

Taxa de infiltração básica e características granulométricas de uma área urbana no cerrado do Brasil

Basic infiltration rate and granulometric characteristics of an urban area in the Brazilian savannah

Viviane Vaz Monteiro¹, Solange da Silva², Felipe Côrrea Veloso dos Santos³, Anselmo Claudino de Sousa⁴

RESUMO: O processo de infiltração é um dos assuntos mais complexos de comportamento da água no solo, sendo imprescindíveis estudos de aspectos geotécnicos, assim como a realização de diversos tipos de ensaios para propor alternativa de estrutura de drenagem de água pluvial no meio urbano. Considerando a importância desses aspectos, este estudo teve como objeto identificar a área de influência do escoamento superficial na área de ocupação urbana do Córrego Pindaíba, localizado nas coordenadas geográficas S0677568 e W8148932, bem como a taxa de infiltração básica e as características granulométricas do solo. A metodologia utilizada consistiu na realização de ensaios de infiltração *in situ* na região do Córrego Pindaíba pelo método da cava e a caracterização de aspectos granulométricos do solo. Buscou-se com essa pesquisa a taxa de infiltração básica dos 15 pontos ensaiados da área de estudo resultando no valor máximo de 346,15 mm.h⁻¹ e mínimo de 15,17 mm.h⁻¹, sobretudo a caracterização do solo, predominantemente arenoso, fato constatado pela rápida infiltração da água no solo e consequentemente redução do escoamento superficial. Conclui-se que o solo da região estudada, em grande parte, possui boa capacidade de infiltração. Dependendo do método e das diferentes características naturais do solo, a infiltração poderá diferenciar mediante alterações ocasionadas pelo manejo e uso do solo.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Latossolo. Método da cava.

ABSTRACT: The infiltration process is one of the most complex themes on water behavior in soils. Studies have been undertaken on geotechnical aspects and the performance of several types of tests for alternative rainwater drainage structure in the urban environment. Current analysis identifies the area of influence of surface runoff in the urban occupation area of stream Pindaíba, S 0677568 and W 8148932, its basic infiltration rate and the soil's particle size characteristics. The methodology comprised *in situ* infiltration tests in the Pindaíba Stream region by the mining method and the characterization of the soil's granulometric aspects. Basic infiltration rate of the 15 test points of the area under analysis resulted in a maximum rate of 346.15 mm.h⁻¹ and a minimum of 15.17 mm.h⁻¹, predominantly sandy soil. This fact has been verified by rapid infiltration of water into the soil and, consequently, decrease in surface runoff. Studied soil has good infiltration capacity. Depending on the method and the different natural soil characteristics, infiltration may differ due to alterations caused by soil management and use.

Keywords: Urban drainage. Latosol. Mining method.

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUC-GO/MEPROS, Goiânia (GO), Brasil.

² Professora, Dra. do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUC-GO/MEPROS, Goiânia (GO), Brasil.

³ Prof. Coorientador, Dr. do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUC-GO/MEPROS, Goiânia (GO), Brasil.

⁴ Mestre em Engenharia do Meio Ambiente. Técnico pericial ambiental do Ministério Público do Estado de Goiás, e Professor Assistente I da PUC-GO, Goiânia (GO), Brasil.

Autor correspondente:

Viviane Vaz Monteiro: vivambiental@hotmail.com

Recebido em: 29/04/2020

Aceito em: 08/02/2021

INTRODUÇÃO

2

As atividades humanas geralmente alteram os solos encontrados nas áreas urbanas. Essas alterações afetam suas funções ambientais e seu potencial de uso. No entanto, solos de áreas urbanas no Brasil não têm sido pesquisados e identificados, o que pode representar um problema técnico para o desenvolvimento das cidades (COSTA *et al.*, 2019).

As modificações mais comuns e críticas em solos urbanos estão relacionadas com as superfícies impermeáveis representadas pela compactação, resultando na alteração do ciclo hidrológico (ASKARIZADEH *et al.*, 2015), na redução da capacidade de infiltração de bacias hidrográficas e alterações na textura, porosidade, infiltração e retenção de água (ROKIA *et al.*, 2014).

O uso e ocupação do solo estão relacionados às formas e finalidades de utilização do espaço geográfico (SILVA *et al.*, 2015). Eventos associados à falta de planejamento do uso do solo, crescimento acelerado das cidades tem gerado grandes degradações sobre os recursos naturais, principalmente na cobertura vegetal, o que acarreta alterações muitas vezes irremediáveis na dinâmica do solo. Como consequência, há também alterações dos corpos hídricos (BARBOSA, 2016) e a erosão hídrica é a principal causa de degradação do solo influenciada pelas chuvas, tendo em vista que grandes volumes de escoamento superficial podem levar a inundações (ROY *et al.*, 2014).

O Plano Diretor de Goiânia, no Art. 128, cita que o índice de permeabilidade mínimo deverá ser de 15% da área do terreno para todos os lotes e glebas da macrozona construída (GOIÂNIA, 2007), assim como também a Lei nº 9.511 referente à Drenagem Urbana de Goiânia, no Art. 17, ressalta esse percentual de permeabilidade mínimo de 15% (GOIÂNIA, 2014).

Dessa forma, é reconhecida a necessidade de se regulamentar uma percentagem mínima de área permeável para todos os lotes, porém, a capacidade de infiltração do solo varia em algumas regiões da macrozona da capital, sendo o índice mínimo de permeabilidade solicitado ineficaz ou insuficiente para diminuir o escoamento superficial de alguns setores, uma vez que as características do solo, a capacidade de infiltração, a topografia do local, devem constituir os dados básicos para se formular uma solução para garantir a manutenção da capacidade de infiltração do solo (RODRIGUES, 2013).

2 SOLOS E DRENAGEM URBANA

As inundações urbanas, decorrentes do escoamento superficial direto das precipitações excedentes, consistem num problema recorrente em diversos municípios brasileiros.

A Lei Federal nº 6.766 atribui responsabilidade aos municípios sobre o parcelamento e uso do solo urbano, assim como não permite o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas (BRASIL, 1979).

A ausência de planejamento urbano acarreta consequências para todo município, mas principalmente para pessoas de baixa renda que estão em locais inadequados e sem acesso aos requisitos básicos de qualidade de vida. O Plano Diretor de Drenagem Urbana pode auxiliar no uso racional dos recursos hídricos no meio urbano, e ser base do planejamento ambiental. Todavia, para obter eficiência de gestão de drenagem em uma cidade, deve-se alinhar a gestão ao planejamento urbano, de forma que se entenda sobre os problemas físicos, ambientais e territoriais de forma que se alcancem as vulnerabilidades e potencialidades da área (BRASIL, 2016).

Na classificação do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos são registradas 13 classes de solos, contendo a influência e a diversidade das características morfológicas e físico-químicas (SANTOS, 2018). O Brasil possui diversos tipos de solos em sua extensão continental, decorrentes de diferentes fatores de formação. Rochas iguais podem sofrer formações diferentes devido ao clima da região, sendo suas transformações mais rápidas ou mais lentas. Assim, como rochas diferentes em climas iguais são capazes de transformar em um mesmo solo (IBGE, 2007).

O solo predominante no Estado de Goiás é o Latossolo Vermelho, abrangendo 42,8% da área do Estado, seguido do Cambissolo Háptico, 21,7%, e Latossolo Vermelho-Amarelo, 9% (IMB, 2017). A cobertura dos Latossolos são as mais expressivas na cidade de Goiânia como em todo o Estado. A sua origem pode ser associada ao ocorrido de um derrame basáltico, que quando intemperizados formaram solos com profundidade e grande presença de óxidos de ferro. Os Latossolos também são conhecidos pela sua baixa fertilidade, mas não apresentam grandes problemas quanto ao excesso de água, possuindo boas condições de infiltração (AMARAL, 2019).

Sendo assim, essa pesquisa teve como objetivo identificar a área de influência do escoamento superficial na área de ocupação urbana do Córrego Pindaíba, bem como a taxa de infiltração básica e as características granulométricas do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O levantamento *in situ* foi realizado através de visitas no período de dezembro de 2018 a março de 2019 na área urbana do Córrego Pindaíba com extensão de 2 km, localizado na região Sudoeste de Goiânia, que é efluente do Córrego Macambira, que por sua vez deságua no Ribeirão Anicuns, cuja foz é no Rio Meia Ponte.

A região Sudoeste de Goiânia foi escolhida pelo fato de possuir uma área territorial em maior escala em relação às demais regiões do município de Goiânia, além de identificar maior número de obras civis extraídas do Departamento de Fiscalização do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás - CREA-GO.

Com apoio da equipe da Secretaria de Infraestrutura do Município de Goiânia - SEINFRA - foi possível delimitar os setores que contribuem para o escoamento da água pluvial para o Córrego Pindaíba. Os bairros identificados foram: Jardim Presidente - Extensão III, Jd. Sônia Maria, Jd. Três Marias, Jd. Tancredo Neves, Setor Ulisses Guimarães, Res. Flamingo e Res. Aquarius I e II (Figura 1).

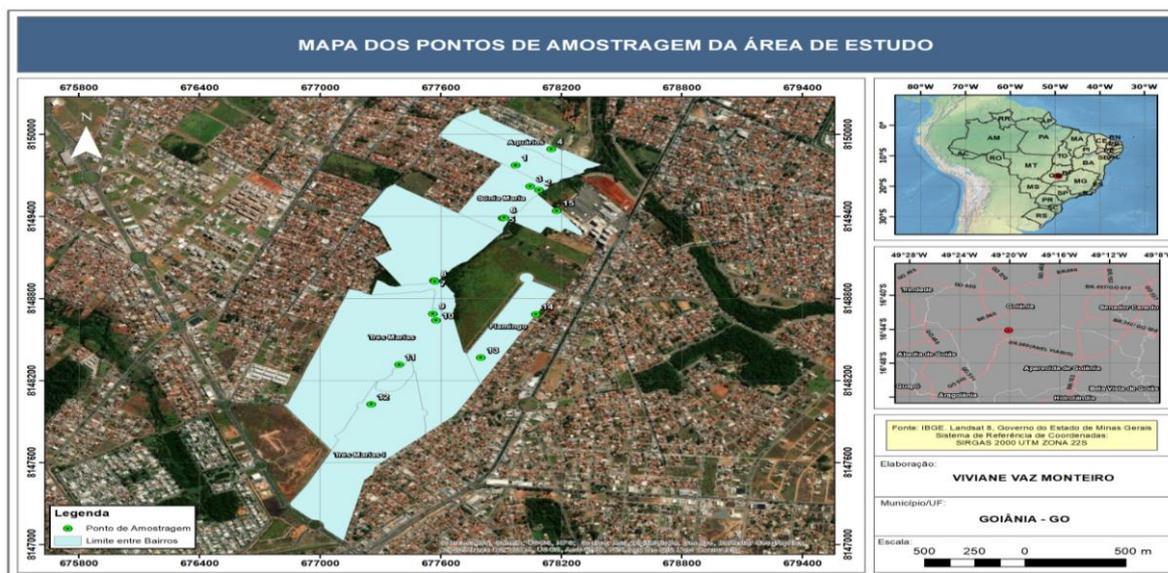


Figura 1. Pontos de amostragem e limite entre bairros

Após a identificação da área de estudo, foi escolhido 1 (um) ponto em cada bairro para extração da amostra de solo, sendo os demais pontos escolhidos ao longo das margens direita e esquerda do Córrego Pindaíba.

Definiram 15 (quinze) pontos para coleta da amostra e permeabilidade do solo conforme as coordenadas geográficas em UTM de cada ponto extraído, disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas em UTM dos pontos de coleta de cada amostra do solo

Ponto	Coordenadas Geográficas em UTM	Elevação (m)
1	S 0677975	776
	W 8149773	
2	S 0678091	777
	W 8149593	
3	S 0678047	804
	W 8149619	
4	S 0678152	802
	W 8149891	
5	S 0677910	794
	W 8149386	
6	S 0677918	790
	W 8149391	
7	S 0677568	794
	W 8148932	
8	S 0677572	797
	W 8148924	
9	S 0677562	803
	W 8148688	
10	S 0677578	807
	W 8148639	
11	S 0677396	817
	W 8148315	
12	S 0677256	850
	W 8148025	
13	S 0677802	830
	W 8148367	
14	S 0678075	822
	W 8148683	
15	S 0678178	800
	W 8149440	

A metodologia utilizada nessa pesquisa para análise da infiltração do solo foi pelo método da cava (BETTES, 1996), usada na pesquisa de Carvalho (2013). Segundo Carvalho (2013), em estudo realizado optou-se pelo método de ensaio de infiltração em poço, considerando algumas limitações ao uso do método do infiltrômetro de anéis concêntricos, em razão do referido método desconsiderar o efeito da carga hidráulica, possivelmente superestima o resultado da infiltração tendo em vista que normalmente é executado na superfície cujo resultado é aplicado a qualquer profundidade do solo. A infiltração de água no solo pode ser determinada por métodos e ensaios simples que descrevam as condições do estado natural do solo (RODRIGUES, 2013).

Para determinação da taxa básica de infiltração, foi realizado o método da cava em poço em escala real. O ensaio foi repetido por 3 (três) vezes no mesmo dia, em cada um dos pontos escolhidos. Esse ensaio determinou a taxa de infiltração básica dada pela razão entre o volume (Vp), infiltrado de 75% e 25% da profundidade do poço, dividido pela soma das áreas das paredes verticais mais a área do fundo do poço, disponíveis para a infiltração deste volume, multiplicado pela variação de tempo necessária no decorrer do evento.

Conforme Figura 2, o método consistiu em analisar a área hachurada que representa 50% do volume infiltrado considerado para determinação da taxa de infiltração básica. A Equação 1 calcula a taxa de infiltração média, I.

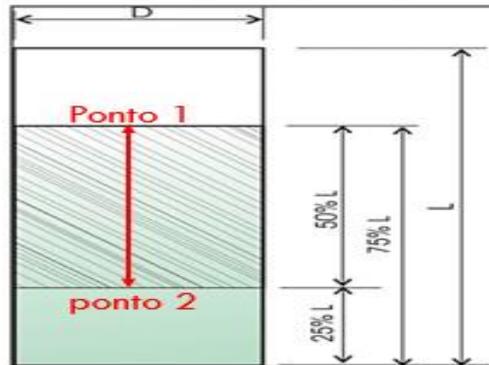


Figura 2. Detalhamento do Ensaio em poço

$$I = \frac{V_{p75-25}}{a_{p75-25} \cdot t_{p75-25}} \quad (1)$$

Onde:

I = taxa de infiltração média;

V_{p75-25} = volume entre 25% e 75% de profundidade do poço;

a_{p75-25} = área de infiltração disponível contabilizando as paredes e o fundo; e

t_{p75-25} = tempo decorrido em segundos.

Escavou-se com o trado de diâmetro de 0,15 m, a profundidade de 0,85 m, e em cada ponto a cada 0,40 m estratificou-se em camadas coletando-se 2 amostras de solo para cada ponto do estudo em torno de 2,0 kg. Tais amostras foram analisadas através do ensaio de granulometria em laboratório (NBR 7181:2016).

Para análise da infiltração da água no solo, considerou-se o enchimento de água na cava por um período do dia, em torno de 6 horas no dia até chegar à saturação total da água no solo. Após 6 horas, preencheu-se com água toda a cava e iniciou-se a medição do rebaixamento da lâmina d'água com trena métrica e cronômetro a cada 30 segundos até completar 10 minutos. Após os 10 minutos, a contagem do rebaixamento na cava passou-se de 5 em 5 minutos até atingir 30 minutos.

A partir dos valores medidos em cada cava foi possível determinar a taxa de infiltração média.

A taxa de infiltração é a relação da infiltração no tempo e a partir do coeficiente de Pearson realizou-se essa análise.

Para tanto, utilizou-se a Equação 2:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

As amostras coletadas em 15 pontos (Figura 1), sendo 2 amostras para cada ponto, foram preparadas com quantidade suficiente para a realização do peneiramento grosso e fino com procedimentos conformes e não conformes em atendimento com a NBR 6457:1986 - Separação das Amostras. O procedimento posterior ao de separação foi o ensaio de peneiramento, realizado conforme a NBR 7181:2016 - Análise Granulométrica dos Solos.

Para analisar as características dos solos, o aspecto mínimo estudado foi a granulometria dos grãos, uma vez que o tamanho dos grãos influencia diretamente na capacidade de um solo se tornar permeável, pois o afastamento dos grãos faz com que a água se movimente com mais facilidade. Por isso possuem condutividade hidráulica maior do que a dos solos finos (CEDERGREN, 1977 *apud* CARVALHO, 2008).

Para classificação da granulometria do solo ensaiado, conforme NBR 7181:2016 foi utilizada a escala granulométrica do Sistema Unificado de Classificação de Solo - SUCs, pois segundo Amaral (2019) é a escala granulométrica mais utilizada no Brasil (AMARAL, 2019).

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos tamanhos das partículas de acordo com o SUCs:

Tabela 2. Escala granulométrica de SUCs

Partículas	Dimensões
Pedregulhos	4,8 < ϕ < 60mm
Areia	0,06 < ϕ < 4,8mm
Silte	0,002 < ϕ < 0,06mm
Argila	ϕ < 0,002mm

Fonte: Arrivabeni *et al.* (2018).

A análise das dimensões das partículas tem importância para contribuir com indicações preciosas, sobre as rochas que lhes deram origem. Por conseguinte, o conhecimento da granulometria e disposição dos grãos contribuem para os estudos de capacidade hidráulica (HIRATA, 2015).

Para obtenção de melhor caracterização para análise da determinação dos grãos, realizou-se o lançamento na escala logarítmica.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DO ENSAIO DE INFILTRAÇÃO

O ensaio de infiltração permitiu avaliar o volume de água infiltrado no solo por meio de medidas de rebaixamento do nível d'água no poço.

Considerando que o diâmetro da cava é conhecido, sendo igual ao do trado usado de 0,15 m, a área da base e o volume correspondente à hachura da Figura 2 foram constantes para todos os pontos, igual a 0,2 m² e 0,0075 m³, respectivamente.

O ponto 7 foi descartado por não obter resultado satisfatório. As amostras de solos desse ponto possuíam grande quantidade de matéria orgânica vegetal. Segundo Pinto (2006), esta característica é fator influenciador do processo de infiltração, fato que justifica nessa pesquisa que os pontos mais próximos ao leito do Córrego há grande concentração de vegetação da espécie Pindaíba, sendo característica desse tipo de vegetação raízes profundas.

Os setores localizados nos pontos 6 e 8 foram identificados mais próximos ao Córrego Pindaíba, principalmente o ponto 8, sobretudo apresentou um valor de infiltração mais elevado de todos os pontos analisados no estudo.

A Tabela 3 apresenta os dados de cada ponto de estudo.

Tabela 3. Infiltração aferidas nos pontos de estudo

Amostras	D (cm)	H (cm)	t (min)	T (h)	I (mm/h)
Ponto 1	15	42,5	4,25	0,070833	52,94
Ponto 2	15	42,5	5,6	0,093333	40,18
Ponto 3	15	42,5	2,48	0,041333	90,73
Ponto 4	15	42,5	9,18	0,153	24,51
Ponto 5	15	42,5	9,11	0,151833	24,70
Ponto 6	15	42,5	1,9	0,031667	118,42
Ponto 8	15	42,5	0,65	0,010833	346,15
Ponto 9	15	20	7	0,116667	32,14
Ponto 10	15	42,5	6,43	0,107167	34,99
Ponto 11	15	42,5	14,83	0,247167	15,17
Ponto 12	15	42,5	3,46	0,057667	65,03
Ponto 13	15	42,5	2,36	0,039333	95,34
Ponto 14	15	42,5	1,73	0,028833	130,06
Ponto 15	15	42,5	12,88	0,214667	17,47

Nos pontos 6, 8 e 14, a taxa de infiltração básica foi obtida com valores acima de 100 (mm.h⁻¹) sendo 118,42; 346,15; e 130,06 respectivamente, enquanto em outras áreas como nos pontos 4, 5, 11 e 15, a infiltração foi a menor chegando a 24,51; 24,70; 15,17; e 17,47 respectivamente em um solo caracterizado como arenoso.

O solo quando em estado seco, submetido a taxas de precipitação superiores à de infiltração, atinge um valor máximo, sofre um decréscimo no decorrer do tempo e alcança um valor constante de capacidade de infiltração (MORAIS, 2012).

4.1.1 Coeficiente de Pearson

Na Equação 2, os valores da taxa de infiltração básica média de cada ponto foram correlacionados através de duas variáveis (Infiltração x Tempo).

O coeficiente de Pearson analisou a taxa de infiltração e a sua significância entre os teores de argila, silte, areia e pedregulho contidos nas amostras dos solos ensaiados foram determinados, a fim de se avaliar a relação existente entre a variabilidade dos dados representada em cada componente, e a variação da textura do solo conforme demonstrado na Figura 3.

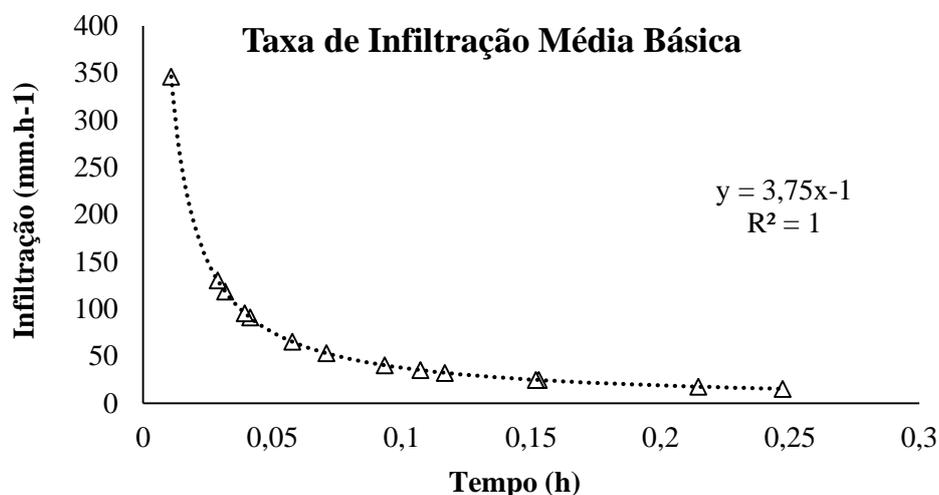


Figura 3. Média da Taxa de Infiltração Básica

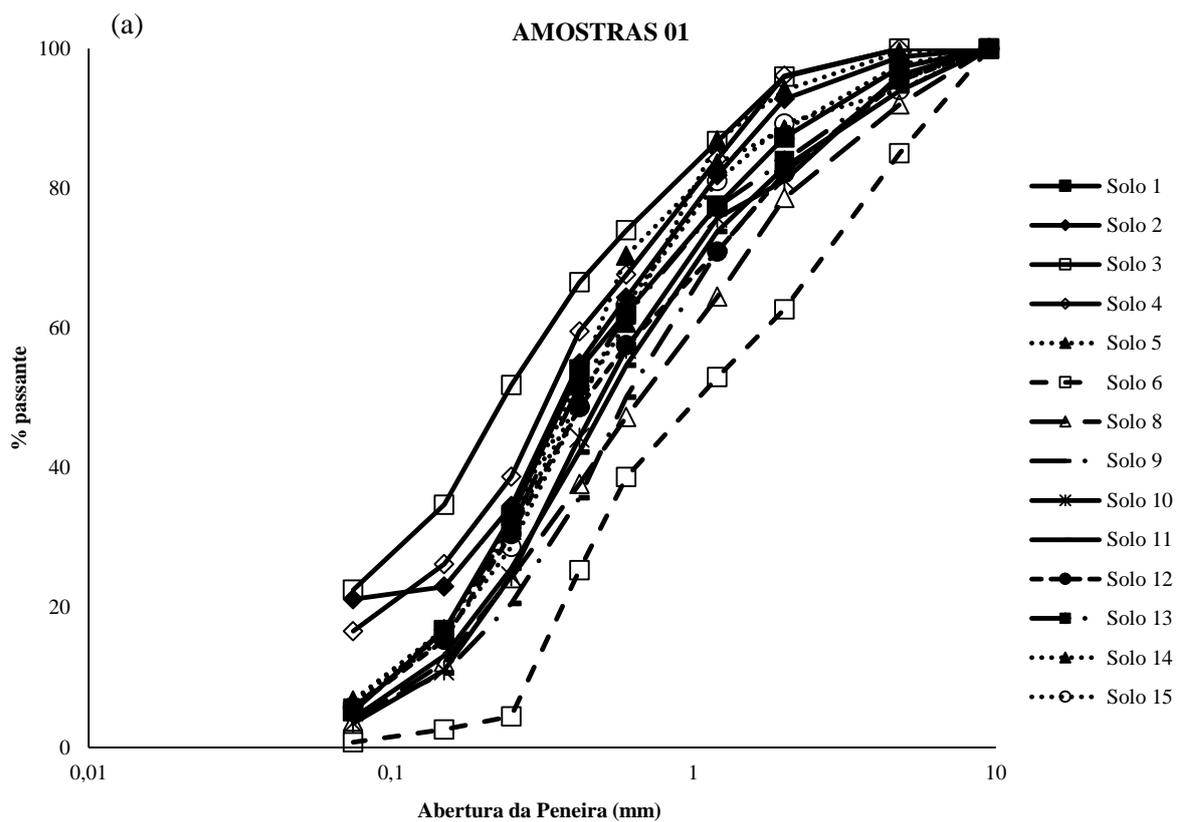
Aplicando a análise das variáveis a curva indica um decréscimo, ou seja, à medida que o tempo aumenta, há redução da capacidade de infiltração da água no solo.

Considerando que a capacidade de infiltração é a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo em um intervalo de tempo, seu valor é atingido com a saturação do solo, e isso ocorre com o excesso de chuva, assim a velocidade de infiltração e a capacidade de infiltração se apresentam constantes em todo o tempo.

Os autores Grego e Vieira (2005) afirmam que experimentos de solo no campo, com Latossolo Vermelho, necessitam de estudos que verifiquem a variabilidade espacial do solo com propriedades físico-hídricas em uma parcela experimental, usando métodos geoestatísticos, assim como também foi comprovado por Souza *et al.* (2001) e Fietz *et al.* (1999), que realizaram estudos variando de um local para outro, nos quais apresentaram continuidade ou dependência espacial, dependendo do manejo adotado e das próprias características de origem dos solos.

4.2 ANÁLISE DE PENEIRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Hirata (2015) pontua que a granulometria dos grãos é importante para ter conhecimento da sua capacidade hidráulica. As curvas granulométricas das amostras 01 e 02 de cada ponto da região estudada estão dispostas na Figura 4:



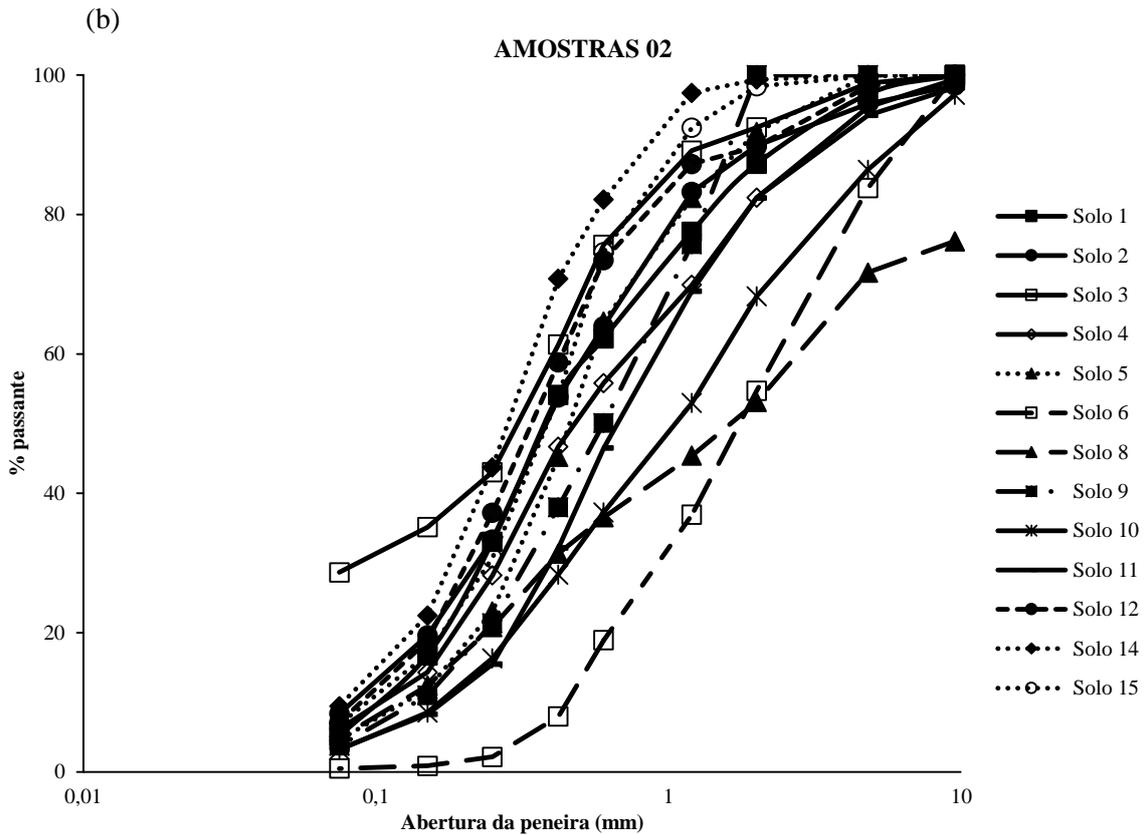
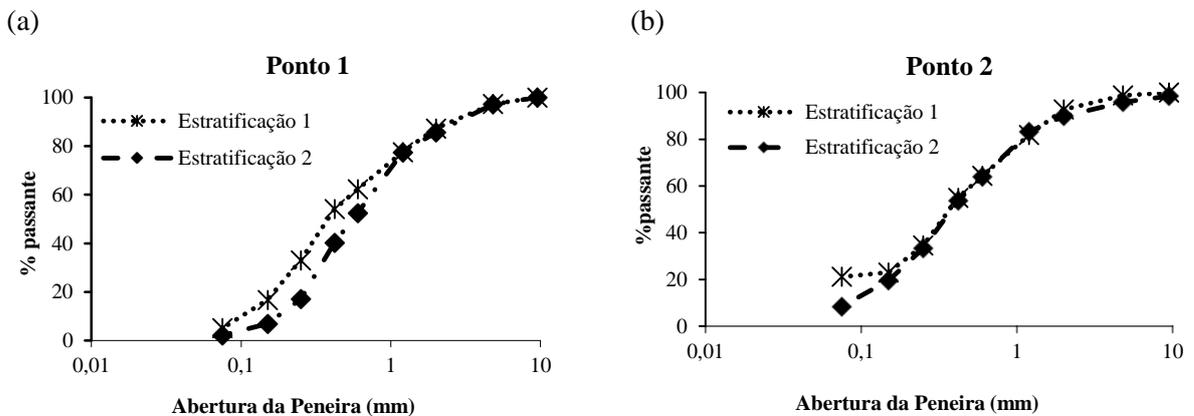


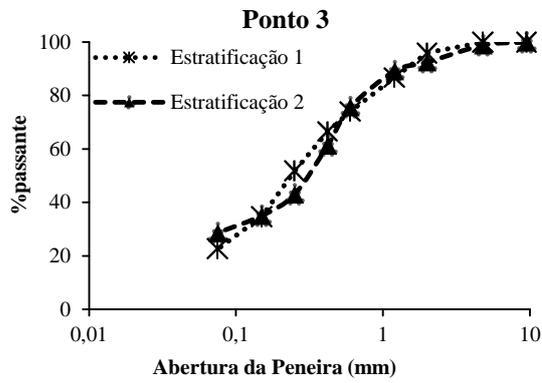
Figura 4. Curvas granulométricas das amostras 01 (a) e 02 (b) de cada ponto ensaiado.

Na Figura 4 (a) representam as amostras de número 01, e na (b) representam as amostras de número 02, ambas as curvas se dispõem quase inteiramente no intervalo entre 0,2 e 4 mm do eixo horizontal. Dessa forma, conforme a escala granulométrica de SUCs (Tabela 2) caracterizou-se o solo como arenoso.

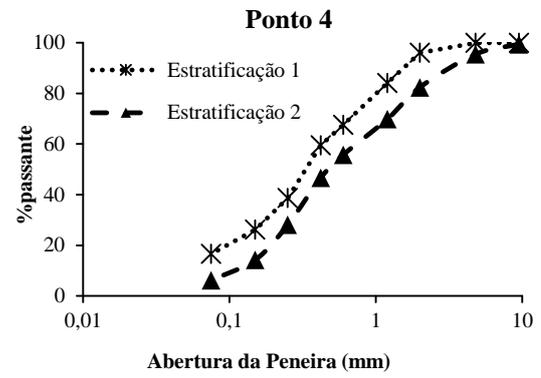
A Figura 5 apresenta os solos com variações diferenciadas entre as amostras 01 e 02.



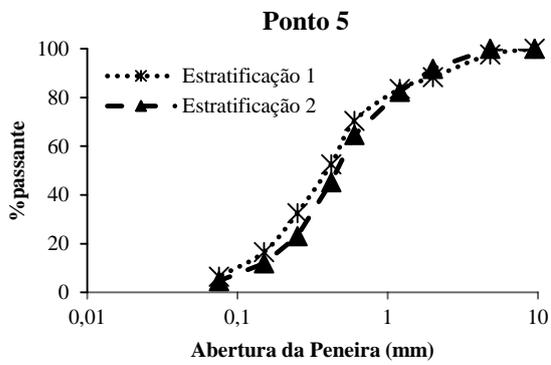
(c)



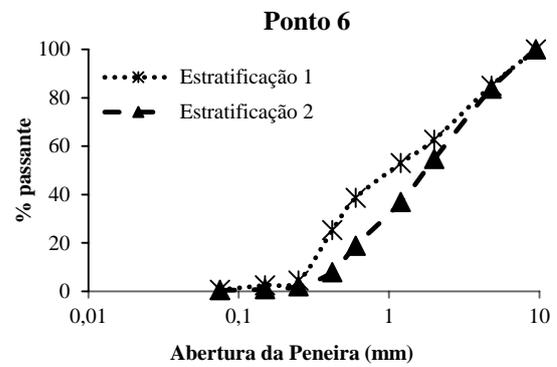
(d)



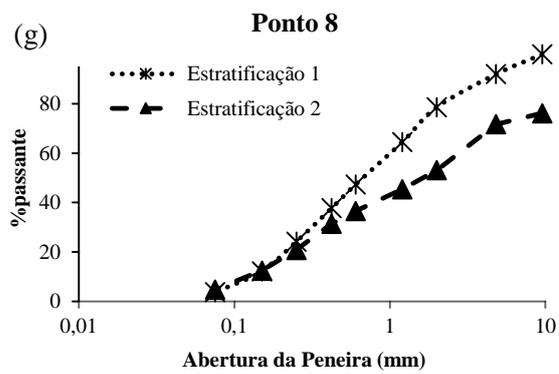
(e)



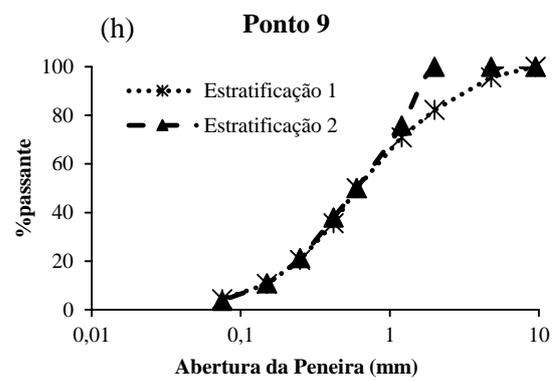
(f)



(g)



(h)



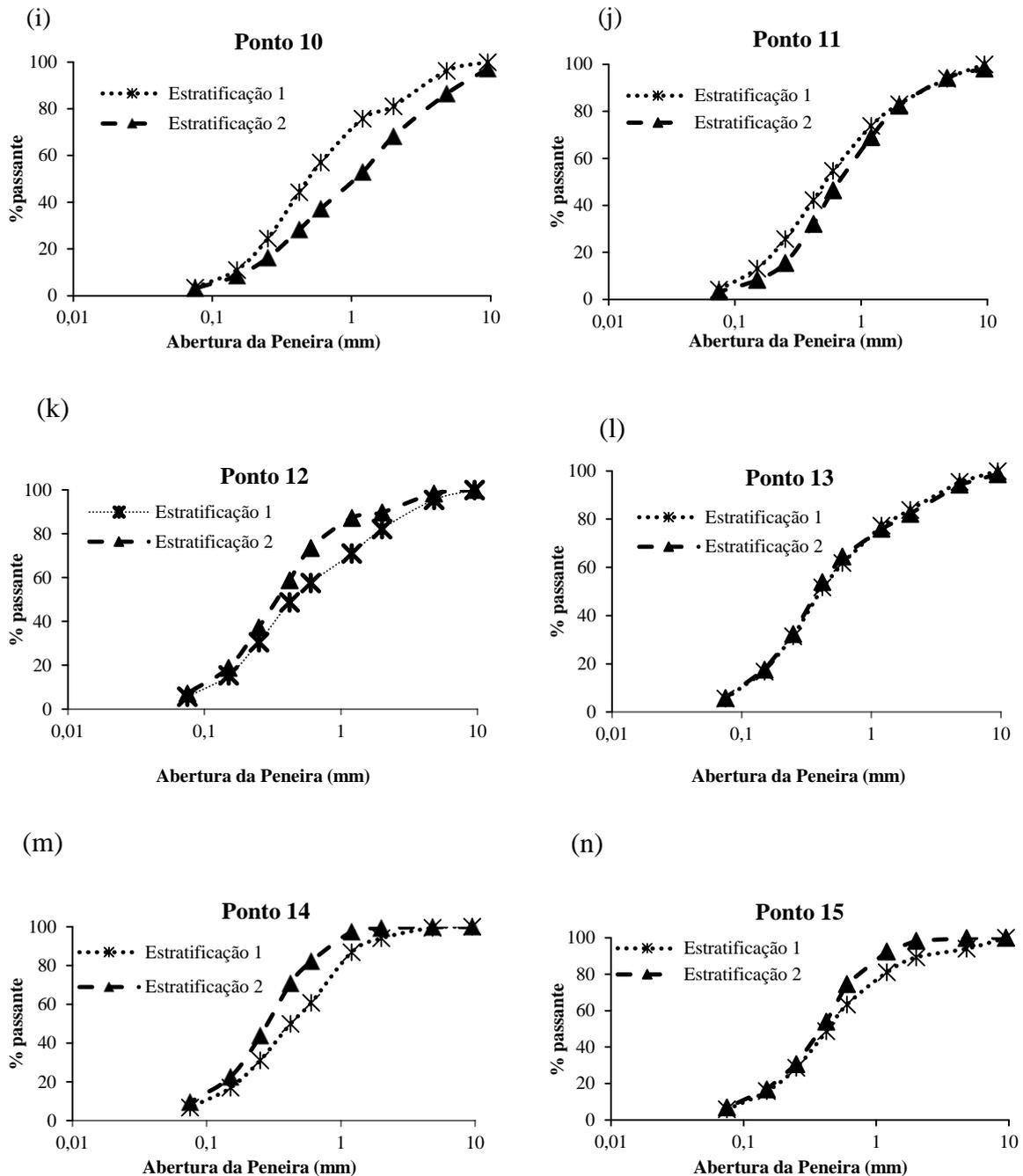


Figura 5. Curvas de Granulometrias de cada ponto ensaiado por peneiramento em laboratório. O ponto 3 (c) mostra um afastamento nas curvas dos resultados do peneiramento fino do ponto 1.

As partículas dos solos das amostras O2, do ponto 3 (c) e ponto 4 (d) se mostraram com partículas menores no peneiramento fino do que da primeira camada, justificando o deslocamento das curvas para direita. Pinheiro *et al.* (2016) abordam sobre a variação vertical da composição granulométrica dos solos e afirmam ser necessárias mais pesquisas para compreender as propriedades do solo e que para os autores Beutler *et al.* (2002) as propriedades

hídricas, como a curva de retenção de água, dependem do tipo de solo, histórico de uso e preparo do solo.

No estudo de Vieira *et al.* (2018) foram avaliadas a variabilidade e a estrutura de dependência espacial da taxa de infiltração básica do solo em áreas experimentais agronômicas na região Noroeste do Estado do Paraná, em que caracterizaram a variabilidade dos resultados por meio de estatísticas descritivas.

O ponto 5 (e) também apresenta afastamentos entre as curvas das amostras 01 e 02 em relação ao ponto 7 (g). Portanto no ponto 5 (e), apresenta-se um maior deslocamento entre a transição do peneiramento grosso para o fino, assim como maior inclinação. As amostras do ponto 7 (g) apresentaram maior massa retida na peneira 9,5 mm entre os pontos analisados, assim como maior capacidade de infiltração, na pesquisa de Ribeiro (2010) varia de fortemente drenados a bem drenados.

O ponto 6 (f) dispõe as curvas granulométricas com menor valor de infiltração. No entanto, a assiduidade entre as curvas das amostras possui boa graduação dos grãos desse solo. As porcentagens passantes da peneira #200 foram de 4, 3% e 5% das amostras 01 e 02 respectivamente. A presença de finos como a graduação dos grãos preenche a quantidade de vazios do solo deixando-o menos permeável (MORAIS, 2012), que por sua vez caracteriza menor capacidade de infiltração.

Para os atributos granulométricos do ponto 1 (a) observou-se que as correlações das camadas 1 e 2 estratificadas apresentaram valores aproximados com grande predominância de areia.

Em análise geral de todas as curvas, a granulometria dos Latossolos é um atributo praticamente estável, dependendo pouco do uso e manejo do solo, e com variabilidade proveniente da sua formação natural (SOUZA *et al.*, 2004). Entretanto a textura arenosa foi a mais frequente, constando ocorrência nas 28 amostras ensaiadas, e sobretudo a maior parte das amostras estudadas pertence às classes arenosas conforme o SUCs.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso isolado das características granulométricas pode possibilitar uma avaliação equivocada sobre a taxa de infiltração de água no solo em uma avaliação de macrodrenagem.

Áreas identificadas com vegetação da espécie *Xylopia brasiliensis*, apresentam altos valores de infiltração gerando fluxos preferenciais.

Regiões de alta densidade edificada tendem a ocorrer menores taxas de infiltração de água no solo.

A alteração de características da superfície ocasionada pela ocupação do solo acelera o limite de um sistema de drenagem.

Recomenda-se a elaboração de plano diretor de drenagem urbana e de uso e ocupação do solo, de forma a orientar a urbanização na microbacia sem que haja alterações nas parcelas de infiltração e escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. K. N. **Estudo hidrossedimentológico em rios da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte - Goiás, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.
- ARRIVABENIL, B. S.; MACHADO, C. C.; SILVA, C. H. C.; SANT'ANNA, G. L. Estabilização granulométrica e química de solo de estradas florestais através do uso de Cimento. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. v. 41, n. 2, p. 410-415, 2018.
- ASKARIZADEH, A. *et al.* From rain tanks to catchments: use of low-impact development to address hydrologic symptoms of the urban stream syndrome. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 19, p. 11264-11280, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: solo - análise granulométrica: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: preparação das amostras de solo. Rio de Janeiro, 1986.
- BARBOSA, G. S. **Uso de atributos do solo na identificação de limites para preservação de veredas no Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Sistema de Produção. Universidade de São Paulo: Ilha Solteira. 72p, 2016.
- BETTES, R. **Infiltration drainage - manual of good practice**. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, CIRIA Report 156, 1996.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolo sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 829-834, 2002.
- BRASIL. Decreto-lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Brasília, 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 4 mar. 2018.
- BRASIL, J. Contribuições da geomorfologia aplicada no planejamento da drenagem urbana: estudo de caso do município de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD**. Universidade Federal da Grande Dourados, v. 7, n. 13, 2016.

CARVALHO, E. T. L. **Avaliação geotécnica de poços de infiltração de águas pluviais.** Tese (Doutorado em Geotecnia) - UnB, Brasília, 2013.

CEDERGREN, H. R. Seepage, Drainage, & flow nets 2nd. (1997). *In*: CARVALHO, E. T. L. **Avaliação de elementos de infiltração de águas pluviais na zona norte da cidade de Goiânia.** 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Construção Civil) - Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

COSTA, J. R.; PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; SHENATO, R. B. Field description and identification of diagnostic qualifiers for urban soils in Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 43, 2019, <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20180121>.

FIETZ, C. R.; FOLEGATTI, M. V.; VIEIRA, S. R.; FRIZZONE, J. A. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por aspersão. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v. 3, p. 150-153, 1999.

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 171, de 29 de maio de 2007.** Dispõe sobre o Plano Diretor e Planejamento Urbano do Município de Goiânia e dá outras providências. Disponível em: http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/PLANO_DIRETOR_DO_MUNICIPIO_D E_GOIANIA_2007.pdf. Acesso em: 05 jun. 2020.

GOIÂNIA. **Lei nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014.** Estabelece regras de controle de águas pluviais e drenagem urbana, e dá outras providências. Goiânia, 2014. Disponível em: https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2014/lo_20141215_0000 09511.pdf. Acesso em: 02 maio 2019.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 169-177, 2005.

HIRATA, L. A. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 17-28, 2017.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316p.

IMB - INSTITUTO MAURO BORGES. **Manual:** Goiás em dados 2017 do Instituto Mauro Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/goias-em-dados/godados2017.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2019.

MORAIS, F. Infiltração - uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, v. 22, n. 38, Porto Nacional. 2012. ISSN: 0103-8427.

OLIVEIRA, B. S.; SILVA, L. V. O.; SOARES, B. R. Uma análise dos instrumentos urbanísticos do estatuto da cidade no plano diretor de Rio Verde - GO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 45, p. 183-192, 2013. ISSN 1678-6343.

PINTO, C. S. **Livro Curso básico de mecânica dos solos**. 3. ed. São Paulo, 2006.

RODRIGUES, Marcelo Hungria. **Infiltração da água no solo dos cerrados do Brasil utilizando cilindros infiltrômetros de dimensões reduzidas**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, 2013.

ROKIA, S. *et al.* Modelling agronomic properties of Technosols constructed with urban wastes. **Waste Manage**, v. 34, p. 2155-62, 2014.

ROY, A. H.; RHEA, L. K.; MAYER, A. L.; SHUSTER, W. D.; BEAULIEU, J. J.; HOPTON, M. E.; AMAND, A. S. How much is enough? Minimal responses of water quality and stream biota to partial retrofit stormwater management in a suburban neighborhood. **Public Library of Science**, v. 9, e85011, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0085011.

SILVA, J. S.; FARIAS FILHO, M. S. Instrumentos legais de prevenção de impactos ambientais na zona costeira: estratégias integradas de gestão territorial. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 7-25, 2015.

SILVA, S. P. **Ferramenta de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade - SAMSAP**. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

SOUZA, M. Z.; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L.; AMPOS, D. T. S.; CARVALHO, M. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 699-707, 2001.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 309-319, 2004.

VIEIRA, J.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A.; GOMES, D. B.; GONÇALVES, A. C. A. Continuidade espacial da taxa de infiltração básica de água em três solos do noroeste do estado do Paraná. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 517-532, 2018.