



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
DOI 10.22533/at.ed.3061925061	
CAPÍTULO 2	13
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
DOI 10.22533/at.ed.3061925062	
CAPÍTULO 3	26
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
DOI 10.22533/at.ed.3061925063	
CAPÍTULO 4	37
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3061925064	
CAPÍTULO 5	51
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.3061925065	
CAPÍTULO 6	61
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
DOI 10.22533/at.ed.3061925066	

CAPÍTULO 7	69
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
DOI 10.22533/at.ed.3061925067	
CAPÍTULO 8	80
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
DOI 10.22533/at.ed.3061925068	
CAPÍTULO 9	95
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
DOI 10.22533/at.ed.3061925069	
CAPÍTULO 10	104
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
DOI 10.22533/at.ed.30619250610	
CAPÍTULO 11	116
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
DOI 10.22533/at.ed.30619250611	

CAPÍTULO 12 133

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros
Renata de Moraes Farias
Palloma Borges Soares
Ana Sofia Oliveira Japiassu
Andressa Fiuza de Souza
Igor Guimarães Matias

DOI 10.22533/at.ed.30619250612

CAPÍTULO 13 144

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva
Daiara Luiza Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.30619250613

CAPÍTULO 14 157

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho
Ricardo Antonio de Rezende
Cibele Tunussi
Marcos Vinicius Agapito Mendes

DOI 10.22533/at.ed.30619250614

CAPÍTULO 15 163

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes
Rafael Bergjohann
Luiz Carlos de Campos

DOI 10.22533/at.ed.30619250615

CAPÍTULO 16 176

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva
Raduan Krause Lopes
Fabiano Medeiros Da Costa

DOI 10.22533/at.ed.30619250616

CAPÍTULO 17 192

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues
Dilson Nazareno Pereira Cardoso
Abel Jorge Rodrigues Ferreira
Edinaldo José de Sousa Cunha
Bruno Marques Viegas
Edilson Marques Magalhães
José Antônio da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.30619250617

CAPÍTULO 18 200

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira
Talita Luana de Andrade
Newton Soares da Silva
Cristina Pacheco Soares
Victor Carlos Pandolfelli
Ivone Regina de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.30619250618

CAPÍTULO 19 209

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli
Paulo César Mappa
Aellington Freire de Araújo
Emerson Ricky Pinheiro
Karoline Santos da Silva

DOI 10.22533/at.ed.30619250619

CAPÍTULO 20 221

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza
Paula de Oliveira Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.30619250620

CAPÍTULO 21 232

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

DOI 10.22533/at.ed.30619250621

CAPÍTULO 22 250

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas
Djair Félix da Silva

DOI 10.22533/at.ed.30619250622

CAPÍTULO 23	262
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.30619250623	
CAPÍTULO 24	281
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.30619250624	
CAPÍTULO 25	294
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
DOI 10.22533/at.ed.30619250625	
CAPÍTULO 26	306
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
DOI 10.22533/at.ed.30619250626	
CAPÍTULO 27	325
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
DOI 10.22533/at.ed.30619250627	
CAPÍTULO 28	336
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
DOI 10.22533/at.ed.30619250628	
CAPÍTULO 29	348
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
DOI 10.22533/at.ed.30619250629	

CAPÍTULO 30	357
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
DOI 10.22533/at.ed.30619250630	
CAPÍTULO 31	371
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.30619250631	
CAPÍTULO 32	383
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
DOI 10.22533/at.ed.30619250632	
SOBRE O ORGANIZADOR	393

UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS

Marcos Túlio Fernandes

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - Minas Gerais

Glaucimar Lima Dutra

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais.

RESUMO: Determinar o coeficiente de permeabilidade do solo estudado é uma das maiores dificuldades dos engenheiros, pois diversas variáveis podem interferir significativamente no resultado. Visto estas dificuldades e as diversas técnicas existentes para se determinar esta propriedade do solo, o presente trabalho tem por finalidade avaliar a utilização de um modelo de permeâmetro de tubo para a determinação da permeabilidade de camadas superficiais do solo. Para se chegar a esta avaliação foram realizados ensaios com o uso do permeâmetro em três solos ambos situados no município de Viçosa-MG. Ao comparar os resultados encontrados com o permeâmetro de tubo com os obtidos em laboratório observou-se que, com exceção do solo presente na área do ETA, os resultados de campo foram maiores do que os de laboratório, tendo uma variação de 446% maior no solo do AE e 233% maior no solo da VS. Apesar de apresentarem um coeficiente de permeabilidade maior do que os de laboratório o permeâmetro

de tubo se mostrou eficiente em determinadas circunstâncias em que se empregue um coeficiente de segurança alto.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de Permeabilidade, Ensaios de Campo, Percolação de Água.

ABSTRACT: To determine the coefficient of permeability of the studied ground is one of the biggest difficulties of the engineers, since several variables can interfere significantly in the result. Considering these difficulties and the various existent techniques in order that this property of the ground is determined, the present work has since finality values the use of a tube permeameter model for the determination of the permeability of superficial layers of the ground. To approach to this evaluation there were carried out tests with the use of the tube permeability in three grounds both situated in the local authority of Viçosa-MG. While comparing the results obtained with the tube permeameter with those obtained in the laboratory, it was observed that, with the exception of the present ground in the area of the ETA, the field results were higher than the laboratory results, having a higher variation of 446 % in the ground of the AE and a higher variation of 233 % in the ground of the VS. Although they have a higher permeability coefficient than the laboratory, the tube permeability has proved to be efficient

under certain circumstances in what a coefficient of tal security guard is employed.

KEYWORDS: Permeability Coefficient, Field test, Percolação of Water.

1 | INTRODUÇÃO

A velocidade com que a percolação de água ocorre é importante, pois é determinante na verificação da eficiência de barreiras de contaminantes, no cálculo do balanço hídrico e no estudo de problemas geotécnicos, como estabilidade de encostas.

A determinação do coeficiente de permeabilidade de camadas de solo natural ou camadas compactadas, visando a avaliação destas camadas como barreiras para o controle de fluxo de água ou de efluentes para as camadas subjacentes, é uma premissa para as análises de infiltração, bem como para o traçado de redes de fluxo em meios porosos saturados ou parcialmente saturados.

Segundo Stephens (1996) a velocidade de percolação da água no solo na zona não saturada depende diretamente do meio poroso, no caso o solo, das características do fluido percolado (água, chorume, etc.) e do teor de umidade no solo. Ao se tratar do meio poroso sua composição mineralógica, o índice de vazios, o tamanho dos grãos (areia ou argila) e a presença de matéria orgânica, são fatores determinantes. Para se obter o valor do coeficiente de permeabilidade do solo, pode-se recorrer a ensaios de laboratório ou em campo. Em laboratório utiliza-se ensaios em permeômetros de parede rígida ou flexível, e em campo, são realizados ensaios com o permeômetro Guelph, ensaios de infiltração em furos de sondagem, dentre outros.

Dourado (2003) cita que os ensaios de laboratório têm algumas vantagens quando comparados com os ensaios de campo, por propiciarem maior controle da saturação da amostra, dos níveis de tensões efetivas, da carga hidráulica aplicada no ensaio e da direção em que o fluxo ocorre, dentre outros fatores, como o custo de realização do mesmo, sendo estes recomendados em estudos que envolvem a anisotropia dos solos, possibilitando que as amostras sejam ensaiadas em mais de uma direção. A desvantagem dos ensaios de laboratório refere-se ao efeito escala, por levar em consideração uma porção muito menor do solo.

Visto estas diferenças entre os ensaios de laboratório e campo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a utilização do permeômetro de tubo na determinação do coeficiente de permeabilidade de uma camada superficial de solo. Para se determinar a eficácia do método, foram realizados ensaios em três áreas localizadas no município de Viçosa-MG e comparado os ensaios obtidos com o permeômetro de tubo, com os realizados em laboratório, por meio do permeômetro de parede rígida.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

A presente pesquisa foi realizada no município de Viçosa-MG, em três locais com solos de características diferentes, sendo eles argilo, siltoso e arenoso, podendo assim ter uma melhor análise do ensaio em solos que apresentam propriedades distintas e coeficientes de permeabilidade variados.

A primeira área que foi estudada possui solo argiloso, e está localizada próxima a estação de tratamento de água (ETA) do município de Viçosa, na rua Saae. As coordenadas geográficas da área de estudo são 20°45'45.32"S e 42°52'29.04"O.

A segunda área estudada se situa na BR 356, que liga os municípios de Viçosa a Cidade de Ubá. As coordenadas do local são 20°45'20.07"S e 42°50'24.47"O e o solo presente nesta área é um solo siltoso.

A área estudada que possui solo arenoso está posicionada dentro do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em uma região denominada Vila Secundino, localizada entre o Departamento de Zootecnia e o de Medicina e Enfermagem, com coordenadas geográficas 20°45'47.92"S e 42°51'29.15"O.

2.2 Caracterização das Áreas de Estudo

Nas presentes áreas estudadas foram realizados ensaios de caracterização geotécnica, que tem por finalidade determinar certas propriedades do solo que possam interferir nos resultados dos ensaios de permeabilidade.

Os ensaios de caracterização que foram realizados são: granulometria, massa específica dos sólidos e limites de Atterberg. Além disto, foram feitos ensaios de compactação para obtenção da curva de compactação. Os resultados dos ensaios podem ser vistos na Tabela 1.

Propriedades	Solo		
	ETA	AE	VS
γ_s (kN/m ³)	27,30	29,68	26,23
$\gamma_{dm\acute{a}x}$ (kN/m ³)	13,90	13,23	17,28
$w_{m\acute{a}x}$ (%)	32,45	32,00	14,60
LL (%)	76	71	N/P
LP (%)	45	48	N/P
Percentual de Argila (%)	73	31	10
Percentual de Silte (%)	5	48	20
Percentual de Areia (%)	22	21	70

N/P - não plástico

Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização.

Com base nos resultados de caracterização constatou-se, através da classificação

textural desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), como sendo argila, o solo do ETA, argila lemo siltosa, o solo do AE e lemo arenoso o solo presente na Vila Secundino.

2.3 Ensaio com o Permeâmetro de Tubo

A execução do ensaio com o permeâmetro de tubo aberto começa com a perfuração do furo, de aproximadamente 65 cm de diâmetro (que é o diâmetro do tubo) e 10 cm de profundidade (que é a profundidade que se deseja determinar o valor do coeficiente de permeabilidade), como visto na Figura 1.



Figura 1. Preparação do furo.

Após a perfuração do furo o tubo é cravado, para que o mesmo entre justo no furo. No momento desta cravação foi instalado uma luva metálica em sua ponta, para não danificar o tubo nesta etapa.

Para impedir o retorno da água à superfície no momento do ensaio, criando um fluxo preferencial entre o tubo e a parede do furo, foi colocada argila bentonita seca ao redor do tubo no momento da cravação, criando uma camada impermeável quando se inicia o ensaio e se umedece a bentonita seca. Para garantir a verticalidade do tubo foi feito um atirantamento do mesmo através de um elástico e fixadores metálicos. O exemplo de montagem pode ser visto na Figura 2.



Figura 2. Ensaio Montado.

Após a montagem de todo o equipamento realiza-se o enchimento do tubo com água e aguarda um determinado tempo para que ocorra a saturação, que, dependendo do tipo do solo, pode demorar dias ou até mesmo não ocorrer a saturação de campo. O solo é tido como saturado quando as leituras de rebaixamento do nível de água no tudo se repetam no mínimo quatro vezes, para um dado intervalo de tempo e para uma mesma carga inicial. Para realizar estas leituras foi instalada no tubo uma mangueira transparente que conectava a base e o topo do tubo marcando o nível de água no interior do mesmo e ao lado desta mangueira foi fixada uma régua graduada para a realização das leituras com precisão, como pode ser visto na Figura 3.

Durante a realização das leituras era feita a medição da temperatura da água dentro do tubo para que seja feita a correção do coeficiente de permeabilidade, convertendo o mesmo para uma temperatura de 20°C, multiplicando o valor encontrado no ensaio por um fator de correção.

Para impedir o contato direto do sol com o equipamento é recomendado a utilização de um guarda sol, reduzindo a variação climática no decorrer do ensaio. A água utilizada no ensaio é livre de contaminantes e sólidos em suspensão que possam influenciar no ensaio.



Figura 3. Régua graduada para auxiliar na realização das leituras.

Os cálculos foram feitos utilizando a Equação 1, expressada por Hoek e Bray (1981). A obtenção dos parâmetros do ensaio pode ser vista na Figura 4.

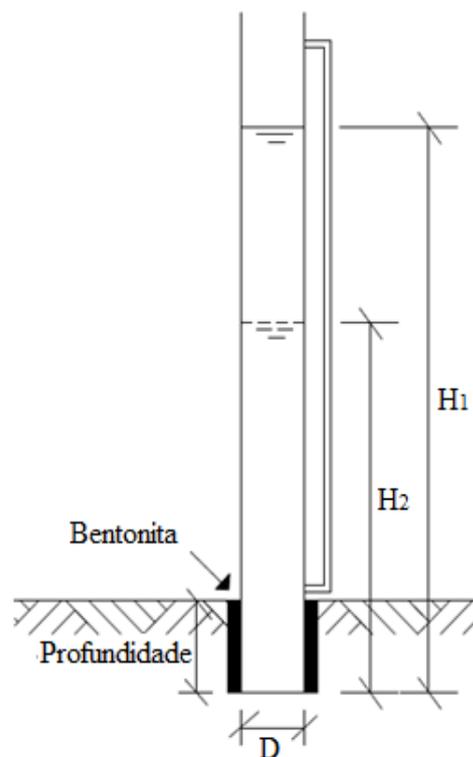


Figura 4. Detalhe do ensaio com o Tubo.

Para o caso do estudo que o fluxo foi promovido por uma carga variável o coeficiente de permeabilidade (K) pode ser calculado em campo pela Equações 1:

$$K = \frac{A}{F(T_2 - T_1)} \text{LN} \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \quad (1)$$

Sendo:

A = área da seção interna do revestimento do furo ou, em caso de não haver revestimento, do furo;

F = Fator de forma (depende da condição do fundo do furo; e

H₁ e H₂ = são as alturas do nível da água nos tempos T₁ e T₂ (podem ser referentes ao fundo do furo ou ao nível de água freático).

No ensaio que foi realizado foi utilizado o fator de forma expresso pela Equação 2, pois se enquadra no caso em que o revestimento se encontra no fundo do furo sem um trecho livre de ensaio.

$$F = 2,5 D \quad (2)$$

Em que:

F = Fator forma; e

D = Diâmetro.

Em cada área de estudo foram executados três ensaios com o permeâmetro de tubo, para poder assim retirar a média dos valores encontrados.

Com os dados do (K_{méd}) encontrado nos ensaios de laboratório foi recalculado um novo fator de forma (F) para comparar com o expressado na literatura.

2.4 Ensaio de Permeabilidade em Laboratório

Nos locais de estudo foram retirados blocos de solos, seguindo as recomendações da ABNT NBR 9604:1986, para que fosse realizado ensaios de permeabilidade em laboratório.

A partir dos blocos retirados foram moldados os corpos de prova com 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, para a realização dos ensaios em permeômetros de parede rígida. Em cada área de estudo foram moldados três corpos de prova para a realização dos ensaios. A Figura 5 demonstra a retirada dos blocos e moldagem dos corpos de prova para os ensaios.



Figura 5. Retirada dos blocos e moldagem dos corpos de prova.

Os ensaios foram realizados em permeômetros de parede rígida, seguindo as orientações da ABNT NBR 14545:2000, sob carga variável, promovendo o fluxo de forma ascendente para melhor eficácia no processo de saturação. O exemplo de montagem do ensaio com o permeômetro rígido pode ser visto na Figura 6.

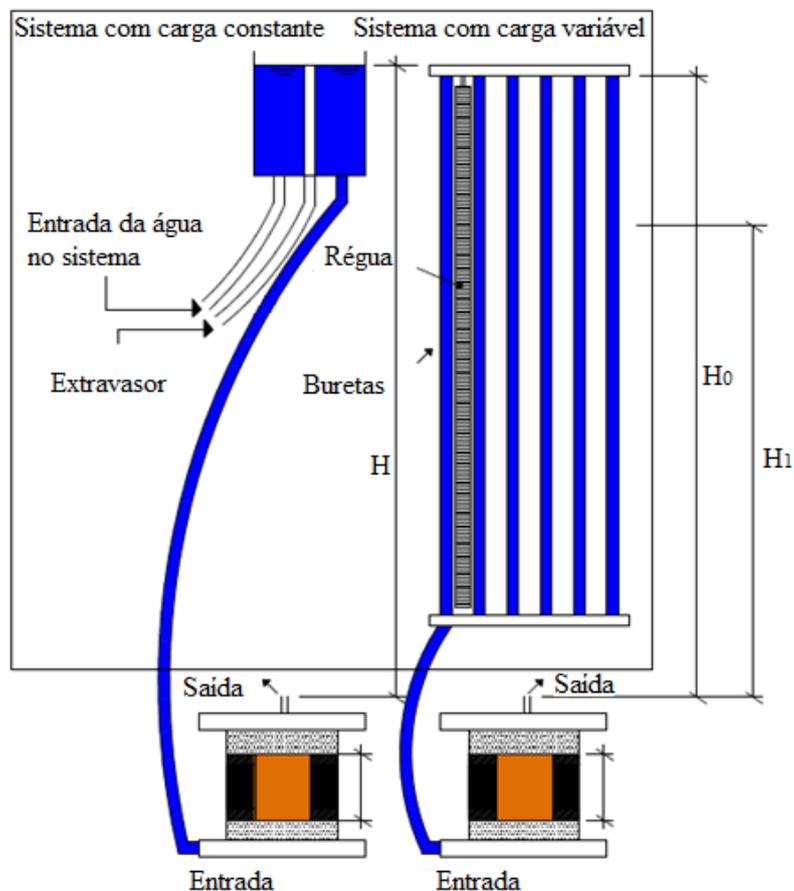


Figura 6. Esquema de montagem do ensaio em permeômetro de parede rígida.

Após a montagem da câmara com o corpo de prova é realizado o processo de saturação e leituras de vazão. O ensaio inicia-se com o enchimento das buretas com água (a água utilizada deve ser filtrada) realizando baixos incrementos de carga,

tomando o devido cuidado para não promover uma carga hidráulica que venha a causar *piping* na amostra, e faz-se as leituras dos níveis de água inicial e final, após um dado intervalo de tempo, ou então, anota-se o tempo gasto para que o nível de água desça de uma dada altura inicial até uma final, sendo que, para melhor controle, a leitura inicial deve ser sempre a mesma.

É considerado que o corpo de prova atingiu um estado de saturação quando se obtém quatro leituras iguais de vazão para a mesma carga hidráulica. No decorrer do ensaio é anotado o nível de água inicial, o final, o tempo de ensaio e a temperatura da água. Com os dados coletados nos ensaios é possível obter os coeficientes de permeabilidade, calculados pela Equação 3.

$$K = 2,1 \frac{La}{A \cdot T} \text{Log} \frac{H_0}{H_1} \quad (3)$$

Em que:

L: comprimento do corpo de prova;

A: área da seção transversal do corpo de prova;

H_0 : altura inicial da água no tubo de carga no tempo T_0 ;

H_1 : altura final da água no tubo de carga no tempo T_1 ; e

T: tempo de ensaio ($T_0 - T_1$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados dos Ensaios com o Permeâmetro de Tubo

A Tabela 2 demonstra os resultados obtidos nos ensaios de campo realizados com o permeâmetro de tubo a carga variável.

Local	K (cm/s)			CV
	1°	2°	3°	
ETA	9,80E-05	2,64E-05	4,41E-05	66%
AE	4,73E-04	6,66E-04	2,75E-04	41%
VC	1,33E-03	1,19E-03	1,11E-03	9%

Tabela 2. Resultado dos ensaios com o Permeâmetro de Tubo.

Com base nos resultados encontrados pode-se verificar que o solo do ETA e do AE apresentaram coeficientes de variação de 66 e 41%, sendo estes maiores do que o da VS que apresentou CV de 9%, podendo ser devido à heterogeneidade dos solos estudados. Embora tenha apresentado um alto valor de CV nas áreas do ETA e do AE, todos os resultados se mantiveram na mesma ordem de grandeza.

3.2 Comparação dos Resultados Obtidos no Campo com o Permeâmetro de Tubo com os de Laboratório

Por meio dos resultados dos ensaios realizados em campo, pode-se compará-los com os encontrados em laboratório.

A Tabela 3 demonstra a comparação entre os resultados obtidos pelo permeâmetro de parede rígida, a partir de amostras moldadas na vertical, com os do permeâmetro de tubo.

Coeficientes de permeabilidade			Local		
ETA AE VS					
Permeâmetro de Tubo K (cm/s)	1°	9,80E-05	4,73E-04	1,33E-03	
	2°	2,64E-05	6,66E-04	1,19E-03	
	3°	4,41E-05	2,75E-04	1,11E-03	
Permeâmetro de parede Rígida K Lab (cm/s)	1°	3,55E-04	8,17E-05	2,73E-04	
	2°	6,65E-04	9,09E-05	4,12E-04	
	3°	6,21E-05	8,63E-05	4,04E-04	
Relação K méd/ K Lab méd			0,16	5,46	3,33
Variação (%)			-84%	446%	233%

Tabela 3. Comparação entre os resultados de (K) obtidos com o Permeâmetro de Tubo e o Permeâmetro de Parede Rígida.

Os resultados encontrados com o emprego do permeâmetro de tubo apresentaram discrepância em relação aos de laboratório em quase todas as amostras. Como pode ser visto, para o solo do ETA os ensaios de laboratório resultaram em valores de (K) 84% maiores do que os de campo, algo pouco comum, pois os ensaios de campo tendem a apresentar valores maiores do que os de laboratório. Esta discrepância pode ter ocorrido devido ao fato de haver uma camada compactada presente na superfície da área do ETA ou devido ao fato de, no momento da retirada das amostras que, por se tratar de um solo argiloso, apresentou trincas devido à retração.

Nos solos da VS e do AE os ensaios de campo apresentaram valores de (K) maiores, o que era de se esperar, por se tratar de um ensaio onde o fluxo ocorre em todas as direções não somente em uma direção como nos de laboratório, dentre outros fatores inerentes da execução do ensaio. No VS os valores de (K) de campo foram 3,33 vezes maiores (233%), enquanto que no AE este valor foi de 5,46 (446%). Esta variação pode ter ocorrido devido à distância entre a base do tubo e a superfície ser pequena, gerando um bulbo saturado que extrapole a superfície, e também, por não haver um trecho livre de ensaio, sendo a base do furo e do tubo a mesma, devido à necessidade de se ensaiar uma camada superficial, podendo ter interferido na acurácia das leituras.

3.3 Comparação Entre o Fator (F) Ajustado ao Ensaio de Laboratório com o da Literatura

No cálculo do coeficiente de permeabilidade (K) entra um fator (F) devido à forma, que depende das condições do ensaio. Para ajustar o fator (F), para que o valor de (K) encontrado em campo se aproxime do de laboratório, foi feita uma retroanálise a partir do valor de (K) médio encontrado em laboratório, como pode ser visto na Tabela 4.

Local	Dados	Determinações		
		1º	2º	3º
ETA	K Lab méd (cm/s)	3,60E-04	3,60E-04	3,60E-04
	F	0,75 D	0,20 D	0,34 D
	F méd		0,43 D	
	Kx (cm/s)	6,20E-04	1,68E-04	2,82E-04
AE	K Lab méd (cm/s)	8,63E-05	8,63E-05	8,63E-05
	F	15,09 D	21,21 D	8,76 D
	F méd		15,02 D	
	Kx (cm/s)	8,67E-05	1,22E-04	5,03E-05
VS	K Lab méd (cm/s)	3,63E-04	3,63E-04	3,63E-04
	F	10,06 D	9,01 D	8,43 D
	F méd		9,17 D	
	Kx (cm/s)	3,98E-04	3,57E-04	3,34E-04

Tabela 4. Fator (F) e Coeficiente de Permeabilidade (K_x), calculado com o novo fator (F).

Como visto na Tabela 4, todos os fatores de forma se mostraram diferentes do que o apresentado no livro de Hoek e Bray (1981), que é $F = 2,75 D$, sendo D o diâmetro do furo. Para o solo do ETA o fator de forma foi menor, devido ao coeficiente de permeabilidade de campo ter dado menor do que o de laboratório, sendo este de 0,43 D. Para o solo do AE e do VS estes fatores de forma foram maiores, sendo de 15,02 D para o AE e 9,17 D para a VS, pois ambos demonstraram um coeficiente de permeabilidade de campo maior do que o de laboratório. Apesar da quantidade de ensaios ser pequena pode ser notado que o fator (F) não varia apenas com as condições de ensaios, mas também com o solo e sua estrutura.

4 | CONCLUSÃO

Avaliando o coeficiente de permeabilidade encontrado com o permeâmetro de tubo foi possível constatar que, com exceção da área do ETA, o mesmo se mostrou maior do que os obtidos com o permeâmetro de parede rígida.

Mesmo apresentando valores maiores do que os de laboratório estes não superaram uma ordem de grandeza, sendo para determinados fins aceitável, já que

determinadas aplicações, como no dimensionamento de filtros de barragens utiliza-se fatores de segurança igual a 10. O alto coeficiente de variação encontrado é normal ao se avaliar permeabilidade de solos, como constatado por Rodriguez *et al.* (2015).

Ao comparar o fator de forma (F), calculado a partir de uma retroanálise feita com os resultados de laboratório, com o da literatura, notou-se que em todos os solos estudados os fatores (F) calculados se apresentam diferentes do da literatura, retratando que a adoção deste fator baseado apenas nas condições de ensaio pode gerar erros, sendo constatado que este varia também com a estrutura do solo.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). **NBR 9604: Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas – Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ, 9p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000). **NBR 14545: Solo – Determinação do Coeficiente de Permeabilidade de Solos Argilosos a Carga Variável**. Rio de Janeiro, RJ, 12p.

Dourado, K. A. (2003). **Condutividade Hidráulica de Materiais de Baixa Permeabilidade: Desenvolvimento, Construção e Teste de um Sistema de Medida**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 89p.

Hoek, E.; Bray, J. W. (1981). **Rock Slope Engineering**. Revised third edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London, p. 137-140.

Rodriguez, T. T.; Weiss, L. A.; Teixeira, R. S.; Branco, C. J. M. C. (2015). **Permeabilidade De Solo Laterítico Por Diferentes Métodos**. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, Vol. 36, n. 2, p. 17-32.

Stephens, D. B. (1996). **Vadose Zone Hydrology**. Lewis Publishers, 339p.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-430-6

