



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.9.2.2024.5695.088-097



Avaliação da capacidade de infiltração do solo em uma área piloto do bairro Lagoinha no município de Porto Velho/RO

Assessment of soil infiltration capacity in a pilot area of the Lagoinha neighborhood in the city of Porto Velho/RO

Denis Lopes de Brito^a, Eliomar Pereira da Silva Filho^a

^a Universidade Federal e Rondônia-UNIR, Campus Porto Velho, Departamento de Geografia, Laboratório de Cartografia-LABCART. BR-364, Km 9,5, Porto Velho, Rondônia, Brasil. CEP: 76801-059. E-mail: denisbritopvh@gmail.com, eliomarfilho@uol.com.br.

ARTICLE INFO

Recebido 11 Abr 2023
Aceito 01 Abr 2024
Publicado 06 Mai 2024

ABSTRACT

In the Amazon region, natural phenomena such as flooding are frequent during the rainy season. In the municipality of Porto Velho - Rondônia, these events have impacted the populations, especially the most vulnerable portion, which, due to the lack of a housing policy based on socio-environmental principles, ends up occupying spaces in the city with naturally lowered reliefs, prone to flooding. This study evaluated the soil infiltration capacity in a pilot area of Bairro Lagoinha in Porto Velho. Soils were collected from different locations to determine granulometry using the densimeter method and textural classes using the textural class triangle, and infiltration capacity tests were carried out using the single-cylinder infiltrometer (SCI) method. The results showed that infiltration at the site is deficient, as values ranged from 0.05 mm.h⁻¹ to 56.19 mm.h⁻¹, with 14 of the 18 points studied having low mean infiltration rate values (< 5 mm.h⁻¹), and the soil in the area was classified texturally as very clayey, with an average composition of 612.00 g.kg⁻¹ (61.20%) of clay, 230.00 g.kg⁻¹ (23.03%) of silt and 158.00 g.kg⁻¹ (15.77%) of sand. Thus, the parameters obtained in the tests indicated that the pilot area presents characteristics of soils with heavy clays, which are very impermeable and show a deficient natural drainage capacity aggravated by the occupation and urbanization of the area.

Keywords: Floods, soil texture, poor natural drainage.

RESUMO

Na região amazônica os fenômenos naturais, tais como os alagamentos, são frequentes durante o período chuvoso. No município de Porto Velho – Rondônia, esses eventos têm causado impactos à população, principalmente à parcela mais vulnerável, que devido à inexistência de uma política habitacional fundamentada em princípios socioambientais, acaba ocupando espaços da cidade com relevos naturalmente rebaixados, propensos aos alagamentos. Esse estudo avaliou a capacidade de infiltração do solo em uma área piloto do Bairro Lagoinha no município de Porto Velho. Para isso foram realizadas coletas de solos em diferentes locais para determinação da granulometria através do método do densímetro e das classes texturais, por meio do triângulo de classes texturais, e realizados ensaios de Capacidade de Infiltração pelo método do Infiltrômetro de Cilindro Único (ICU). Os resultados obtidos mostraram que a infiltração no local é deficiente, pois os valores variaram de 0,05 mm.h⁻¹ a 56,19 mm.h⁻¹, sendo que 14 dos 18 pontos estudados obtiveram valores de taxa de infiltração média baixa (< 5 mm.h⁻¹), e o solo da área foi classificado texturalmente como muito argiloso, com uma composição média de 612,00 g.kg⁻¹ (61,20%) de argila, 230,00 g.kg⁻¹ (23,03%) de silte e 158,00 g.kg⁻¹ (15,77%) de areia. Dessa forma, os parâmetros obtidos nos ensaios indicaram que a área piloto apresenta características de solos com argilas pesadas, muito



Journal of Environmental Analysis and Progress © 2016
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

impermeáveis, evidenciando uma capacidade de drenagem natural deficiente, agravada pela ocupação e urbanização da área.

Palavras-Chave: Alagações, textura do solo, drenagem natural deficiente.

Introdução

Na região Amazônica são frequentes os fenômenos naturais extremos, tais como incêndios e queimadas, chuvas intensas, inundações, alagamentos, secas e vendavais, dentre outros. A maioria desses eventos têm capacidade de causar impactos socioeconômicos, ambientais e sanitário às populações atingidas demandando esforços conjuntos de alguns setores públicos como, saúde, meio ambiente, defesa civil, saneamento, habitação e outros (Santos et al., 2020).

No Estado de Rondônia, mais especificamente no município de Porto Velho, episódios extremos tais como alagamentos têm afetado a área urbana do município durante o período de fortes chuvas, afetando o funcionamento social (Santos et al., 2019; Brito et al., 2021). Áreas com relevo plano e baixa elevação ao longo de cursos hídricos são as mais afetadas. Fator que, aliado ao uso inadequado do solo, a impermeabilização e a sobrecarga do sistema de drenagem, provoca redução da capacidade natural de armazenagem de deflúvios fazendo com que a água ocupe outros espaços tendendo a provocar alagações nesses locais (Palácio et al., 2021).

Vilaça & Costa (2022) resumem esse processo da seguinte forma, a ocupação do solo sem planejamento causa dentre vários impactos ambientais negativos: a sobrecarga no sistema de drenagem urbana por causa do aumento da impermeabilização do solo e diminuição da infiltração; perda de cobertura vegetal e substituição por pavimentos impermeáveis diminuindo a percolação e aumentando o volume de água e o escoamento; escassez de recursos hídricos; acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem e o aumento da densidade urbana em zonas consideradas de baixo valor especulativo imobiliário.

As características dos solos urbanos, especialmente as propriedades físicas, estão sujeitas a mudanças drásticas devido à compactação por atividades humanas intensas, que podem causar inundações frequentes durante as estações chuvosas (Ren et al., 2020; Xie et al., 2020). Estudos mostraram que a compactação do solo urbano em muitas cidades é generalizada e severa, essas mudanças além de afetarem a função ecológica do solo, aumentam a taxa de inundações. Atualmente, muitas cidades no mundo sofrem com inundações durante as estações chuvosas devido à quantidade grande de superfície de terra selada, à baixa quantidade de solo aberto e ao alto grau de

compactação do solo nas áreas urbanas (Yang & Zhang, 2011; Ren et al., 2020; Xie et al., 2020).

A análise de parâmetros físicos do solo pode contribuir para a compreensão dos problemas relacionados a alagamentos ou inundações, dentre os quais, a capacidade de infiltração do solo destacada por Chaves et al. (2021), que segundo os autores, quando a capacidade de infiltração do solo possui valores reduzidos ocorre uma lentidão no processo de infiltração da água, promovendo a formação de poças (*ponds*) na superfície antecedendo o processo de escoamento superficial.

Ante o exposto, e considerando a ausência de estudos que avaliem a capacidade de drenagem dos solos urbanos no município de Porto Velho, esta pesquisa avaliou a capacidade de infiltração do solo em uma área piloto do Bairro Lagoinha, zona leste da cidade de Porto Velho.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo está localizada no Bairro Lagoinha, município de Porto Velho, delimitada pelo quadrante formado pelas coordenadas geográficas: 8°45'59.51"S e 63°51'35.09"O; 8°45'46.38"S e 63°50'37.72"O; 8°46'5.78"S e 63°50'33.45"O; 8°46'20.50"S e 63°51'30.59"O, possui, aproximadamente, 114 hectares, um perímetro de 4870 m e altitude média de, aproximadamente, 85 m, correspondendo a cerca de 56,75% do bairro.

O clima local é predominante tropical super úmido, com temperatura média anual de 25,6°C, umidade do ar média maior que 80% e pluviosidade média anual entre 2.000 e 2.500 mm, classificado como Am na escala de Köppen (INMET, 2019). Faz parte da bacia hidrográfica Tancredo Neves, que possui forma dendrítica e índice de circularidade indicativo de forma mais alongada, com menor concentração de deflúvio e tendência a enchentes variando entre baixa e média. De acordo com a Lei Complementar do Plano Diretor do Município de Porto Velho, nº 311 de 30 de junho de 2008, capítulo VI artigo 54, inciso I, está em uma área desmatada, classificada como Zona Residencial de Média Densidade.

A geomorfologia local é caracterizada por superfícies planas com nenhum ou esporádicos inselbergs e tors, sendo dissecada pelo sistema fluvial (Rondônia, 2000). Quanto ao solo, é identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com declividade de 0-2%, bem drenado argiloso (Rondônia, 2009). Do ponto de vista

geológico, está sob o Planalto rebaixado da Amazônia Ocidental e, segundo Souza Filho et al. (1999), com cotas que vão de 50 a 100 m.

Coleta de dados

A definição da área foi realizada levando em consideração a grande incidência de alagações durante o inverno amazônico, fator que levou os moradores a nomearem o bairro de Lagoinha. Após a definição da área de estudo, os estudos foram realizados entre os dias 28 de outubro e 18 de

dezembro de 2019. Procurou-se observar, sempre, um intervalo mínimo de 48 horas, em caso de chuva, visando evitar possíveis excessos de umidade nos solos analisados.

Para a coleta de solo e a implementação do experimento para a determinação da infiltração foram selecionados 18 pontos (Figura 1), de acordo com a disponibilidade de terrenos em solo natural, isto é, solos com o mínimo de antropização, de forma a não haver interferência nos resultados das análises e ensaios (EMBRAPA, 2006).

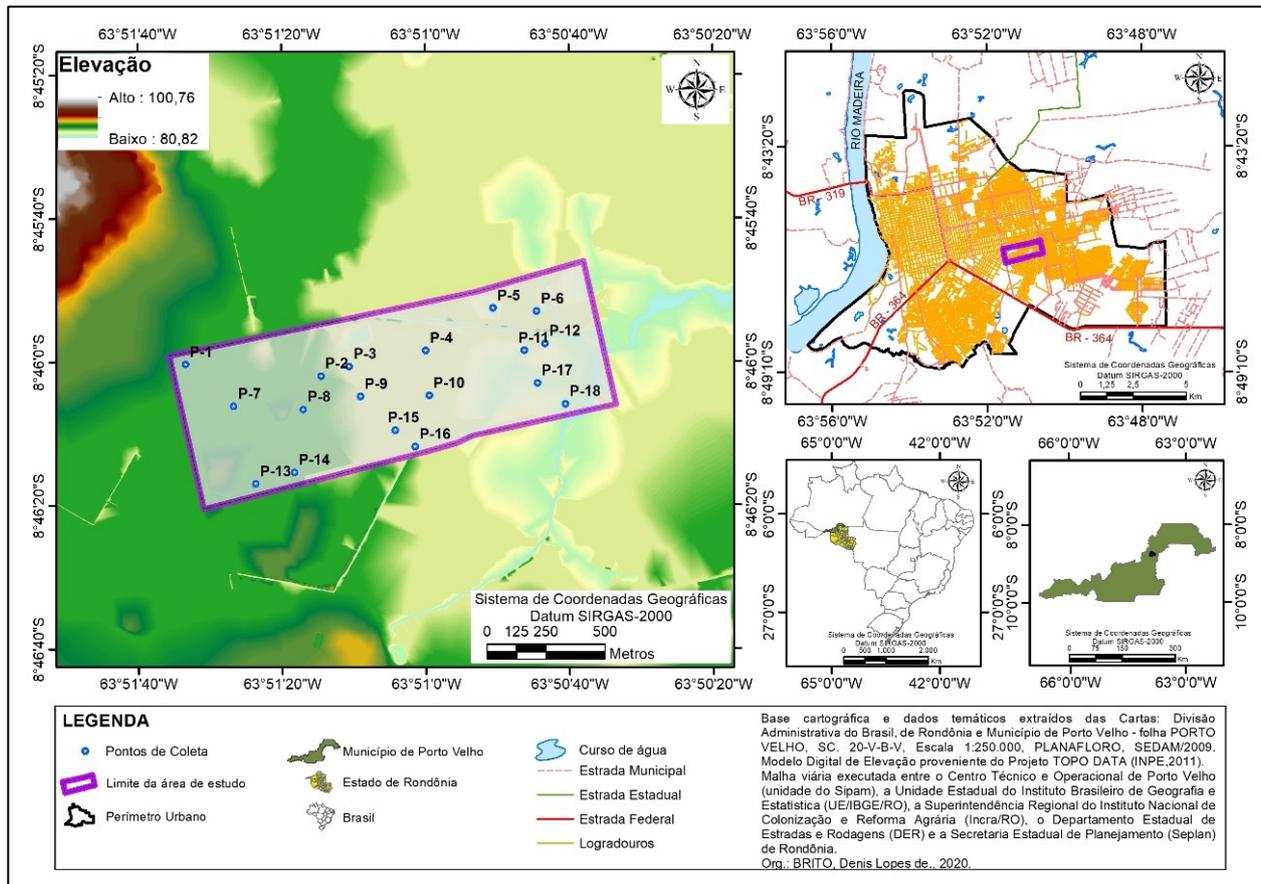


Figura 1. Localização dos pontos ensaiados na área piloto, em Lagoinha, Porto Velho, Rondônia, Brasil. Fonte: Brito & Silva Filho (2020).

Em cada ponto amostral os seguintes procedimentos foram realizados: locação dos pontos com auxílio de um GPS portátil Garmin Gap 64, ensaio de Infiltração utilizando Infiltrômetro de Cilindro Único (ICU) proposto por Roose et al. (1993) e amostragem de solos na

profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm, resultando em um total de 36 amostras de solo deformadas. A Tabela 1 apresenta uma descrição das características dos pontos de amostragem (uso do solo) juntamente com a localização de cada ponto analisado.

Tabela 1. Descrição do uso e ocupação do solo dos locais de realização dos ensaios de infiltração e coleta de amostras deformadas de solo em Lagoinha, Porto Velho, Rondônia, Brasil. Fonte: Brito & Silva Filho (2019).

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição do Uso do Solo
P-1	8°46'0.33"S	63°51'33.34"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-2	8°46'1.98"S	63°51'14.50"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres, máquinas, e com presença de vegetação rasteira e arbustiva.

P-3	8°46'0.64"S	63°51'10.58"O	Terreno residencial, plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de vegetação rasteira.
P-4	8°45'58.46"S	63°50'59.93"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação pedestres e com presença de vegetação rasteira.
P-5	8°45'52.52"S	63°50'50.55"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de vegetação rasteira.
P-6	8°45'52.99"S	63°50'44.49"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de vegetação rasteira.
P-7	8°46'6.20"S	63°51'26.65"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de árvores frutíferas e vegetação rasteira.
P-8	8°46'6.62"S	63°51'16.99"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-9	8°46'4.85"S	63°51'9.03"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-10	8°46'4.72"S	63°50'59.46"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-11	8°45'58.45"S	63°50'46.20"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com solo parcialmente exposto.
P-12	8°45'57.49"S	63°50'43.31"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de uma árvore frutífera e solo exposto.
P-13	8°46'17.01"S	63°51'23.61"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-14	8°46'15.41"S	63°51'18.19"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-15	8°46'9.55"S	63°51'4.17"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres, máquinas, e com presença de vegetação rasteira e arbustiva.
P-16	8°46'11.85"S	63°51'1.38"O	Terreno baldio, plano, com acesso à movimentação esporádica de pedestres e máquinas, e com presença de vegetação rasteira.
P-17	8°46'2.99"S	63°50'44.34"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e solo exposto.
P-18	8°46'5.92"S	63°50'40.47"O	Terreno residencial plano, com acesso à movimentação de pedestres e com presença de vegetação rasteira e cultivo de mandioca.

Para a realização do ensaio de infiltração vertical no solo, foi utilizado o método do Infiltrômetro de Cilindro Único (ICU), proposto por Roose et al. (1993), que permite examinar a permeabilidade relativa dos horizontes subsuperficiais. O ICU utilizado consiste em um cilindro metálico de 150 mm de altura por 100 mm de diâmetro. Este foi cravado no solo a, aproximadamente, 50 mm de profundidade, com o auxílio de um martelo de borracha, efetuando algumas pancadas em um pedaço de madeira em cima do cilindro com cuidado para não danificar o bisel. Após nivelado, com o auxílio de um plástico cobriu-se o interior do cilindro, com o objetivo de evitar impactos, perdas e infiltração no solo antes do início da leitura. Posicionada a régua de leitura, retirou-se o plástico e deu-se início à leitura. Utilizando-se de um cronômetro, as leituras foram realizadas em um período máximo de 30 min. ou até a estabilização da infiltração (Figura 2). Esse

procedimento foi repetido em todos os pontos e as leituras foram anotadas.



Figura 2. Cilindro metálico e medição da infiltração em campo, em Lagoinha, Porto Velho, Rondônia, Brasil. Fonte: Brito & Silva Filho (2019).

A lâmina de infiltração foi calculada, em mm, com o volume de água colocado no infiltrômetro conforme a Equação 1.

$$I (mm) = \frac{V}{A} \quad \text{Eq.(1)}$$

onde: I = Lâmina de infiltração em mm; V = Volume de água em litros; A = Área do cilindro em m².

As taxas de infiltração foram calculadas com a Equação 2.

$$Ti = \frac{I(mm)}{\Delta(h)} \quad \text{Eq.(2)}$$

onde: Ti = Taxa de infiltração (mm.h⁻¹); I = Lâmina de infiltração (mm); Δ = Intervalo de tempo (h).

Em seguida, para desconsiderar a infiltração lateral que faz com que o raio médio da frente de molhamento (R) exceda o raio do cilindro (r), foi efetuada a correção em função do quociente entre o volume da frente de molhamento e o volume do cilindro (Equação 3). O fator de correção varia entre 4 e 8 para solos argilosos (Roose et al., 1993).

$$\frac{\text{Vol.da frente de molhamento}}{\text{Vol.do cilindro}} = \frac{\pi x H x R^2}{\pi x H x r^2} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{R^2}{25} \text{ Eq.(3)}$$

onde: R² = Raio da frente de molhamento; r² = Raio do cilindro.

Na sequência, distante no máximo 50 cm do local dos ensaios, utilizando uma cavadeira articulada foram coletadas 36 amostras deformadas de solo, de aproximadamente 1000 g cada, sendo 18 amostras referentes à profundidade de 0 a 20 cm e 18 amostras na profundidade de 20 a 40 cm. Estas foram armazenadas em sacos plásticos e enviadas para análise no laboratório Solos e Plantas, no município de Sorriso - MT.

A determinação da granulometria foi realizada aplicando o método do densímetro, baseado na sedimentação das partículas que compõem o solo, proposto pela EMBRAPA (2011). Posteriormente, as classes texturais foram obtidas por meio do triângulo de classes texturais, recomendado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Camargo et al., 2009).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de infiltração de água no solo (mm.h⁻¹), determinados pelo método do ICU, bem como a estatística descritiva dos valores.

Tabela 2. Taxa média de infiltração de água por ponto, em amostras de solos de Lagoinha, Porto Velho, Rondônia, Brasil. Fonte: Brito & Silva Filho (2019).

Ponto	Unidade (mm.h ⁻¹)
P1	2,49
P2	10,61
P3	31,22
P4	4,37
P5	1,87
P6	1,81
P7	2,44
P8	2,47
P9	2,48
P10	2,50
P11	0,05
P12	2,43
P13	3,12
P14	1,44
P15	9,36
P16	4,99
P17	1,87
P18	56,19
Média	7,88
Mediana	2,49
Moda	1,87
Máximo	56,19
Mínimo	0,05
D. Padrão	13,97
Variância	195,21

As taxas de infiltração variaram de 0,05 mm.h⁻¹ a 56,19 mm.h⁻¹, enquanto que a taxa média foi de 7,88 mm.h⁻¹, taxa média que não reflete a realidade pois os pontos P3 e P18, apresentaram resultados elevados quando comparados aos demais pontos, 31,22 mm.h⁻¹ e 56,19 mm.h⁻¹, respectivamente, valores que estão ligados à presença de vegetação arbustiva (P3) e cultura de mandioca (P18) nos locais, tornando o solo mais propício à infiltração por caminhos preferenciais, formados pelas raízes, refletindo em uma maior velocidade de infiltração (Nery et al., 2017). Desconsiderando os dois pontos citados acima, a taxa média de infiltração referente à área cai para 3,41 mm.h⁻¹, taxa classificada como baixa, segundo Bernardo et al. (2006).

Na Figura 3 são apresentadas as curvas referentes à taxa de infiltração de cada ponto onde foi realizado o ensaio do ICU.

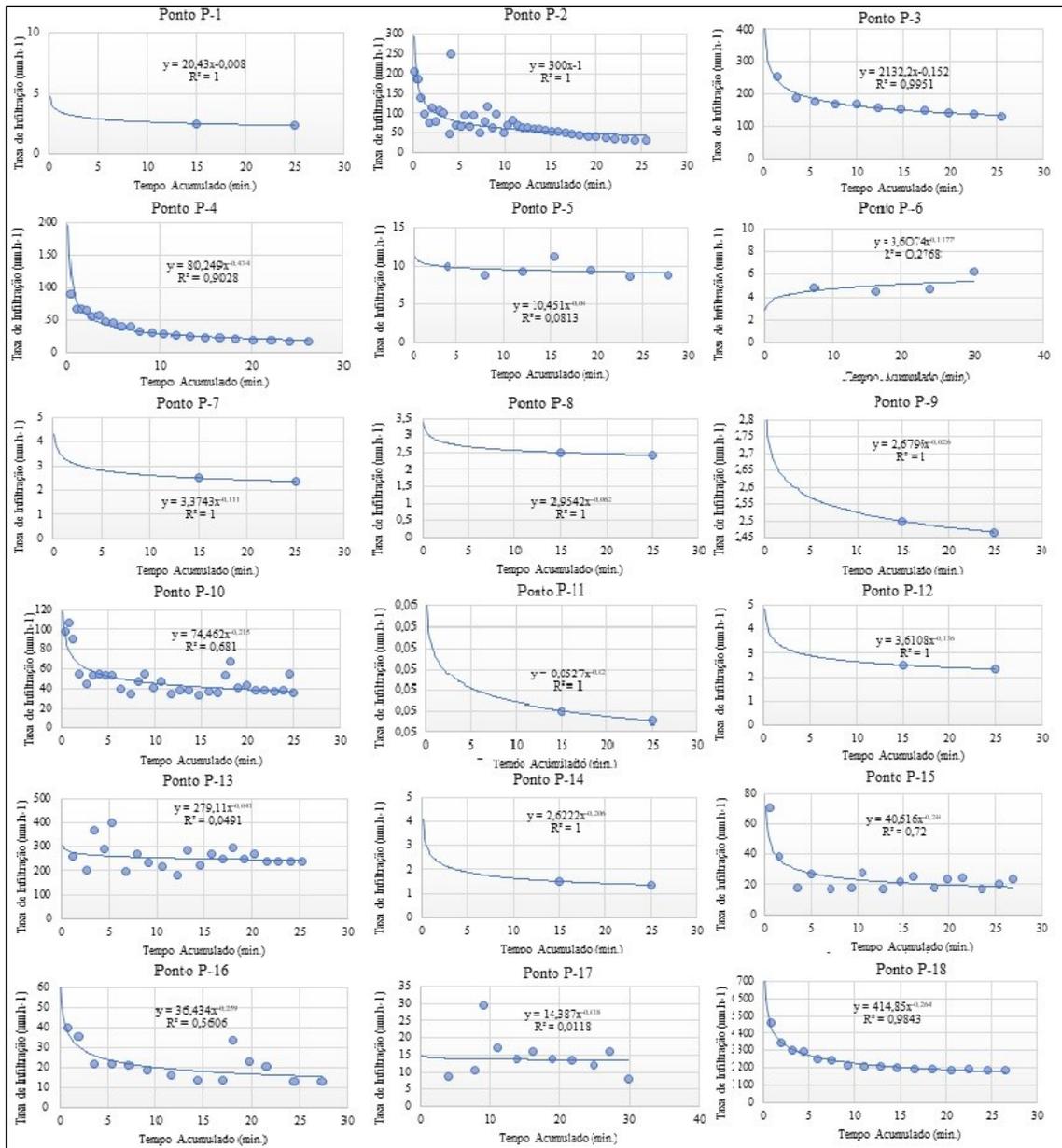


Figura 3. Curvas de infiltração para os pontos analisados. Fonte: Brito & Silva Filho (2019).

Deve-se levar em consideração que, 14 dos 18 pontos estudados obtiveram valores de taxa de infiltração média baixa (< 5 mm.h⁻¹), característica de solos com argilas pesadas, muito impermeáveis (Barreto Neto & Souza Filho, 2003). Isso evidencia uma capacidade de drenagem natural deficiente, quando comparada à área estudada por Pott & Maria (2003), que encontraram valores entre 61,2 mm.h⁻¹ até 442,20 mm.h⁻¹, em um Latossolo de textura argilosa, e por Corrêa (1985), que encontrou o valor de 625,10 mm.h⁻¹ em um Latossolo amarelo muito argiloso em área de mata

virgem, localizado na Embrapa de Manaus. Mancuso et al. (2014) detectaram taxas que variaram entre 34,90 mm.h⁻¹ e 370,33 mm.h⁻¹ em solos de diferentes tipos de cobertura na área urbana de Frederico Westphalen – RS.

Nesse sentido, Tucci (2013) afirma que a baixa capacidade de infiltração é altamente prejudicial e indesejada no meio urbano, por ser fator determinante para o aumento do escoamento superficial. A Tabela 3 apresenta o resultado da análise granulométrica em duas profundidades em cada ponto amostrado.

Tabela 3. Análise granulométrica das amostras coletadas em campo. Fonte: Brito & Silva Filho (2020).

Pontos	Areia (g.kg ⁻¹)		Silte (g.kg ⁻¹)		Argila (g.kg ⁻¹)		Classificação	
	Profundidade (cm)						0-20	20-40
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40		
P1	182	190	228	232	590	578	Argilosa	Argilosa

P2	210	135	205	290	585	575	Argilosa	Argilosa
P3	70	58	268	270	662	672	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P4	98	130	182	175	720	695	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P5	102	115	338	295	560	590	Argilosa	Argilosa
P6	105	108	337	334	558	558	Argilosa	Argilosa
P7	280	380	188	162	532	458	Argilosa	Argilosa
P8	285	245	187	253	528	502	Argilosa	Argilosa
P9	50	48	318	272	632	680	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P10	75	110	240	180	685	710	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P11	175	192	275	270	550	538	Argilosa	Argilosa
P12	120	102	230	236	650	662	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P13	180	185	235	165	585	650	Argilosa	Muito Argilosa
P14	242	218	253	224	505	558	Argilosa	Argilosa
P15	72	65	266	273	662	662	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P16	138	110	144	232	718	658	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P17	170	155	218	170	612	675	Muito Argilosa	Muito Argilosa
P18	268	308	147	0	585	692	Argilosa	Muito Argilosa
Média	157	159	237	237	607	617	Média geral de 0 - 40 cm (g.kg⁻¹)	
Mediana	154	133	233	236	588	654	Areia	158
Moda	-	110	-	232	585	558		
Máximo	285	380	338	334	720	710	Silte	230
Mínimo	50	48	144	162	505	458		
D. Padrão	76,47	87,45	57,63	51,93	64,89	74,07	Argila	612
Variância	5848,30	7648,26	3321,43	2696,69	4211,19	5485,66		

A classificação granulométrica variou entre argilosa e muito argilosa, o solo da área foi classificado texturalmente como muito argiloso, com uma composição média de 612,00 g.kg⁻¹ (61,20%) de argila, 230,00 g.kg⁻¹ (23,03%) de silte e 158,00 g.kg⁻¹ (15,77%) de areia em amostras de 1000 g (Tabela 3).

Ker et al. (2012) citam que a textura se refere à proporção relativa das diversas frações

granulométricas que compõem o solo, mais especificamente às proporções de areia, silte e argila. Uma amostra de solo é considerada arenosa se possuir 85% de areia; argilosa se houver mais de 35% de argila e média se tiver porções equilibradas de areia, silte e argila (Lepsch, 2010).

Na Figura 4 estão representadas as frações de areia, silte e argila por amostra.

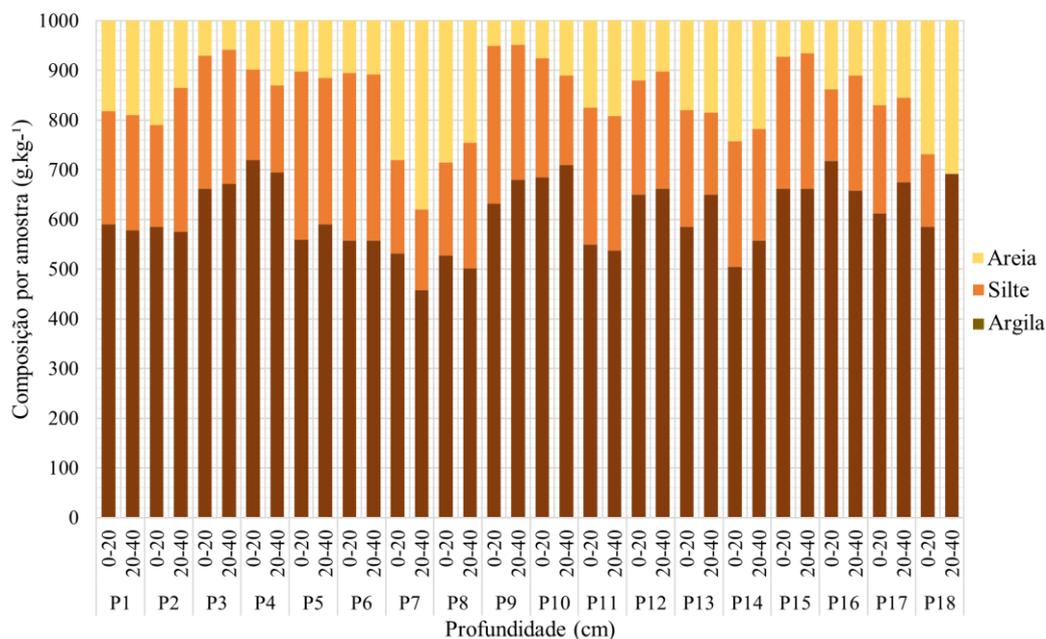


Figura 4. Composição por amostra, frações de areia, silte e argila. Fonte: Brito & Silva Filho (2020).

De maneira geral, a composição das partículas do solo da área desfavorece a drenagem natural, uma vez que a areia, que por possuir partículas de tamanhos relativamente grandes é a maior responsável por manter a drenagem livre e promover a entrada de ar no solo, conforme descrito por Beutler et al. (2002), representa, aproximadamente, 15,77% da composição granulométrica da camada superficial total analisada (0 a 40 cm). O silte, que pelo diâmetro reduzido de suas partículas, é mais propenso à ação do intemperismo e ao processo de *piping* liberando rapidamente significativas quantias de nutrientes para as plantas, segundo Ladeira (2007), corresponde à parcela de 23,03%, sendo considerado um material ruim por não possuir considerável coesão e plasticidade, formando grandes atoleiros em épocas de chuva e muito pó durante períodos secos, demandando muito cuidado e manutenção devido à erosão e à desagregação natural (Campos, 2013).

A argila tem maior presença nas amostras, respondendo por 61,20% da composição. De acordo com Klein et al. (2010), a argila é composta por partículas menores que 0,002 mm, em forma de pequenas lâminas ou placas planas e apresenta enorme capacidade de absorção de água e outras substâncias, mas, por outro lado, tem uma taxa de drenagem muito baixa. Uma das principais características da argila é a capacidade de suas partículas manterem-se unidas em uma massa coesa depois de seca, e o fato de suas partículas serem muito pequenas e irregulares provocarem um movimento lento de água e ar no solo, motivo pelo qual as propriedades do solo, como contração, expansão, plasticidade, capacidade de retenção de água, resistência do solo e absorção de elementos químicos estão diretamente relacionados ao tipo e à quantidade de argila presente no solo (Castro, 2020).

Santos (2016) ressalta que a geologia determina o tipo de solo predominante e as características deste determinam a sua permeabilidade. Nas bacias onde solos arenosos predominam a frequência das alagações é menor, que nas bacias onde predominam solos argilosos. Essa característica perde a importância à medida que a bacia sofre impermeabilização pela urbanização. A bacia onde o solo é predominantemente argiloso é mais propensa a alagações e pode ter a sua situação agravada à medida que aumenta a urbanização.

Para combater as alagações urbanas, Tucci (2005) esclarece que: juntamente às legislações, é indispensável adotar medidas hidráulicas estruturais, diretamente vinculadas ao sistema natural e artificial de drenagem por meio do

alargamento e aprofundamento dos rios principais e desassoreamento de rios, córregos e drenagens construídas, somadas à eliminação de pontos de estrangulamento representados por pontes, galerias e sistemas de drenagem antigos que não suportam as vazões a que são submetidos.

Santos (2012) sugere algumas medidas mitigadoras que ajudam na contenção do escoamento superficial, tais como a adoção de bosques florestados, que são espaços, praças, ou terrenos públicos ou privados formados por árvores de pequeno, médio e grande portes. Essa vegetação produz a serrapilheira, que, por sua vez, é formada por um colchão de folhas caídas e restos de vegetais acumulados no chão, o que proporciona proteção ao solo contra a erosão, tornando-o mais permeável, reduzindo a energia de escoamento superficial das águas da chuva. Algumas medidas simples que podem ser adotadas pela população: a utilização de calçadas ajardinadas, constituídas de uma faixa de, no mínimo, um metro da calçada dotada de cobertura vegetal, destinada a reter e a absorver águas das chuvas; reservatórios domiciliares e empresariais, que são dispositivos de acumulação de águas pluviais por simples reservação para utilização posterior na lavagem de veículos, rega de plantas ou simples descarte. A administração pública também deve adotar medidas como a instalação de sarjetas drenantes projetadas para permitir a infiltração e a acumulação de água e a utilização de pavimentos drenantes constituídos de pisos intertravados assentados sobre base de areia, blocos, vazados, concreto permeável, piso asfáltico permeável ou, até mesmo, a combinação destas soluções sempre assentadas sobre uma base drenante.

Portanto, existem inúmeras iniciativas que podem ser adotadas, bastando para isso, apenas um entendimento e integração entre administração pública e população para a adoção de medidas para a prevenção e o combate as alagações que são frequentes na área.

Conclusões

O solo da área piloto foi avaliado como muito impermeável, de textura muito argilosa e com taxa de drenagem muito baixa. Esses fatores somados aos impactos das diferentes atividades antrópicas na área, como o tráfego de veículos, de pessoas e a retirada de vegetação, são determinantes para torná-la uma área de forte risco de alagamentos.

É evidente a importância do planejamento urbano, associado ao ambiental, na elaboração de políticas públicas com relação à questão dos alagamentos urbanos, pois o planejamento deve focar em ordenar a ocupação urbana, impedindo

que áreas consideradas propícias a alagamentos sejam ocupadas.

Agradecimento

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências

- Brito, P. A.; Medeiros, H. S.; Souza, M. P.; Matos, G. B. C. 2021. Institucionalização e participação social no plano diretor urbanístico de uma capital amazônica, Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, 27, 1-19. <https://doi.org/10.12660/cgpc.v27n88.83315>
- Barreto Neto, A. A.; Souza Filho, C. R. 2003. Modelagem dinâmica de escoamento superficial. *Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte, MG, Brasil, INPE. pp. 2427-2434.
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. 2006. Manual de irrigação. UFV, 8ª ed. 625p.
- Beutler, A. N.; Centurion, J. F.; Souza, Z. M.; Andrioli, I.; Roque, C. G. 2002. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 829-834. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300029>
- Camargo, O. A.; Moniz, A. C.; Jorge, J. A.; Valadares, J. M. A. S. 2009. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. *Boletim Técnico Instituto Agronômico*, 106. 77p. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/docs/Boletim_Tecnico_106_rev_atual_2009.pdf. Acesso em: 8 de março de 2021.
- Campos, I. M. 2013. Conheça os três tipos principais de solo: areia, silte e argila. IBDA - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Construção Civil. Fórum da construção. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=59>. Acesso em: 2 de dezembro de 2020.
- Castro, R. M. S. 2020. Sistema Solo-Planta-Atmosfera (SSPA). Apostila, Belém - PA, pp. 1-41. Disponível em: https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/416233/mod_resource/content/1/SISTEMA%20SOLO%20PLANTA%20ATMOSFERA%20SSPA-ROSECELIA%20CASTRO%20%281%29.pdf. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.
- Chaves, H. L. O.; Costa, M. E. L.; Koide, S.; Almeida, T. de; Cicerelli, R. E. 2021. Mapeamento de suscetibilidade à inundação utilizando o método da razão de frequência aplicado à bacia do riacho fundo - Distrito Federal. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*. 9, 148-66. <https://doi.org/10.9771/gesta.v9i1.42739>
- Corrêa, J. C. 1985. Características físicas de um latossolo amarelo muito argiloso (Typic Acrorthox) do estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20, 1381-1387.
- EMBRAPA (CNPS). 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro. 314p.
- EMBRAPA. 2011. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 230p. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2018.
- Souza Filho P. W. M. E.; Quadros, M. L. E. S.; Scandolaro J. E.; Silva Filho, E. P.; Reis, M. R. 1999. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 29, 469-476.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Precipitação Total Anual. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/progp/0>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.
- Ker, J. C.; Curi, N.; Schaefer, C. E. G. R.; Vidal-Torrado, P. 2012. *Pedologia: fundamentos*. Primeira Edição. 343p.
- Klein, V. A.; Baseggio, M.; Madalosso, T.; Marcolin, C. D. 2010. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. *Ciência Rural*, 40, 1550-1556. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000110>
- Ladeira, J. E. R. 2007. Avaliação de segurança em barragem de terra, sob o cenário de erosão tubular: o caso UHE-São Simão. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 210p.
- _____. 2008. Lei Complementar 311/08 Plano Diretor. Porto Velho. Disponível em: <https://sempog.portovelho.ro.gov.br/uploads/arquivos/2021/09/23982/16311192847-1521121025lei-comp-311-plano-diretor.pdf>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2022.

- _____. 2008. Lei Complementar 311/08 Plano Diretor: Anexo Único. Porto Velho. Disponível em: <https://semvog.portovelho.ro.gov.br/uploads/arquivos/2021/09/23982/16311192366-1630418760plano-diretor.pdf>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2022.
- Lepsch, I. F. 2010. Formação e conservação do solo. Oficina de Textos, 2ª Ed. 216p.
- Mancuso, M. A.; Flores, B. A.; Rosa, G. M.; Schroeder J. K.; Pretto P. R. P. 2014. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. Revista Monografias Ambientais, 14, 2890-2998. <http://dx.doi.org/10.5902/2236130810932>
- Nery, A. R.; Rodrigues, L. N.; Sousa, A. G.; Santos, F. F. C.; Nere, D. E. R. 2017. Infiltração da água nos solos cultivados com palma forrageira e pastagem no IFCE campus Crato. Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento, 2, 56-61.
- Pott, C. A.; Maria, I. C. 2003. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27, 19-27. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000100003>
- Palácio, O. D.; Oliveira, C. W.; Meireles, A. C. M.; Júnior, T. G. S. 2021. Análise da susceptibilidade a alagamento em Juazeiro do Norte, Ceará. Revista Brasileira de Geografia Física, 14, 2204-2219. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2204-2219>
- Ren, X.; Hong, N.; Li, L.; Kang, J.; Li J. 2020. Effect of infiltration rate changes in urban soils on stormwater runoff process. Geoderma, 363, 114158. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114158>
- Rondônia. Governo do Estado de Rondônia. 2000. Diagnóstico Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia, Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia-ZSEE-RO. Porto Velho: v. 1-16.
- Rondônia. SIAGEO Amazônia. 2009. Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia. Disponível em: http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Rondonia/ZEE_Rondonia.pdf. Acesso em: 20 de novembro de 2020.
- Roose, E.; Blancaneaux, P.; Freitas, P. L. D. 1993. Un simple test de terrain pour évaluer la capacité d'infiltration et le comportement hydrodynamique des horizons pédologiques superficiels: méthode et exemples. Cahiers Orstom, Série Pédologie (Spécial érosion: réhabilitation des sols), XXVIII, 2, 413-419.
- Santos, A. R. D. 2012. Enchentes e Deslizamentos: causas e soluções. Pini. 128p.
- Santos, C. L. D. 2016. Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe, João Pessoa/PB. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brasil. 109p.
- Santos, L. S.; Silva Junior, O. M.; Rocha, M. A. N. 2020. Mapa de múltiplas ameaças: um sobreaviso a população amazônica. In: Silva Júnior et al., (org.). Redução de risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano [recurso eletrônico]. 2ª ed. São Paulo: CPS, pp. 626-641.
- Santos, S. L. M.; Silva Filho, E. P.; Herrera, I. L. I. E. 2019. Áreas de inundação da bacia do Igarapé Belmont na cidade de Porto Velho, Rondônia, Brasil. Brazilian Journal of Development, 5, 23377-23398. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-057>
- Tucci, C. E. M. 2005. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o de Aguas Pluviais .PDF?1370615799](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o%20de%20Aguas%20Pluviais.PDF?1370615799). Acesso em: 5 de fevereiro de 2022.
- Tucci, E. M. C. 2013. Hidrologia: Ciência e Aplicação. ABRH, Quarta Edição. 944p.
- Vilaça, I. L. V.; Costa, F. R. 2022. Caracterização das áreas de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros, RN. Revista Sociedade e Território, 34, 83-101. <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2022v34n2ID27314>
- Xie, C.; Cai, S.; Yu, B.; Yan, L.; Liang, S.; Che, S. 2020. The effects of tree root density on water infiltration in urban soil based on a Ground Penetrating Radar in Shanghai, China. Urban Forestry & Urban Greening, 50, 126648. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126648>
- Yang, J. L.; Zang, G. L. 2011. Water infiltration in urban soils and its effects on the quantity and quality of runoff. Journal of Soils and Sediments, 11, 751-761. <https://doi.org/10.1007/s11368-011-0356-1>