

JOÃO LUCAS CAVALHEIRO SILVA
LYON SAKAMOTO
SAMUEL DE OLIVEIRA SCAPIN

ANÁLISE DE SOLOS EM ÁREAS PERMEÁVEIS

ETEc Vasco Antonio Venchiarutti
Avenida Engenheiro Tasso Pinheiro, nº 700 – Bairro
Terra Nova – Jundiaí/SP.

Orientador: Prof.^a Me. Helio França Júnior
Coorientador: Profa. Esp. Risoneide Araújo Souza

Período de desenvolvimento do projeto: 02/05/2025
à 25/09/2028

Jundiaí
2025

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS E RELAVÂNCIA DO TRABALHO	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.1.3	Fundamentação Teórica	18
2	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	20
2.1	CRONOGRAMA	22
3	RESULTADOS DO PROJETO.....	22
4	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS.....	25

RESUMO

As mudanças climáticas são uma realidade atualmente, onde o período da estação chuvosa é uma das áreas mais afetadas. Para melhorar a drenagem urbana nestas situações, o Código de Obras e a Lei de Uso e Ocupação do Solo dos Municípios propõe a utilização de áreas permeáveis, que tem por objetivo principal transferir as águas superficiais para o subsolo. As áreas permeáveis são fundamentais, entretanto um ponto importante para o seu funcionamento é o tipo de solo que irá fazer parte de sua composição, onde sua capacidade de percolação irá determinar a sua eficiência quando solicitada. Neste projeto de pesquisa será analisada esta capacidade de percolação em função do volume pluviométrico precipitado nas últimas estações chuvosas, qual o seu impacto em inundações urbanas e uma proposta para o auxílio na resolução deste problema será proposta, a fim de minimizar os seus impactos nas famílias dos moradores das regiões que sofrem com este problema.

Palavras-chave: Áreas Permeáveis. Drenagem Urbana. Percolação dos Solos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de drenagem urbana	15
Figura 2 – Área permeável em residência.....	16
Figura 3 – Área permeável em residência.....	17
Figura 4 – Amostras de solo no copo de Becker	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio da Amostra 01.....	23
Tabela 2 – Ensaio da Amostra 02.....	23
Tabela 3 – Ensaio da Amostra 03.....	24
Tabela 4 – Ensaio da Amostra 04.....	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.1.3	Fundamentação Teórica	18
2	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	20
2.1	CRONOGRAMA	22
3	RESULTADOS DO PROJETO.....	22
4	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, as mudanças climáticas são responsáveis por vários fatores que impactam diretamente em nosso dia a dia, e um deles é a alteração nos índices pluviométricos na estação das chuvas. Segundo a Unidade de Gestão da Casa Civil e Defesa Civil do Município de Jundiá (2025) os índices pluviométricos sofreram aumentos médios de 21% nos últimos 13 anos, fato esse relacionado diretamente com as mudanças climáticas.

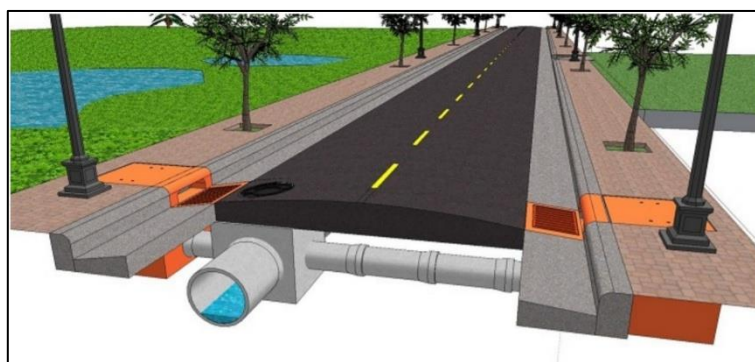


Figura 1 – Sistema de drenagem urbana
(Fonte: Manual de drenagem, 2002)

Esse fato exige que a infraestrutura urbana para drenagem de águas superficiais provenientes de precipitações seja revista, e neste contexto a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Código de Obras de cada Município preveem as chamadas áreas permeáveis, que são locais onde as águas superficiais podem percolar diretamente para o subsolo.

Como apresenta a figura 2, as áreas permeáveis são locais onde o piso não é “fechado”, geralmente composto por vegetação rala como grama. Para o plantio dessa vegetação rala é necessário um tipo de solo que seja propenso para que ocorra a fixação e crescimento dessa vegetação. Para que isso ocorra, é necessário um solo mais coesivo, formado por partículas pequenas. Segundo Caputo (1996) solos coesivos são formados em sua grande parcela por partículas com tamanho inferiores a 0,075 mm, onde se encaixam os siltes e as argilas. Em solos coesivos a percolação de água tende a ser mais lenta, devido a sua estrutura física e tamanho dos grãos, o contrário ocorre em solos granulares que são formados basicamente em solos

arenosos, o que facilita a percolação de água no solo e o seu acúmulo, formando assim o que é denominado com lençol freático subterrâneo (CAPUTO, 1996).



Figura 2 – Área permeável em residência
(Fonte: Manual de drenagem, 2002)

Essa capacidade de percolação de águas superficiais nas áreas permeáveis é hoje um dos diversos fatores que impactam em problemas de infraestrutura, onde uma de suas principais consequências são os alagamentos que ocorrem de forma recorrente em áreas urbanas quando chegam as estações das chuvas (Manual de Drenagem, 2002).

Ao se estudar a capacidade percolação de águas superficiais dos solos em áreas permeáveis, é possível fazer uma análise crítica, baseada em dados científicos, do comportamento físico destes locais. Ao se analisar estes dados, será possível compreender melhor este comportamento e dessa forma propor soluções que auxiliem na resolução destes problemas de ordem urbana, onde centenas de famílias são impactadas todos os anos com a ocorrência de alagamentos em determinadas áreas do Municípios. Dessa forma será possível reduzir os impactos ambientais, sociais e financeiros que este problema acarreta, principalmente nos últimos 13 anos.



Figura 3 – Área permeável em residência
(Fonte: Manual de drenagem, 2002)

Esse fato exige que a infraestrutura urbana para drenagem de águas superficiais provenientes de precipitações seja revista, e neste contexto a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Código de Obras de cada Município preveem as chamadas áreas permeáveis, que são locais onde as águas superficiais podem percolar diretamente para o subsolo.

1.1 OBJETIVOS E RELAVÂNCIA DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a capacidade de percolação dos distintos tipos de solo em áreas permeáveis urbanas ao longo das estações chuvosas.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a capacidade de percolação da água em diferentes tipos de solos localizados em áreas urbanas permeáveis durante os períodos de chuva.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Identificar e classificar os tipos de solos nas áreas estudadas;

- Avaliar a taxa de infiltração/percolação da água nos diferentes solos;
- Relacionar os resultados da percolação com as características físico-químicas dos solos;
- Propor medidas de manejo urbano com base na eficiência de percolação observada.

1.1.3 Fundamentação Teórica

A percolação da água no solo é um componente essencial do ciclo hidrológico, sendo responsável pelo escoamento vertical da água no perfil do solo e pela recarga dos aquíferos subterrâneos. Esse processo está diretamente relacionado à capacidade de infiltração do solo, a qual depende de propriedades físico-hídricas como textura, estrutura, densidade, porosidade e grau de compactação (Pinto et al., 2016).

Solos arenosos, por exemplo, apresentam macroporos em maior quantidade, o que favorece a passagem da água e resulta em elevadas taxas de percolação. Por outro lado, solos argilosos ou compactados tendem a apresentar microporoso predominantes, que dificultam a infiltração e promovem maior retenção hídrica superficial, aumentando o risco de enxurradas e alagamentos (Santos et al., 2017). A condutividade hidráulica do solo, que expressa sua capacidade de transmitir água, é um dos parâmetros mais utilizados para quantificar a percolação e avaliar o desempenho hidrológico de áreas permeáveis.

No contexto urbano, o avanço da impermeabilização do solo, decorrente da substituição de áreas naturais por infraestruturas rígidas (asfalto, concreto, edificações), compromete significativamente a percolação. Esse fenômeno tem sido apontado como um dos principais fatores de intensificação do escoamento superficial e, conseqüentemente, da sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana (Tucci, 2008). Além disso, a perda de permeabilidade do solo reduz a recarga dos aquíferos e contribui para a degradação dos serviços ecossistêmicos relacionados à água.

Diante desses desafios, tem se consolidado o conceito de Drenagem Urbana Sustentável (DUS), que propõe o uso de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para mitigar os impactos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico. Práticas como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e biovaletas têm demonstrado eficácia na redução do escoamento superficial, aumento da infiltração e

melhoria da qualidade da água (Oliveira & Tavares, 2019). Essas soluções integram aspectos ambientais, sociais e técnicos, e representam uma mudança de paradigma em relação à drenagem convencional, que historicamente prioriza o escoamento rápido das águas pluviais sem considerar sua reintegração ao meio natural.

A análise da capacidade de percolação dos solos é, portanto, uma etapa fundamental no planejamento urbano sustentável. Para isso, a literatura recomenda o uso de métodos diretos e indiretos de avaliação, como ensaios de permeabilidade em laboratório, infiltração in situ com infiltrômetro de anel duplo, testes de condutividade hidráulica saturada e modelagem hidrológica. Esses procedimentos permitem quantificar a eficiência de infiltração em diferentes condições de uso e ocupação do solo, além de subsidiar o dimensionamento de estruturas de drenagem sustentáveis (Santos et al., 2017).

Compreender os fatores que influenciam a percolação e os impactos da urbanização sobre esse processo é crucial para o enfrentamento dos eventos hidrológicos extremos, como alagamentos e inundações, cuja frequência tem aumentado nas últimas décadas em função das mudanças climáticas e da ocupação desordenada do solo urbano. O aprimoramento das estratégias de manejo das águas pluviais, fundamentado no conhecimento técnico e científico sobre o comportamento dos solos, representa um caminho viável para promover cidades mais resilientes, seguras e ambientalmente equilibradas.

2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa foi a de estudos experimentais no Laboratório de Ensaio de Materiais e Mecânica dos Solos da Unidade de Ensino. Para sua realização, foram coletadas diversas amostras de solo do local, que passaram por um processo de identificação e caracterização, etapa inicial necessária e fundamental para a continuidade do estudo proposto. Os ensaios de laboratório foram realizados com equipamentos pertencentes a Unidade de Ensino, não houve a necessidade de aquisição de outros novos. Estes equipamentos são:

Equipamentos utilizados:

- Copo de Becker com volume de 250 ml;
- Copo de Becker com volume de 500 ml;
- Pipeta graduada;
- Proveta de 50 ml graduada;
- Balança de precisão com capacidade para 500 gr;
- Jogo de peneiras normal padrão ABNT para ensaio de solos;
- Pás e conchas para coleta das amostras de solos;
- Tachos metálicos para armazenamento das amostras de solos;
- Recipiente de porcelana e soquete para destorroamento da amostra de solo;
- Estufa para secagem dos materiais com temperatura máxima de 200° C;
- Cronômetro digital;
- Máquina fotográfica digital para registro dos ensaios.

O procedimento para a realização dos ensaios ocorreu da seguinte maneira:

- As amostras de solos com 300 gramas são coletadas “in loco” nas áreas permeáveis existentes na Unidade de Ensino;
- As amostras são levadas para laboratório, onde eventuais impurezas como material orgânico de origem vegetal e animal são removidas;
- Estas amostras são colocadas na estufa a uma temperatura de 80° C durante um período de 24 horas, para a sua secagem total;

- É feita a identificação tátil visual das amostras de solo, para sua identificação e caracterização;
- As amostras são colocadas dentro do copo de Becker, ocupando um volume previamente estabelecido. É importante que as amostras não sejam compactadas, de modo a simular o solo em seu estado natural. Os copos de Becker com as amostras de solo seco são devidamente pesados na balança de precisão;
- As provetas de 50 ml de capacidade são cheias, e com o auxílio da pipeta o solo dentro do copo de Becker é saturado. A água é acrescentada na amostra até que uma lâmina de água é formada sobre a camada mais superficial. O volume de água colocado na amostra é registrado se verificando qual a quantidade de água final restantes dentro da proveta de 50 ml;
- Com o auxílio do cronômetro digital, é medido o tempo que o solo demora para percolar a água da lâmina de água superficial e o período que ela demora para alcançar o fundo do Becker;
- O procedimento é repetido até que obtenha a saturação da camada superficial de solo. Esta etapa tem por objetivo simular a periodicidade da ocorrência de chuvas que podem saturar o solo das áreas permeáveis.

Existem outros trabalhos já realizados onde foram analisadas a superfície das áreas permeáveis, porém a sua capacidade de percolação de água não foi incluída o seu estudo, sendo assim a proposta deste projeto de pesquisa pode ser considerada inovadora.

Os impactos sociais e ambientais são considerados positivos, pois beneficia a comunidade Municipal como um todo, gerando impactos ambientais relevantes para a melhoria da qualidade de vida. Em um ponto de vista econômico, prejuízos incalculáveis podem ser evitados com a melhoria da drenagem urbana com o uso mais eficiente das áreas permeáveis propostas na Leis Municipais, sendo seu impacto de interesse direto em aspectos governamentais em nível Municipal e Estadual.

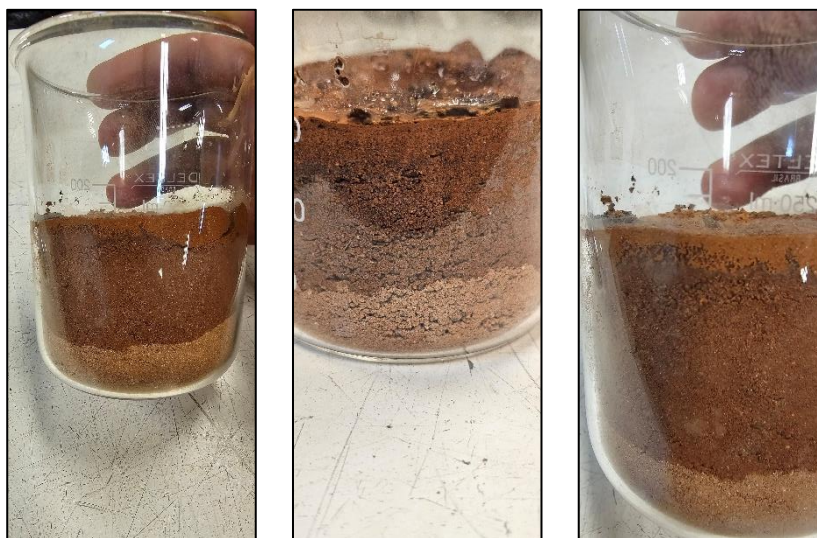


Figura 4 – Amostras de solo no copo de Becker

2.1 CRONOGRAMA

Etapa	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Definição do tema	x								
Pesquisa bibliográfica	x	x	x						
Pesquisa de laboratório		x	x	x	x				
Compilação e análise de resultados					x	x	x		
Apresentação na feira								x	

3 RESULTADOS DO PROJETO

Abaixo serão colocadas as tabelas com os resultados dos ensaios de percolação realizados:

Amostra 01:

Amostra coletada próxima ao campo de futebol da unidade, com compactação média e granulometria arenosa média.

Tabela 1 – Ensaio da Amostra 01

Amostra 01										
Data	Volume de água (ml)			Diâmetro do Becker (cm)	Seção do (cm²)	Percolação (ml/s)			Peso (gramas)	
	50	100	150			50	100	150	Inicial	Final
27/ago	23,58	72,22	108,09	8,92	62,49	0,47	0,72	0,72	712,6	858,40
28/ago	13,31	94,66	217,52	8,92	62,49	0,27	0,95	1,45	715,30	861,20
29/ago	23,77	58,44	101,15	8,92	62,49	0,48	0,58	0,67	691,40	838,50
01/set	25,17	94,35	122,22	8,92	62,49	0,50	0,94	0,81	698,80	844,60
08/set	20,49	60,73	97,80	8,92	62,49	0,41	0,61	0,65	722,50	869,50
09/set	23,31	57,87	91,04	8,92	62,49	0,47	0,58	0,61	683,50	830,10
10/set	30,00	94,92	113,40	8,92	62,49	0,60	0,95	0,76	657,50	803,90
11/set	25,52	112,82	139,43	8,92	62,49	0,51	1,13	0,93	709,90	854,80

Amostra 02:

Amostra coletada em uma estrada de terra da unidade escolar, alta compactação e granulometria siltosa-argilosa.

Tabela 2 – Ensaio da Amostra 02

Amostra 02										
Data	Volume de água (ml)			Diâmetro do Becker (cm)	Seção do (cm²)	Percolação (ml/s)			Peso (gramas)	
	50	100	150			50	100	150	Inicial	Final
27/ago	52,39	309,52	281,00	8,92	62,49	1,05	3,10	1,87	734,20	906,50
28/ago	43,90	192,13	324,60	8,92	62,49	0,88	1,92	2,16	719,10	874,30
29/ago	49,93	199,41	316,25	8,92	62,49	1,00	1,99	2,11	746,20	880,00
01/set	47,76	221,39	364,70	8,92	62,49	0,96	2,21	2,43	754,00	899,50
08/set	58,62	260,73	444,27	8,92	62,49	1,17	2,61	2,96	762,00	909,00
09/set	81,64	354,67	538,52	8,92	62,49	1,63	3,55	3,59	735,10	880,60
10/set	64,74	305,33	546,19	8,92	62,49	1,29	3,05	3,64	732,40	908,00
11/set	90,37	475,09	879,60	8,92	62,49	1,81	4,75	5,86	797,20	896,80

Amostra 03:

Amostra coletada atrás do Laboratório de Ensaio de Materiais, compactação baixa e granulometria arenosa grossa.

Tabela 3 – Ensaio da Amostra 03

Amostra 03										
Data	Volume de água (ml)			Diâmetro do Becker (cm)	Seção do (cm²)	Percolação (ml/s)			Peso (gramas)	
	50	100	150			50	100	150	Inicial	Final
27/ago	11,19	43,18	11,34	8,92	62,49	0,22	0,43	0,08	608,40	752,20
28/ago	10,77	60,46	8,65	8,92	62,49	0,22	0,60	0,06	610,60	758,50
29/ago	4,79	22,56	6,36	8,92	62,49	0,10	0,23	0,04	608,20	754,60
01/set	5,30	21,64	11,56	8,92	62,49	0,11	0,22	0,08	614,80	761,60
08/set	3,56	17,15	10,22	8,92	62,49	0,07	0,17	0,07	592,20	739,40
09/set	7,35	21,32	6,04	8,92	62,49	0,15	0,21	0,04	597,70	743,40
10/set	8,66	27,33	16,09	8,92	62,49	0,17	0,27	0,11	612,10	758,70
11/set	6,45	36,82	7,17	8,92	62,49	0,13	0,37	0,05	659,00	803,40

Amostra 04:

Amostra coletada no jardim de inverno da unidade de ensino, compactação baixa-média e granulometria arenosa média

Tabela 4 – Ensaio da Amostra 04

Amostra 04										
Data	Volume de água (ml)			Diâmetro do Becker (cm)	Seção do (cm²)	Percolação (ml/s)			Peso (gramas)	
	50	100	150			50	100	150	Inicial	Final
27/ago	11,34	56,06	94,74	8,92	62,49	0,23	0,56	0,63	790,70	937,20
28/ago	8,65	64,04	163,83	8,92	62,49	0,17	0,64	1,09	608,40	755,90
29/ago	6,36	37,76	80,50	8,92	62,49	0,13	0,38	0,54	777,80	911,40
01/set	11,56	43,92	81,08	8,92	62,49	0,23	0,44	0,54	614,30	760,50
08/set	10,22	26,43	43,85	8,92	62,49	0,20	0,26	0,29	601,20	747,00
09/set	6,04	20,85	29,38	8,92	62,49	0,12	0,21	0,20	590,40	736,20
10/set	16,09	49,90	73,34	8,92	62,49	0,32	0,50	0,49	601,30	75 ^o
11/set	7,17	70,87	121,10	8,92	62,49	0,14	0,71	0,81	625,80	7

4 CONCLUSÕES

De acordo com nosso estudo e pesquisa bibliográfica, podemos concluir que o tipo de solo tem ligação direta com a percolação da água no solo. Os problemas de drenagem urbana podem ser resolvidos baseando-se no tipo de solo utilizado em áreas permeáveis urbanas, para que a água possa se infiltrar com maior facilidade no solo. No nosso estudo, percebemos que os solos com menor compactação e maior

granulometria obtiveram maiores percolações médias, mostrando que eles são os tipos mais eficientes para áreas permeáveis.

Para que as áreas permeáveis possam realmente cumprir sua função, elas devem ser preparadas com solos variados em sua granulometria, preferencialmente evitando solos muito compactados e os solos argilosos e siltosos, dando preferência a solos com granulometria mais grossa e pouca compactação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 6023: Informação e documentação — Referências — Elaboração. Rio de Janeiro: (2018).

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações – Editora LTC, 6ª edição, Rio de Janeiro: (1996).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM: DNER-ME 041: Solos – Preparação de Amostras para Ensaio de Caracterização. São Paulo: (1994).

MANUAL DE DRENAGEM URBANA – Região Metropolitana de Curitiba: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recurso Hídricos. Paraná: (2002).

PINTO, Carlos de Souza. Curso de Mecânica dos Solos – Fábrica de Textos, 3ª edição, São Paulo: (2006).

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDÁI: Lei nº 9.321: Plano Diretor do Município de Jundiaí. Jundiaí: (2019).

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDÁI: Lei Federal nº 10.257: Estatuto das Cidades. Jundiaí: (2001).

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDÁI: Tabelas de Índices Pluviométricos: Unidade de Gestão da Casa Civil, Proteção e Defesa Civil. Jundiaí: (2024).

AB'SABER, A. N. (2003). Os domínios de natureza no Brasil. São Paulo: Ateliê Editorial.

OLIVEIRA, M. T.; TAVARES, R. M. (2019). Drenagem Urbana Sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 24(2).

PINTO, F. R. et al. (2016). Infiltração da água no solo e sua relação com tipos de uso. Revista Ambiente & Água.

SANTOS, J. F. et al. (2017). Métodos de medição da capacidade de infiltração do solo. Revista de Geociências.

TUCCI, C. E. M. (2008). Gestão da água urbana. Porto Alegre: UFRGS Editora.