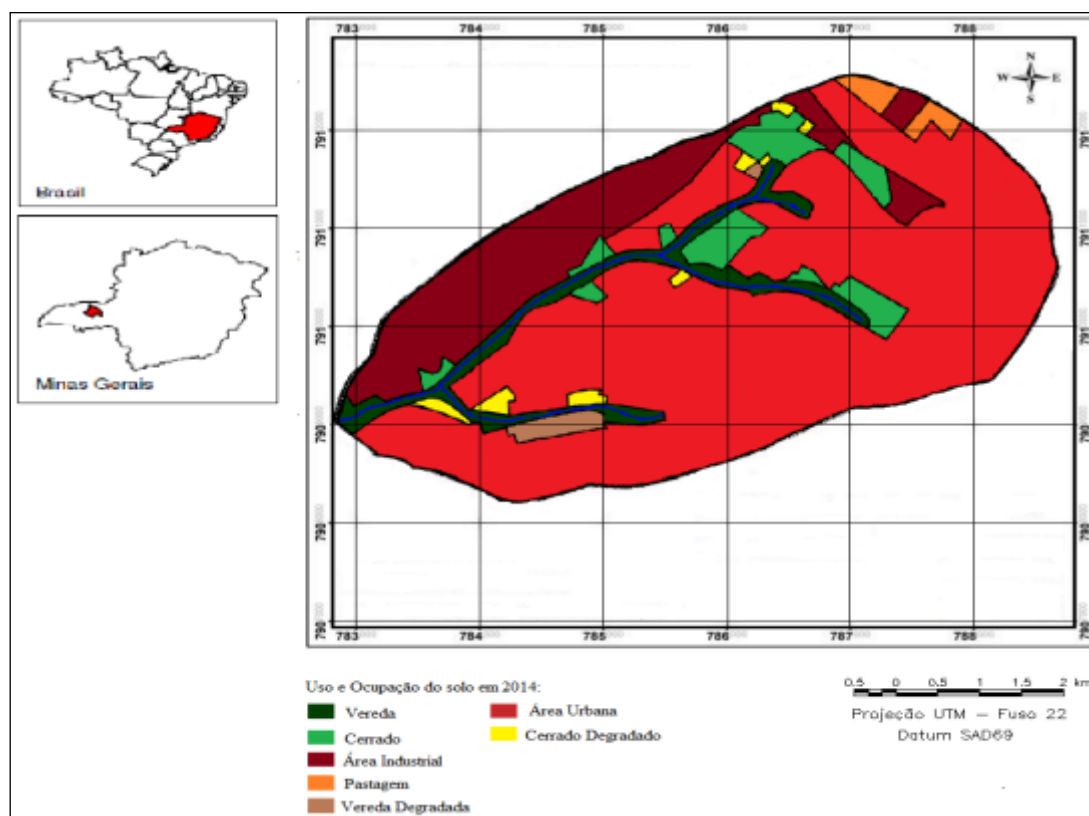


Figura 4 – Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto em 2015. Fonte: PAVANIN; CHUERUBIM, et al. 2015.

Por fim, uma área de 30 metros em cada uma das margens do córrego é classificada como Área de Proteção Permanente (APP) de acordo com o Art. 210 da Lei Orgânica Municipal. Nesta área, encontra-se proibido o lançamento direto de efluentes domésticos e/ou industriais. Entretanto, observou-se que, mesmo vetado o despejo direto de dejetos no manancial, regiões em suas adjacências, como é o caso do Distrito Industrial e da área urbana à jusante do córrego, têm grande parte de seus efluentes percolados no solo da bacia, de forma a atingir, indiretamente, o volume hídrico do Córrego do Salto.

Segunda etapa: Análise Granulométrica do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto

Como visto na primeira etapa deste trabalho, efluentes poluidores de origem doméstica e industrial são produzidos nas regiões adjacentes à APP do Córrego do Salto devido ao uso e ocupação do solo local para fins de habitação e indústria. Estes efluentes podem atingir, direta ou indiretamente, o corpo d'água do córrego por meio de processos de percolação no solo da bacia.

De acordo com Pinto (2008), define-se percolação como o processo de transporte de partículas de determinado fluido entre os vazios de um meio poroso (Figura 5). É um processo lento, de origem mecânica, ocasionado pela diferença de energia potencial gravitacional entre o fluido e meio poroso. Geralmente, ocorre de modo progressivo até que o fluido encontre uma região saturada no meio poroso, estagnando assim o fluxo de suas partículas.

Observa-se, portanto, que o processo de percolação está intimamente relacionado à configuração geométrica das partículas constituintes dos solos. A distribuição dos grãos de solo, assim como seu diâmetro e forma médios, contribuem ou retardam o processo de escoamento de fluidos nas regiões não saturadas do solo, de maneira a interferir no processo percolativo.

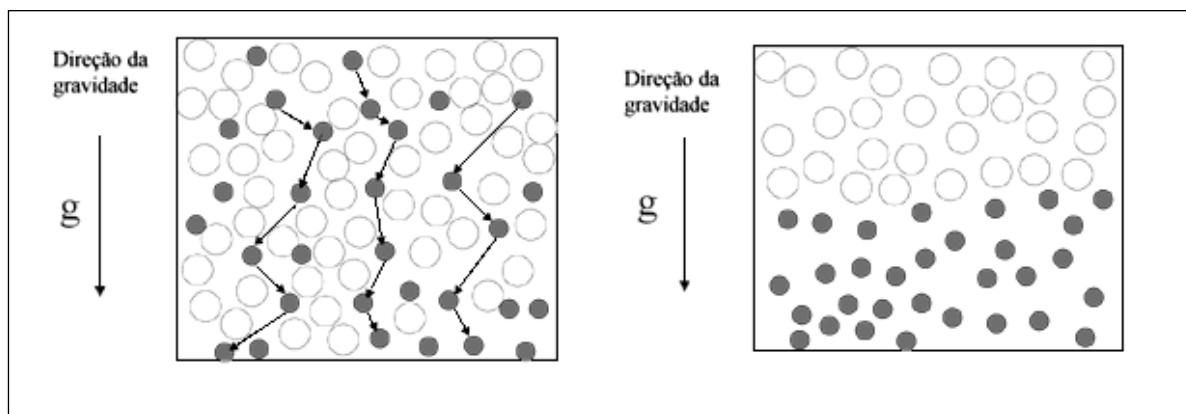


Figura 5 – Processo de percolação de fluidos em meios porosos. Fonte: RBEF. Modificada. 2015.

Conforme explica Pinto (2008), solos classificados como grossos apresentam partículas de variadas geometrias (Figura 6). Isto influi na característica denominada Índice de Vazios do Solo (e). O índice de vazios é uma grandeza adimensional dada pela razão entre o volume de vazios (ar e água) pelo volume de sólidos (grãos) de determinada porção de solo.

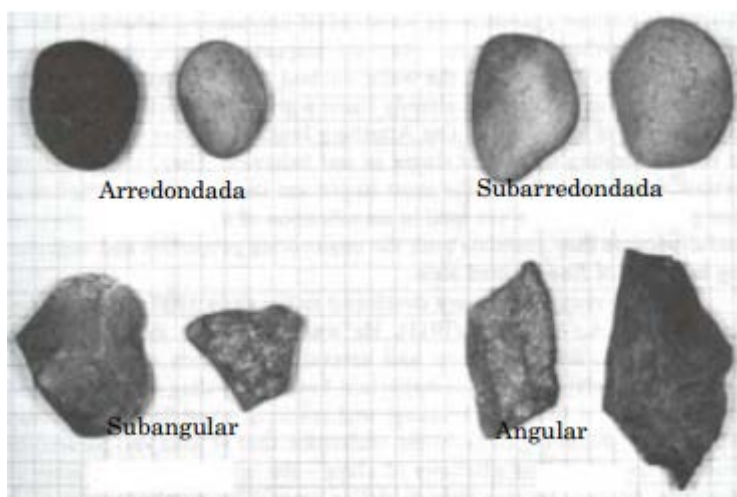


Figura 6 – Geometria das partículas de solos grossos. Fonte: Kovacs. 1981.

Partículas de diferentes geometrias ocasionam um elevado índice de vazios, visto que os grãos de solo apresentam dificuldade para se acomodarem entre si. Desta forma, fica facilitada a percolação de efluentes por entre os vazios do solo. Por outro lado, de forma análoga, observa-se que solos finos e, consequentemente, com partículas que apresentem a mesma geometria, possuem um baixo índice de vazios, o que dificulta o processo de percolação de líquidos entre os grãos deste tipo de solo.

Além disto, solos grossos apresentam, de forma geral, um baixo grau de compactação natural. Isto favorece o livre deslizamento entre os grãos, promovendo assim facilidade de percolação. Já solos finos possuem elevado grau de compactação natural, o que dificulta o movimento entre os grãos e a penetração de sólidos e fluidos externos à porção do solo.

Portanto, para determinar o potencial de percolação de efluentes poluidores no solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, foi preciso classificar este solo de acordo com sua granulometria. Para tanto, foram realizados os ensaios de peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação, de acordo com a ABNT / NBR 7181/84.

Para a realização destes ensaios conforme a normatização, foram coletadas amostras deformadas de solo em três pontos distintos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. Estas amostras foram levadas ao Laboratório

de Geotecnia e Mecânica dos Solos da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram realizado os ensaios de peneiramento mecânico e sedimentação de Stokes (Figura 7).

Figura 7 – Pontos de coleta de amostra de solo na bacia. Fonte: Google Maps. 2014.



Figura 7 – Ensaio de peneiramento mecânico e sedimentação. 2014.

Resultados da segunda etapa: Curva Granulométrica e Classificação do Solo

Em posse das amostras de solo e de acordo com a ABNT / NBR – 7181/84, foram realizados os ensaios de peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação, conforme explicado anteriormente. Os resultados destes ensaios encontram-se expostos nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Peneiramento Grosso e Massa Específica dos Grãos Grossos. 2014.

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		

Tabela 3 – Peneiramento Fino e Massa Específica dos Grãos Finos. 2014.

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		

Tais ensaios se configuraram como mecanismos fundamentais para a análise correta do comportamento mecânico e da configuração geométrica das partículas constituintes do solo. Com base no resultado destes ensaios, foi possível traçar uma curva granulométrica (Figura 8) do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto e, após isso, classificá-lo de acordo com o diâmetro de seus grãos.

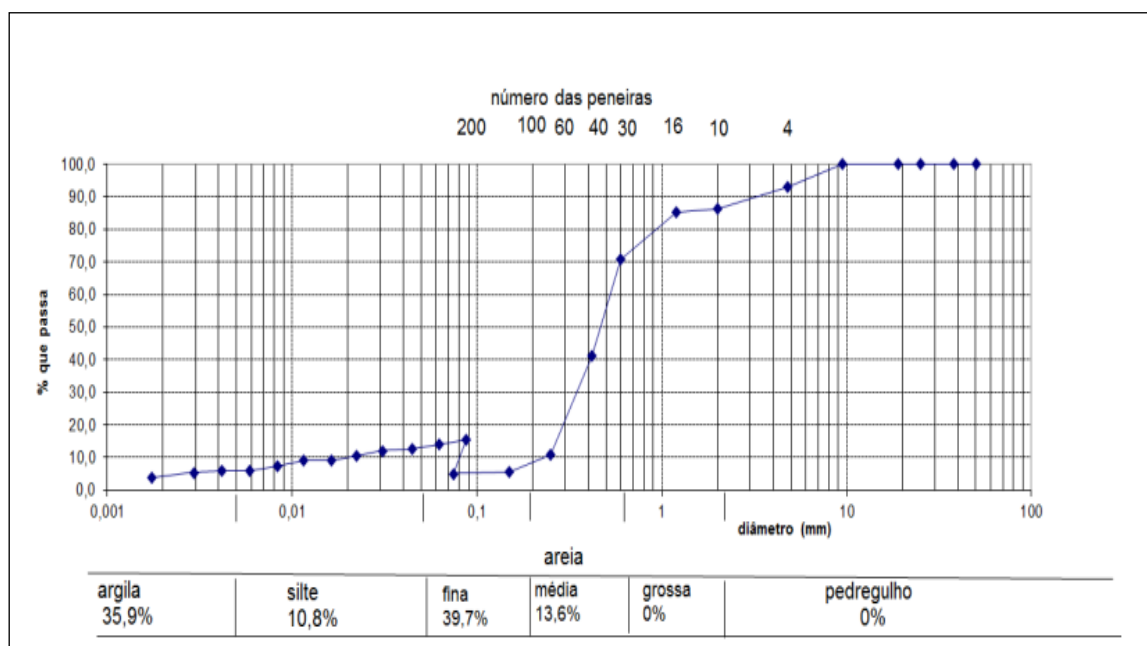


Figura 8 – Curva Granulométrica do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto. 2014.

O solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto é classificado, de forma geral, como um solo grosso. Ele é, predominantemente, uma areia mal graduada, oscilando entre granulometrias médias e finas. Possui, portanto, elevado índice de vazios e reduzido grau de compactação natural. Este tipo de solo foi encontrado na região de nascente e meio curso do Córrego do Salto.

Já a porção fina do solo da bacia é classificada como uma argila siltosa. Esta porção do solo apresenta baixo índice de vazios e elevado grau de compactação natural. Esta classificação representa a amostra coletada na região de foz do Córrego do Salto.

Por fim, pôde-se classificar o solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, de forma geral, como sendo um solo grosso. De acordo com a classificação unificada de solos e com a ABNT / NBR 7181/84, o solo foi

classificado como uma areia argilosa de elevado índice de vazios e reduzido grau de compactação natural genérico.

Resultado final: Estimativa do potencial de percolação de poluentes no solo com base na granulometria do mesmo

Após a realização da segunda etapa deste trabalho, foi possível correlacionar os resultados obtidos nesta com aqueles oriundos da primeira etapa. Com isto, elaborou-se uma tabela síntese (Tabela 4), na qual se insere a relação final entre granulometria do solo e potencial de percolação de poluentes no mesmo.

Tabela 4 – Estimativa do potencial de percolação de poluentes no solo por análise granulométrica. 2015.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PERCOLAÇÃO DE POLUENTES NO SOLO POR ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
Classificação Granulométrica do Solo					
Grosso			Fino		
Pedregulho	Areia		Silte	Argila	
	Grossa	Média	Fina		
Alto potencial de percolação			Baixo potencial de percolação		

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que a Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, localizada dentro do perímetro urbano do município de Uberlândia – MG, possui solo grosso, com elevado índice de vazios e baixo grau de compactação natural. Devido a estes fatores, o solo da bacia apresenta um alto potencial de percolação de poluentes, sendo facilitado o escoamento de efluentes e penetração de materiais poluidores dentro de sua estrutura geométrica.

De maneira geral, portanto, concluiu-se que o potencial de percolação de poluentes no solo de uma bacia hidrográfica é uma medida qualitativa intimamente relacionada com a configuração geométrica e granulometria do solo local. Solos finos tendem a apresentar um baixo potencial de percolação, enquanto solos grossos apresentam a tendência de possuir um elevado potencial de penetração de efluentes poluidores em seu meio.

Por se tratar de um parâmetro mecânico, a análise granulométrica do solo de uma bacia hidrográfica para determinar o potencial de percolação de poluentes em seu solo garante um resultado meramente qualitativo. Desta forma, são necessários estudos que levem em consideração critérios químicos e biológicos que possam influenciar no processo de percolação de efluentes poluidores no solo.

Por fim, devido ao baixo custo e a facilidade de utilização, a análise granulométrica pode ser utilizada como instrumento de gestão municipal do uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas urbanas. A fácil interpretação dos dados obtidos garante à metodologia de estudo proposta por este trabalho a capacidade de planejar, monitorar e até mesmo preservar o ambiente das bacias de forma a colaborar também para o desenvolvimento humano, social, econômico e ambiental sustentável dos municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, A. O. Planejamento ambiental urbano na microbacias do córrego da colônia mineira – Presidente Prudente/SP. Dissertação de mestrado – Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente-SP, UNESP, 2004, 166p.
2. BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: Erosão e conservação dos solos. Orgs.: A. J. T. Guerra, A. S. Silva e R. G. M. Botelho. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 269-300, 1999.
3. Brasmix Engenheiros Associados Ltda (BRASMIX). ETE - (Estação de Tratamento de Esgoto) - Uberlândia – MG. Disponível em <<http://www.brasmix.com.br/interna.php?referencia=obras&sit=&obra=165>>. Acesso: abril/2014.
4. BRASIL. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10257.htm>. Acesso: abril/2014.
5. BRASIL. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos

- de água e diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de afluentes e dá novas providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso: abril/2014.
6. Empresa Brasileira de Monitoramento por Satélites (Embrapa). Zoneamento Ecológico Econômico dos eixos do Plano Plurianual (PPA) do Governo Federal. Coord. Miranda, E. E. Equipe Técnica: Filardi, A. L.; Coutinho, A. C.; Paniago, C. F. A.; Franzin, J. P.; Guimarães, M. Brasil: EMBRAPA, 2006. Disponível em: <<http://www.zeeppa.cnpem.embrapa.br/ppa/obje.html>>. Acesso: abril/2014.
 7. FENG, J.; WANG, T.; SHANZHONG, Q., S.; CHANGWEI, Xie. Land degradation in the source region of the Yellow River, northeast Qinghai-Xizang Plateau: classification and evaluation. Journal Environmental Geology. 2005. Volume 47, Issue 4, pp. 459-466. DOI: 10.1007/s00254-004-1161-6.
 8. GARTNER, I. R. Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas. Ed. Universa, Brasília, 2001.
 9. JENSEN, J. R. Remote Sensing of Environment: an Earth Resource Perspective. UpperSaddle, River: Prentice-Hall, 2000, 544p.
 10. Limpebras Engenharia Ambiental. Aterro Sanitário (Limpebras). Disponível: <<http://www.Limpebras.com.br/interna.php?referencia=servicos&ser=10>>. Acesso: abril/ 2014.
 11. MATULA, M. Principles and types of engineering geological mapping. Report of the omission on engineering geological mapping. 1976. Bulletin the International Association of Engineering Geology, 24:227-234.
 12. NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2008.
 13. TOMLIM, D. Geographic Information System and Cartographic Modeling. Prentice Hall, New York, 1990.
 14. TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. Editora: Rima Artes e Textos. 2003. 248p.
 15. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG). Coord. Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA. Disponível em: <<http://www.zee.mg.gov.br/pdf/manual.pdf>>. Acesso: abril/2014.