

**ESTUDO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA EM SOLOS DE SAVANA
ENCONTRADOS EM ÁREAS A MARGEM DREITA DO CÓRREGO DA ONÇA,
MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA/ MG/ BR**

Luiz Antonio de Oliveira¹
Samuel Lacerda de Andrade²

RESUMO

Por suas características físicas, principalmente textura e estrutura, os oxissolos, solos evoluídos e amplamente intemperizados das regiões de savana (cerrado) no Brasil, apresentam boas condições de circulação de fluídos, o que de certa forma os tornam vulneráveis ‘a processos de contaminação. Um dos parâmetros utilizados na análise de vulnerabilidade é o conhecimento do comportamento da condutividade hidráulica e que constitui o objetivo desse trabalho. A área de estudo localiza-se na micro-bacia do córrego da Onça, município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Na determinação dos valores de condutividade hidráulica em superfície e em profundidade foram utilizadas respectivamente nessa ordem as técnicas de anéis concêntricos e *open end hole*. Os valores de condutividade hidráulica de superfície nos pontos amostrados variaram entre 1×10^{-5} a 9×10^{-5} . Os valores de condutividade nas profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 m variaram entre $4,1 \times 10^{-6}$ a $2,5 \times 10^{-5}$. A análise textural e respectivo enquadramento no triângulo textural, indicam composição argilosa dos solos nas diferentes profundidades. Materiais com condutividade hidráulica acima de 1×10^{-7} são considerados permeáveis, sendo assim, constata-se que esses solos estão sujeitos a contaminação química, seja ela de forma direta, por uso agrícola ou resíduos das atividades urbanas.

¹ Professor adjunto. Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia-UFU/IG. E-mail: luiz.ao@yahoo.com.br

² Bolsista do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Uberlândia- UFU/IG. E-mail: samuellacerda1710@hotmail.com

Av. João Naves de Ávila, 2121 - Bairro Santa Mônica – Uberlândia- MG

INTRODUÇÃO

Pesquisas que tem por objetivo a identificação das características físicas dos solos são de fundamental importância para o entendimento da dinâmica deste com o Homem.

Essencial para a manutenção da vida e biodiversidade na terra, as principais funções exercidas pelo solo são de sustentação, base para agricultura e obras engenharia, filtrante de impurezas no solo e regularizador e purificador da água e clima no planeta.

Como parte do ciclo hidrológico, o solo é responsável por permitir a percolação da água até áreas de confinamento subterrâneo ou lençóis freáticos. Assim solos que tendem a ser condutivos e permeáveis estão tecnicamente expostos a contaminação química, seja ela de forma direta, que ocorre com a ação ativa do homem no uso de agrotóxicos no cultivo agrícola ou o aterramento de produtos químicos, ou de forma indireta, que é caracterizado pela contaminação ocorrida através de componentes químicos presentes na atmosfera com alto índices de poluentes.

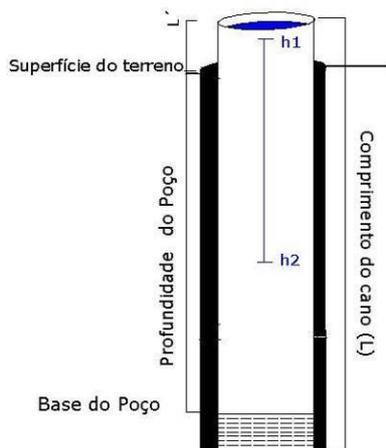
METODOLOGIA

Muitas vezes os parâmetros condutividade hidráulica (K) e permeabilidade são parâmetros distintos e que não podem ser confundidos. O primeiro representa a capacidade do solo em facilitar o escoamento de água, enquanto que o segundo relaciona-se às características inerentes do meio (textura, porosidade, estrutura, dentre outros). De acordo com Oliveira, Gonçalves e Martins (2007), a avaliação da condutividade hidráulica é feita utilizando-se técnicas de campo e de laboratório, enquanto que a permeabilidade pode ser definida por análises de textura (laboratório), estrutura (observação de campo), dentre outras. A condutividade hidráulica é controlada pelas características de permeabilidade do meio, Oliveira (2002); Lousada (2005); Gaspar (2006).

Em campo a localização geográfica dos pontos para a realização dos ensaios de infiltração e de coleta das amostras de solos foi feita utilizando aparelho GPX Garmim, Etrex Legend, datum SAD69 e coordenadas planas UTM, com acurácia de 7 m. Posteriormente o mapa de localização foi gerado através da Carta topográfica Rio das Pedras escala 2.500, e com a utilização de uma ortofoto 2006, disponibilizada no site do IBGE(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O programa de software utilizado foi o Arc Gis 9.3.

Em campo, para se obter o coeficiente de infiltração no subsolo utilizou-se a técnica *open end hole*. A técnica *open end hole* consiste em se utilizar tubos de PVC, para determinar o coeficiente de infiltração no subsolo, observando-se o diâmetro e o comprimento do tubo. Foram realizadas perfurações a 0,50, 1,0 e 1,5 m de profundidade. Assim os tubos são introduzidos nos poços previamente perfurados. Conforme ABGE (1996) esses ensaios são classificados como ensaios de rebaixamento, realizados com carga variável (flutuação do nível d'água) e com injeção de água, na zona não saturada do aquífero. Esses métodos têm como principal característica direcionar a infiltração da água verticalmente, possibilitando a avaliação do potencial superficial dos solos à recarga nos períodos de excedente hídrico.

Figural. Tubo de PVC- técnica *open and hole*



O resultado do valor da determinação da condutividade hidráulica com o uso *open end hole* é obtido pela aplicação da seguinte equação:

$$K = r_1 / 4 \Delta t \cdot 2,303 \cdot \log (h_1/h_2), \text{ resultado em m/s.}$$

Onde:

h_1 - nível da água no início da medição;

h_2 - nível da água após o intervalo de tempo Δt ;

Δt - tempo de infiltração;

r_1 - raio interno do tubo.

Em campo, a coleta de solos foi realizada de acordo com os procedimentos descritos em Lemos (2002). Utilizou-se trados helicoidais com diâmetro de 50 mm e hastes com comprimento de até 1,5 m. Foram realizadas perfurações a 0,50, 1,0 e 1,5 e 2,0 m de profundidade. As amostras foram dispostas em sacos plásticos, e foram identificadas conforme o ponto de coleta e suas respectivas localizações geográficas, e posteriormente encaminhadas para análise textural no laboratório de solos do ICIAG (Instituto de Ciências Agrárias) da UFU (Universidade Federal de Uberlândia).

.A identificação dos tipos de solos analisados foi realizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - EMBRAPA (1999).

Para a mensuração condutividade hidráulica superficial utilizou- se a técnica dos anéis concêntricos. Esta ferramenta é composta por dois anéis, um externo e outro interno com diâmetro de 250 mm de largura e 350 mm de altura. Assim crava- se 10cm no solo, satura- se a porção de solo existente do anel externo, e posteriormente no interno, a partir desta etapa é calculada condutividade hidráulica

Os valores de condutividade hidráulica, utilizando-se os dados levantados em campo, serão obtidos pela aplicação da fórmula:

$$K_f = U \cdot I / \Delta t \cdot \ln h_0 / h_t \text{ (resultados em m/s)}$$

Onde:

I - Profundidade de cravação (cm);

h₀ - coluna d`água inicial;

h_t - coluna d`água final;

Δt - tempo decorrido para o rebaixamento entre h₀ e h_t.

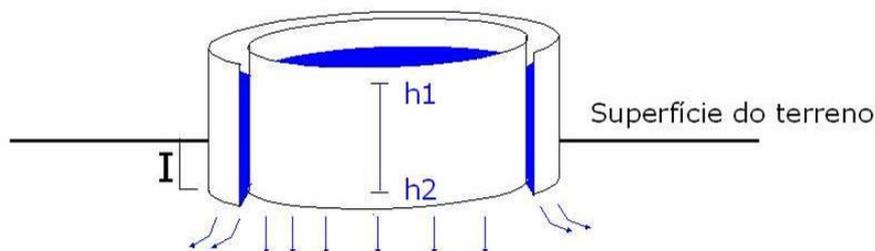


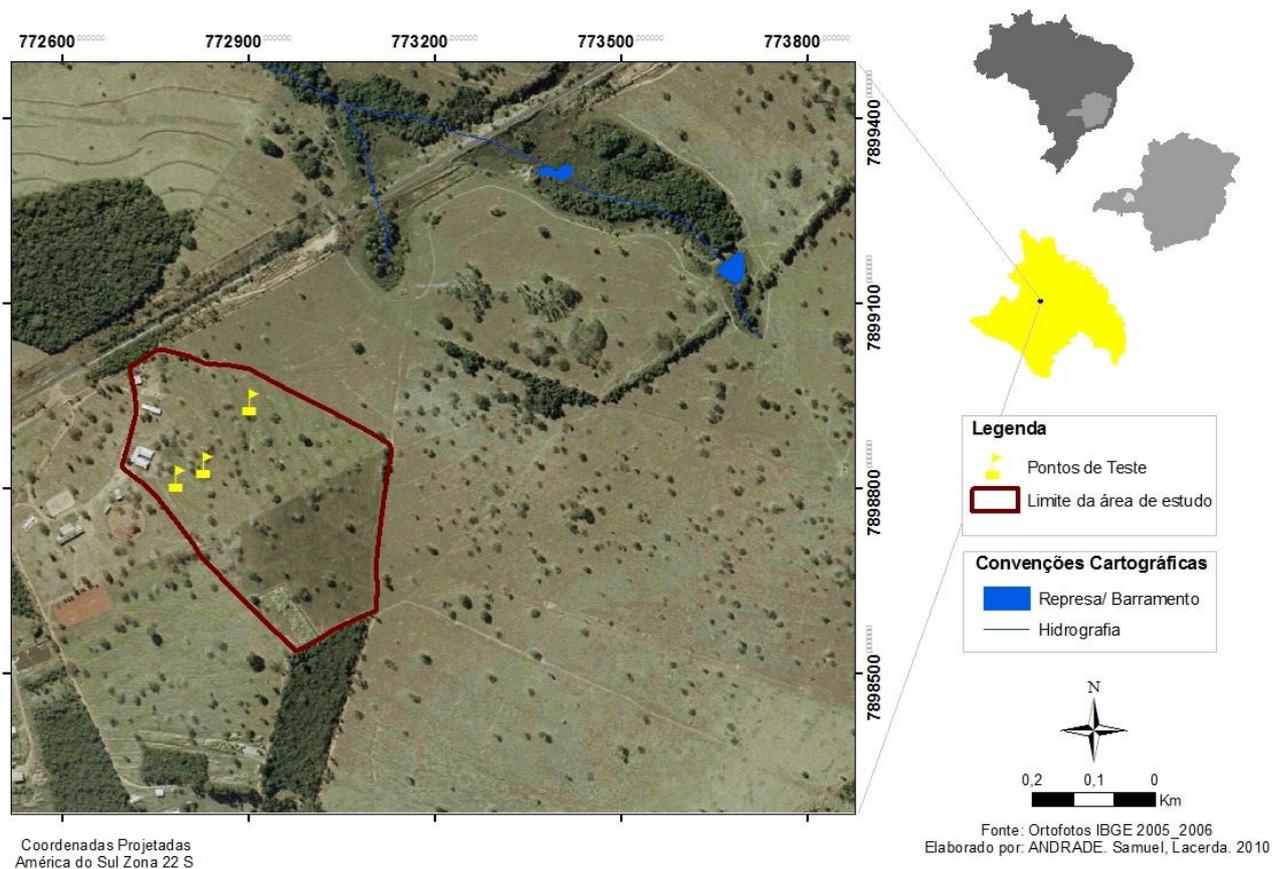
Figura 2. Ilustração esquemática do método dos anéis concêntricos.

Estudo de condutividade hidráulica em solos de savana encontrados em áreas a margem direita do córrego da onça, município de Uberlândia/ mg/ Br

Luiz Antonio de Oliveira; Samuel Lacerda de Andrade

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Á área de estudo no qual foi realizado o estudo está localizada entre as coordenadas 772600 S Longitude e 7898500 O Latitude, situado na bacia hidrográfica do córrego da Onça, no município de Uberlândia no estado de Minas Gerais- Brasil.



Mapa 1- Localização da área de estudo e pontos de teste

As coordenadas geográficas dos pontos no qual foram realizados os testes de permeabilidade hidráulica estão relacionados na tabela abaixo.

Estudo de condutividade hidráulica em solos de savana encontrados em áreas a margem direita do córrego da onça, município de Uberlândia/ mg/ Br

Luiz Antonio de Oliveira; Samuel Lacerda de Andrade

Local	Coordenadas			Uso do Solo
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	
Ponto 1	772785	7898818	860	Pastagem
Ponto 2	772829	7898839	855	Pastagem
Ponto 3	772902	7898941	850	Pastagem

Tabela 1- Localização Geográfica dos Pontos de teste

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE UBERLÂNDIA

O clima de Uberlândia é controlado pelas massas de ar continentais (Equatorial e Tropical) e Atlânticas (Polar e Tropical). Os deslocamentos dessas massas de ar são responsáveis pela marcante alternância de estações úmidas e secas, e respondem direta e indiretamente, pelas condições climáticas na região.

Segundo a classificação de Köppen, adotada universalmente e adaptada no Brasil, o clima de Uberlândia tem a classificação Aw, ou seja, o inverno é seco e o verão chuvoso. Utilizando-se de dados coletados na estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, com uma série histórica de 13 anos, foi calculado balanço hídrico, figura 1 e climograma, figura 2.

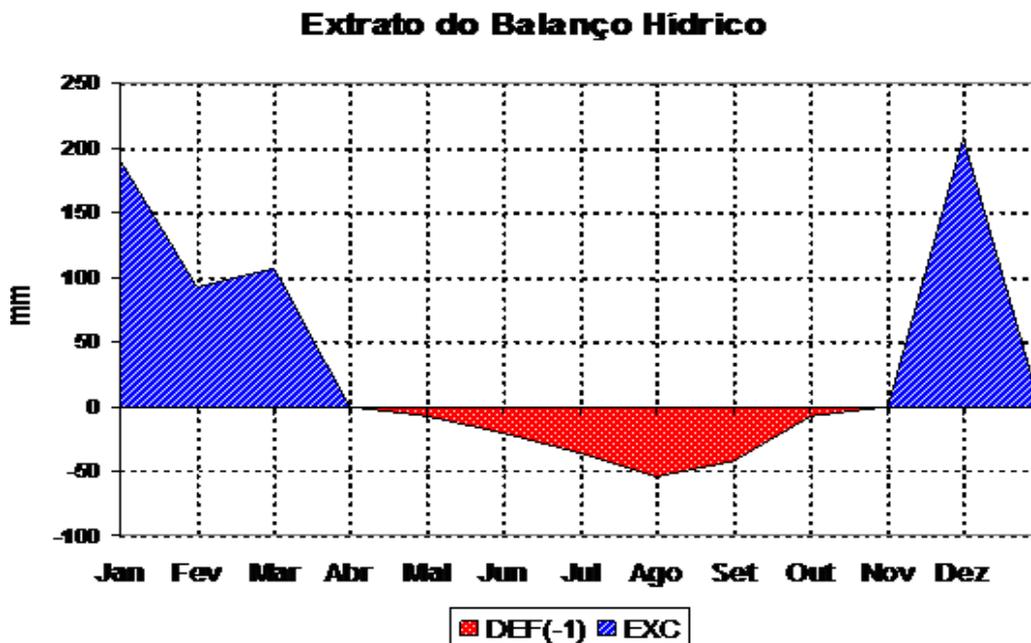


Figura 1 – Balanço hídrico de Uberlândia/MG, média de 13 anos, período 1997 a 2009.

Observando o gráfico da figura 1, constata-se que o período de déficit hídrico ocorre entre os meses de abril e novembro, período em que se comparado com o climograma(figura 2) constata-se a diminuição do volume precipitado, já o período de excedente hídrico entre dezembro e março.

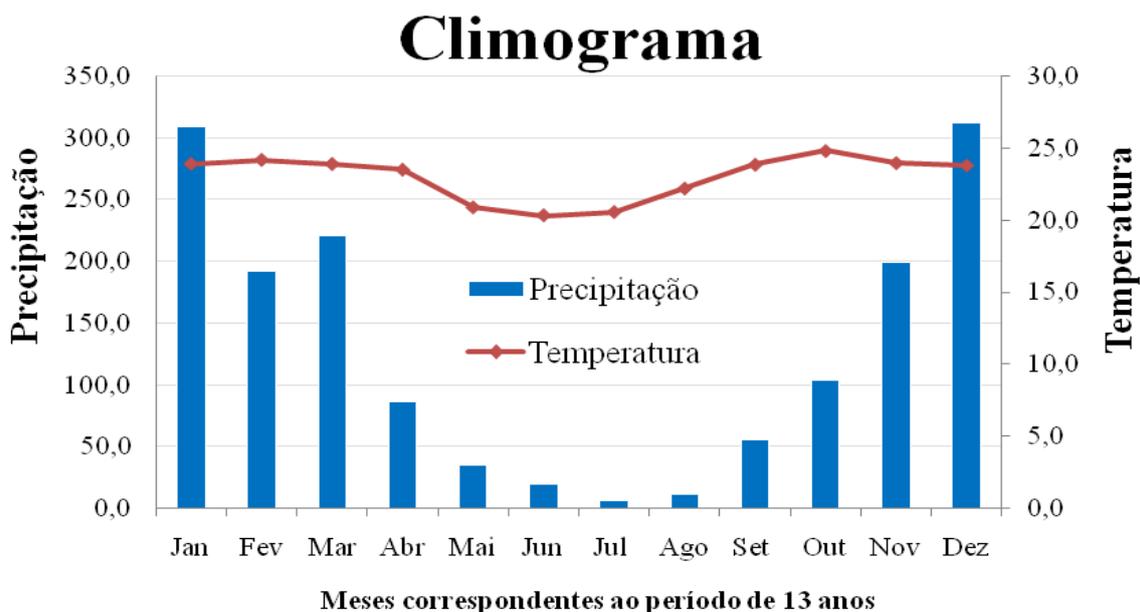


Figura 2 – Climograma (média de temperatura e precipitação de 1997 a 2009)

Analisando o climograma constata-se que os meses de junho e julho, são os meses mais frios do ano, apresentando temperatura média inferior a 20°C, enquanto que a temperatura média referente aos meses mais quentes é superior a 23°C. O mês mais quente do ano é o de outubro onde a temperatura média ultrapassa 24° C. A temperatura média anual em Uberlândia é de 22,4° C.

Análise das precipitações indica à média pluviométrica anual é de 1.583 mm. Sendo que os meses de outubro a abril concentram 92% do total precipitado anualmente.

4.2. GEOLOGIA LOCAL

A região de Uberlândia está localizada no Triângulo Mineiro- Minas Gerais, borda nordeste da Bacia do Paraná. Em função de sua localização marginal na referida bacia, as estruturas presentes resumem-se à sucessão jurássico-cretácea: sedimentos eólicos da Formação Botucatu; basaltos da Formação Serra Geral e os sedimentos do Grupo Bauru. Os depósitos cenozóicos compreendem colúvios pedogenizados localizados em áreas de escarpa de basalto, depósitos inconsolidados de fundo de vale e depósitos fluviais caracterizados por areais e cascalhos.

Na área estudada, o Grupo Bauru é representado pela Formação Marília. A Formação Marília está sobreposta aos basaltos da Formação Serra Geral compondo a área de chapada (entre 880-950 metros de altitude).

Conforme distinção litológica e estrutural, a Formação Marília divide-se em duas sub-unidades. A basal é constituída pelas fácies conglomeráticas do Membro Araguari e a superior é constituída por latossolos ferralíticos, Oliveira (2002), Oliveira (2003), Oliveira & Campos (2003), Oliveira & Campos (2004).

4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Os diferentes tipos de solo presentes na área de estudos estão condicionados pela geologia e pelo relevo. A variação mineralógica está relacionada a fatores químicos como processos de intemperismo dos arenitos do Grupo Bauru, mais especificamente da Formação Marília. Os solos que evoluíram a partir do intemperismo dos arenitos têm sua distinção química associada ao tipo de cimento presente no arcabouço da rocha matriz, que neste caso é de óxido de ferro. A fração mineral deste solo é dominada por quartzo.

Do ponto de vista do grau de evolução, esses solos são classificados como latossolos amarelos, solos profundos e evoluídos que ocorrem em áreas de relevo plano. Quanto à textura, esses solos variam de areno-argilosos a argilo-arenosos ou arenosos.

RESULTADOS

Os Resultados de condutividade hidráulica dos distintos pontos encontram-se sumariados na tabela 1.

Ponto	Condutividade hidráulica na superfície do solo	Condutividade em diferentes profundidades	
	K (m/s)	K (m/s)	
Ponto 1	2.7 E^{-5}	0,5 m	7 E-06
		1,0 m	2.5 E-05
		1,5 m	4.5 E-06
		2,0 m	4.2 E-06
Ponto 2	4.3 E^{-5}	0,5 m	7 E-06
		1,0 m	2.4 E-05
		1,5 m	9 E-06
		2,0 m	5.0E-06
Ponto 3	4.8 E^{-5}	0,5 m	6.7 E-06
		1,0 m	2.2 E-05
		1,5 m	6.6 E-05
		2	4.1 E-06

Tabela 1 – Sumário dos resultados de condutividade hidráulica dos pontos distintos

Os valores de condutividade hidráulica (K) de superfície nos pontos 1, 2 e 3 variaram respectivamente nessa ordem em $2.7 \cdot 10^{-5}$, $4.3 \cdot 10^{-5}$ e $4.8 \cdot 10^{-5}$. As variações de valores não foram significativas visto que permaneceram dentro da mesma unidade logarítmica. Solos que apresentam valores de condutividade hidráulica superiores a 10^{-7} são considerados permeáveis. De modo comparativo, vale ressaltar que em superfície, os maiores valores de condutividade hidráulica estão sendo condicionados pela matéria orgânica.

Estudo de condutividade hidráulica em solos de savana encontrados em áreas a margem direita do córrego da onça, município de Uberlândia/ mg/ Br

Luiz Antonio de Oliveira; Samuel Lacerda de Andrade

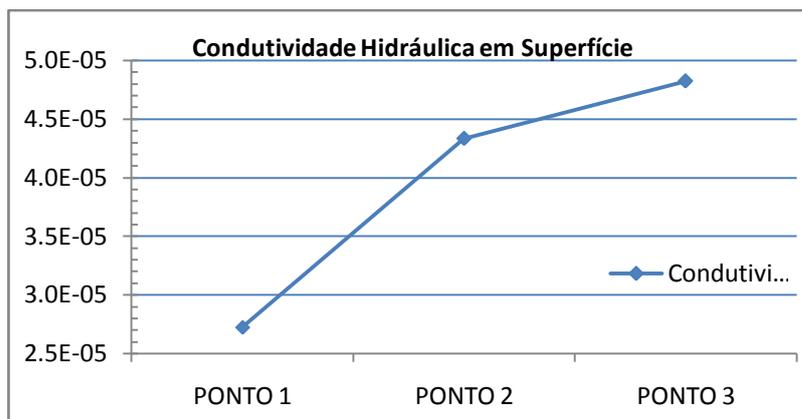


Gráfico 1 – comportamento da condutividade hidráulica na superfície dos solos

No ponto 1, em profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 m os valores de K variam respectivamente nessa ordem em 7.10^{-6} , 2.5^{-5} , $4,5.10^{-6}$ e $4,2.10^{-06}$. Análise dos dados demonstra que a 0,5 m de profundidade o valor de K é inferior aquele observado em 1,0, comportamento esse sendo condicionado pela compactação do solo. Em 1,5 e 2,0 m de profundidade há uma redução dos valores de K quando comparados aquele levantado em 1,0 m de profundidade, esse comportamento é condicionado pelo aumento de argila em profundidade. O comportamento de K em diferentes profundidades desse ponto pode ser observado no gráfico 2. De modo geral, os resultados identificam solos permeáveis.

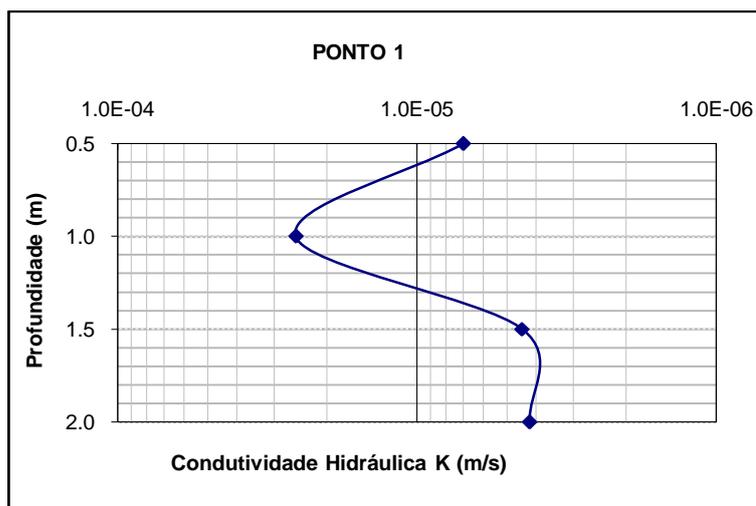


Gráfico 2 – comportamento da condutividade hidráulica no ponto 1. Profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 de profundidade

No ponto 2, em profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 m os valores de K variam respectivamente nessa ordem em 7.10^{-6} , 2.4^{-5} , 9.10^{-6} e 5.10^{-6} . Análise dos dados demonstra que a 0,5 m de profundidade o valor de K é inferior aquele observado em 1,0, comportamento esse sendo condicionado pela compactação do solo. Em 1,5 e 2,0 m de profundidade há uma redução dos valores de K quando comparados aquele levantado em 1,0 m de profundidade, esse comportamento é condicionado pelo aumento de argila em profundidade. O comportamento de K em diferentes profundidades desse ponto pode ser observado no gráfico 3. De modo geral, esses solos são permeáveis.

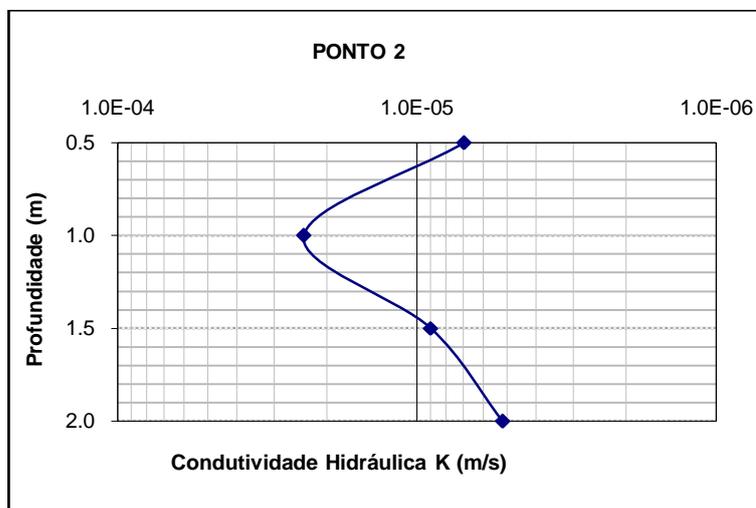


Gráfico 3 – comportamento da condutividade hidráulica no ponto 2. Profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 de profundidade

No ponto 3, em profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 m os valores de K variam respectivamente nessa ordem em $6,7.10^{-6}$, $2,2.10^{-5}$, $6,6.10^{-6}$ e $4,1.10^{-6}$. Análise dos dados demonstra que a 0,5 m de profundidade o valor de K é inferior aquele observado em 1,0, comportamento esse sendo condicionado pela compactação do solo. Em 1,5 e 2,0 m de profundidade há uma redução dos valores de K quando comparados aquele levantado em 1,0 m de profundidade, esse comportamento é condicionado pelo aumento de argila em profundidade. O comportamento de K em diferentes profundidades desse ponto pode ser observado no gráfico 4. De modo geral, esses solos são permeáveis.

Estudo de condutividade hidráulica em solos de savana encontrados em áreas a margem direita do córrego da onça, município de Uberlândia/ mg/ Br

Luiz Antonio de Oliveira; Samuel Lacerda de Andrade

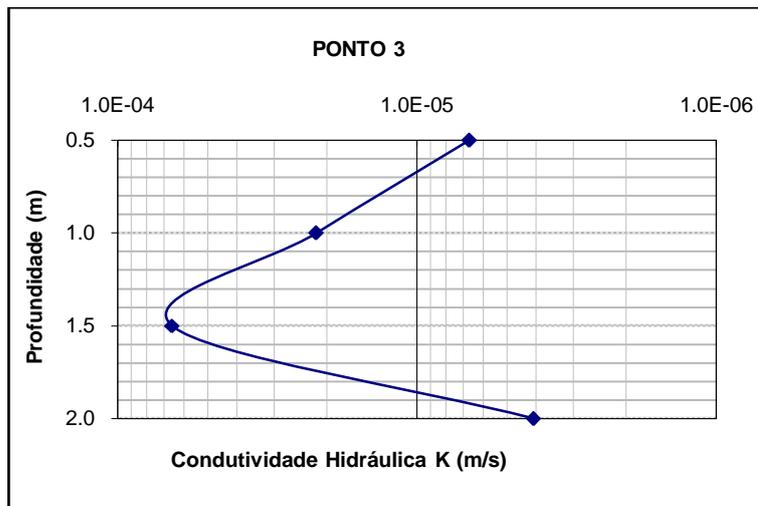


Gráfico 4 – comportamento da condutividade hidráulica no ponto 3. Profundidades de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 de profundidade

Análise integrada dos valores determinados nos pontos 1, 2 e 3, indicam homogeneidade no comportamento de condutividade hidráulica. Ambos apresentaram menores valores a 0,5 m, indicando compactação do material nessa profundidade. Valores inferiores levantados a 1,5 e 2,0 m de profundidade são condicionados por aumento de argila em profundidade.

Os dados relativos à análise textural dos solos da área de estudo estão sumariados na tabela 3.

Identificação		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Texturas
Produtor	LABOR	g kg ⁻¹				
A1	32	210	270	5	515	ARGILA
A2	33	198	244	89	469	ARGILA
A3	34	196	267	18	519	ARGILA
A4	35	181	262	51	506	ARGILA
A5	36	217	276	52	456	ARGILA

Tabela 3 - Análise textural do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo comparativo Troger *et al.*, (2002) determinaram valores de condutividade de 10^{-7} a 10^{-6} em latossolos da região de Caldas Novas/GO, Lousada (2005) determinou valores de 10^{-6} em latossolos do Distrito Federal. Oliveira (2002) e Gaspar (2006) determinaram valores de condutividade variando entre 10^{-7} a 10^{-5} em latossolos da região dos cerrados. Assim há uma homogeneidade no comportamento da infiltração dos solos analisados, quando comparados a outros estudos já existentes.

REFERÊNCIAS

- ABGE. Ensaio de permeabilidade em solos - orientações para sua execução no campo. *Boletim n.º 4*. São Paulo, 1996. In: OLIVEIRA, A. M. S., CORRÊA FILHO, D.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS – 1999 – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Rio de Janeiro, 412 pp.
- GASPAR, M. T. G. **Sistema Aquífero Urucuaia**: caracterização regional e propostas de gestão. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Brasília, 2006. 158 p.
- LEMONS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83 p.
- LOUSADA, E. O. **Estudos hidroquímicos e isotópicos no Distrito Federal**: modelos conceituais de fluxo. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília, 2005. 128 p.
- OLIVEIRA, L. A. **Caracterização dos latossolos da chapada de Araguari**: minerais argilosos, granulometria e evolução.. Caminhos da Geografia (UFU. Online). , v.8, p.20 - 37, 2003.
- OLIVEIRA, L. A. **O Sistema Aquífero Bauru na Região de Araguari/MG**: parâmetros dimensionais e propostas de gestão. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília, 2002. 121 p.
- OLIVEIRA, L. A., CAMPOS, J. E. G. **Parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aquífero Bauru na Região de Araguari/MG**: fundamentos para a gestão do sistema de abastecimento de água. Revista Brasileira de Geociências. , v.34, p.213 - 218, 2004.
- OLIVEIRA, L. A., CAMPOS, J. E. G. **Sequência conglomerática do Membro Araguari - Grupo Bauru - Norte do Triângulo Mineiro**. Geociências (São Paulo). , v.22, p.43 - 51, 2003.
- OLIVEIRA, L. A.; GONÇALVES, R. M.; MARTINS, F. P. contraste de condutividade hidráulica em solos de texturas arenosa e argilosa encontrados nos tributários da margem esquerda do rio Tijuco, município de Ituiutaba, estado de Minas Gerais, Brasil. **Caminhos de Geografia Uberlândia** v. 11, n. 33 março/2010 p. 230 - 243 Página 231.
- OLIVEIRA, L. A.; LIMA, M. C. **Hidrogeologia aplicada na região de Caldas Novas, Goiás**: caracterização dos aquíferos e balanço hídrico preliminar. Relatório inédito. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Out 2000. 90 p.
- TROGER, U.; CAMPOS, J. E. G; CADAMURO, A. L.; REGO, A. P. M; TADAO, C.; CHRISTIAN, J. C. D.; CRISTINE, G.; PONTES, H. C.; D'ANGIOLELLA, G.