



# 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**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**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## 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

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa  
(Faviçosa)

Viçosa – Minas Gerais

### Eduardo Souza Cândido

Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Lavras – Minas Gerais

### Roberto Francisco de Azevedo

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Viçosa – Minas Gerais

### Gustavo Armando dos Santos

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa  
(Faviçosa)

Viçosa - Minas Gerais

### Tulyo Diniz Oliveira

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa  
(Faviçosa)

Viçosa - Minas Gerais

**RESUMO:** Este artigo apresenta uma breve revisão acerca de conceitos básicos sobre a sucção e a capacidade de retenção de água em solos não saturados. O estudo objetivou determinar as curvas de retenção de água de três amostras de solos com granulometrias distintas, uma arenosa, siltosa e argilosa, utilizando-se dos métodos do papel filtro e centrífuga. Os resultados experimentais foram ajustados pelos modelos de Fredlund e Xing

(1994), Gardner (1958) e van Genuchten (1980) utilizando-se o Solver do Excel 2013. Foi verificado a correlação dos parâmetros destes modelos com o índice de plasticidade (IP) e a permeabilidade (k) dos solos. Com os resultados, pode-se observar que as correlações obtidas entre o IP e k com os parâmetros dos modelos matemáticos mostraram tendência parabólica, com notoriedade para uma constância do parâmetro n, ressaltando a baixa sensibilidade deste mesmo quando ocorre a mudança de aplicação dos modelos matemáticos e métodos de ensaio (centrífuga e papel filtro).

**PALAVRAS-CHAVE:** Curvas Características, Curvas de Retenção de Água no Solo, Método do Papel Filtro, Centrífuga.

**ABSTRACT:** This paper presents a brief review of basic concepts on suction and water retention capacity in unsaturated soils. The study aimed to determine the water retention curves of three soil samples with different granulometry, a sandy, silty and clayey soil using the filter paper and centrifuge methods. The experimental results were adjusted by the models of Fredlund and Xing (1994), Gardner (1958) and van Genuchten (1980) using the Solver of Excel 2013. The correlation of the parameters of these models with the plasticity index (IP) and the permeability (k) of the soils. With the results, it can be observed that the

correlations obtained between the IP and k with the parameters of the mathematical models showed a parabolic tendency, with notoriety for a constancy of the parameter n, emphasizing the low sensitivity of this same one when the change of application of the mathematical models occurs and test methods (centrifuge and filter paper).

**KEYWORDS:** Characteristic Curves, Soil Water Retention Curves, Paper Filter Method, Centrifuge.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Mecânica dos Solos clássica atenta-se para o comportamento de solos em condições saturadas ou eventualmente secos. No entanto, muitos projetos geotécnicos envolvem solos em condições não saturadas. Para caracterizar o comportamento dos solos nesta condição através de modelagens matemáticas, torna-se necessário o conhecimento do teor de umidade volumétrico, da sucção e do coeficiente de permeabilidade.

A relação entre o teor de umidade volumétrico e a sucção é conhecida como curva de retenção de água (CRA) e a relação entre a sucção e a permeabilidade são dadas pela função de condutividade hidráulica. As medidas de sucção e permeabilidade em campo esbarram numa série de dificuldades experimentais, assim recorre-se a diferentes técnicas de laboratório (centrífuga, tensiômetros, placas de pressão, papel filtro e outras) com intuito de se conhecer o potencial matricial dentro de uma faixa suficientemente ampla para utilização prática.

A maioria dos procedimentos laboratoriais demanda semanas ou meses para determinação da CRA, o que não ocorre com o método da centrífuga, capaz de obter a curva em algumas horas ou dias, conforme demonstra Guimarães (2013) e Candido et. al (2014). Em face dessas dificuldades, pesquisadores têm buscado alternativas em modelos e correlações matemáticas que facilitem a determinação das CRA a fim de diminuir os custos e tornar os projetos de engenharia mais completos.

O objetivo deste estudo foi determinar as CRA de três solos com granulometrias distintas utilizando-se dos métodos do papel filtro e uma centrífuga de pequeno porte. Os resultados experimentais foram ajustados pelos modelos de Fredlund e Xing (1994), Gardner (1958) e van Genuchten (1980) a fim de verificar a correlação dos parâmetros destes modelos com o índice de plasticidade (IP) e a permeabilidade (k) dos materiais.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Foram coletadas três amostras de solos na microregião da cidade de Viçosa, Minas Gerais, constituindo-se de uma amostra arenosa (1), uma siltosa (2) e uma argilosa (3).

Para a realização da caracterização geotécnica dos materiais (tabela 1) foram utilizadas as normas redigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tais como a NBR 7181: 2016, NBR 6459: 2016, NBR 7180: 2016, NBR 7182: 1986 e ASTM 5298:2003.

Amostra	1	2	3
Areia (%)	60	15	26
Silte (%)	11	70	35
Argila (%)	15	5	37
LL (%)	38,2	39	63
LP (%)	23,34	31	28
IP (%)	14,86	8	35
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	26,70	27,74	27,05
$\gamma_d$ máx (kN/m <sup>3</sup> )*	18,71	16,66	15,02
Teor de Umidade Ótimo (%)*	11,80	19,40	28,72
e	0,59	0,85	1,00
*K (cm/s)	1,15E-06	1,60E-05	6,62E-07

\*Energia de compactação: Proctor Normal.

\*Valores de permeabilidade referentes à condição saturada

Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização, classificação e propriedades do solo.

## 2.2 Métodos

Para cada solo determinou-se as CRA por meio dos métodos da centrífuga (CT) e papel filtro (PF) medindo-se a sucção matricial e seguindo a trajetória de secagem. Os resultados experimentais foram avaliados através de ajustes realizados pelos modelos de Fredlund e Xing (1994), Gardner (1958) e van Genuchten (1980), com auxílio de uma ferramenta de otimização.

### 2.2.1 Método do papel filtro

Para obtenção da CRA pelo método do Papel Filtro utilizou-se da norma ASTM D5298-03 para realização dos procedimentos descritos a seguir. Basicamente o procedimento consiste em moldar, saturar e secar os corpos de provas (CPs) até valores de grau de saturação ( $S_r$ ) pré-determinados e colocá-los em contato com um papel filtro durante um determinado período de equilíbrio para se estabelecer a sucção matricial indiretamente por meio destes.

Os CPs foram moldados com um grau de compactação de 90%, saturados e deixados secar até atingirem o grau de saturação requerido, que neste trabalho foram de 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 15%, 10%, 5% e 3%.

Posteriormente os CPs foram colocados diretamente em contato com o papel filtro Whatman nº42, embalados para assegurar a impossibilidade de perda de umidade e levados para câmara úmida; para garantir que toda a água nos poros da amostra fosse

absorvida pelos poros do papel filtro.

Após 7 dias, o filme plástico que envolvia o corpo de prova foi removido e o PF foi retirado com auxílio de uma pinça, sendo colocado na balança analítica com precisão de 0,0001g para determinação do seu teor de umidade.

Após a pesagem, o papel filtro úmido foi colocado na estufa, por um período de 2 horas, a uma temperatura de 105°C. Posteriormente a secagem em estufa, o papel foi pesado para determinar o seu peso seco.

Com as informações anteriores pode-se calcular o teor de umidade do PF e com a curva de calibração do papel filtro Whatman nº42 obtidas por Chandler et al. (1992) pode-se determinar indiretamente a sucção matricial.

### *2.2.2 Método da centrífuga*

A aplicação do método da Centrífuga seguiu os procedimentos apresentados na ASTM D6527-01. Basicamente o método consiste na moldagem dos corpos de prova, saturação e centrifugação.

Inicialmente moldaram-se os CPs a partir das amostras deformadas e com um grau de compactação de 90% do Proctor normal. Saturou-se os corpos de prova borrifando água sobre a superfície dos CPs, a fim de levar a umidade gravimétrica próxima à saturação.

Previamente saturados, procedeu-se a saturação das pedras porosas para garantir que a umidade do solo fosse retirada dos CPs apenas pelos poros e preparou-se os baldes com o conjunto (CP+Pedra Porosa+Papel filtro) a uma centrifugação e consequente valor de sucção matricial, que promove uma drenagem mais rápida do fluido contido nos poros do solo. A cada velocidade de rotação, e em tempos pré-determinados, pesou-se as amostras para se calcular o teor de umidade volumétrico e assim obter a curva de retenção de água no solo.

Devido a limitação de resistência das pedras porosas utilizadas, Candido (2014) observou que para rotações acima de 2500 rpm as mesmas começavam a se quebrar, assim foram aplicadas rotações de 300, 500, 800, 1100, 1300, 1500, 1700, 1900, 2200 e 2500 rpm, correspondentes às sucções de 2,88, 8,00, 20,50, 38,76, 54,14, 72,08, 92,58, 115,64, 155,04 e 200,21 kPa para todos os solos.

### *2.2.3 Modelos matemáticos*

Os resultados experimentais foram ajustados pelos modelos de Fredlund e Xing (1994) (equação 1), Gardner (1958) (equação 2) e van Genuchten (1980) (equação 3).

$$\theta(\psi) = \theta_s \left[ 1 - \frac{\ln\left(1 + \frac{\psi}{\psi_r}\right)}{\ln\left(1 + \frac{10^6}{\psi_r}\right)} \right] \left[ \frac{1}{\ln\left(e + \left(\frac{\psi}{a}\right)^n\right)} \right]^m \quad (1)$$

$$\theta(\psi) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \frac{1}{1 + (\alpha\psi)^n} \quad (2)$$

$$\theta(\psi) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[ \frac{1}{1 + (\alpha\psi)^n} \right]^m \quad (3)$$

Onde  $\psi$ : é a carga de sucção matricial (cm);  $\theta$ : é o teor de umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  $\theta_r$ : é o teor de umidade volumétrica residual ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  $\theta_s$ : é teor de umidade volumétrica de saturação ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ),  $\psi_r$  é a sucção que corresponde à umidade volumétrica residual e  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  são parâmetros de ajuste da curva.

## 2.3 Ajustes dos modelos aos dados experimentais

Com os pontos experimentais determinados pode-se ajustar os modelos matemáticos com o auxílio da ferramenta Solver do excel 2013.

O Solver é um suplemento do Microsoft Excel utilizado em testes de hipóteses. Para o problema em questão foi aplicado na busca de um erro quadrático mínimo entre os valores calculados pelos modelos e os pontos experimentais; considerando algumas restrições nos valores dos parâmetros dos modelos.

Assim, para Fredlund e Xing variou-se  $a$ ,  $n$ ,  $m$  e  $\Psi_r$ , Gardner modificou-se  $\alpha$  e  $n$  e van Genuchten,  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$ .

## 2.4 Correlações

Conhecido os parâmetros ajustados dos modelos foi realizado um estudo estatístico para avaliar o comportamento dos mesmos para cada metodologia adotada. Além disso, foram analisadas as correlações entre os parâmetros de cada modelo/tipo de solo com os respectivos índices de plasticidade e permeabilidade.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSAO

Com base nos resultados apresentados nas figuras 1, 2 e 3 pode-se mostrar que apesar da limitação da centrífuga, o equipamento permanece válido para aplicações práticas, pois como destacado por Guimarães (2013) quando há predominância de solo argiloso, estes se encontram normalmente no campo com grau de saturação acima de 85%; portanto acima dos valores residuais.



Para obter as curvas de retenção de água no solo até a umidade residual, Guimarães (2013) propôs incluir um ponto aos obtidos com a centrífuga, que seria calculado por meio do papel filtro. Como pode ser observado, a inserção deste ponto residual proporcionou uma aproximação destas curvas às obtidas pelos métodos tradicionais.

As curvas de retenção de água obtidas pelo método do papel filtro e centrífuga se ajustaram consideravelmente bem.

Existem diversos fatores que influenciam nas curvas de retenção de água, baseado unicamente na granulometria dos solos verificou-se uma concordância das CRAs obtidas com as curvas propostas pela literatura.

Os resultados obtidos pelo método centrífugo ficaram bem próximos dos valores alcançados com o método do papel filtro, dentro da faixa de valores que o equipamento desenvolvido consegue trabalhar.

Comparando as CRAs em relação as características de moldagem (grau de compactação e desvio de umidade), as curvas apresentaram o mesmo comportamento.

### **3.1 Ajustes realizados**

Pode-se observar que todos os modelos conseguiram reproduzir bem os pontos experimentais com erros de no máximo 10% para o método do papel filtro e 7% para centrífuga.

Comparando-se as CRA ajustadas por tipo de solo percebe-se que em geral as curvas são bem concordantes, exceto no trecho final da CRA obtida pela centrífuga, o que era de se esperar, uma vez que o limite da mesma é de aproximadamente 200 kPa de sucção, não permitindo assim bom ajuste dos modelos para valores superiores. No entanto, a aplicação da centrífuga com um ponto residual determinado pelo PF fez com que o erro passasse de 23% para 10%, tornando-se todos os ajustes concordantes. Na figura 1 é mostrado os ajustes realizados das três amostras (argilosa, siltosa e arenosa) para os métodos centrífuga e papel-filtro de acordo com o modelo de Gardner (1958).

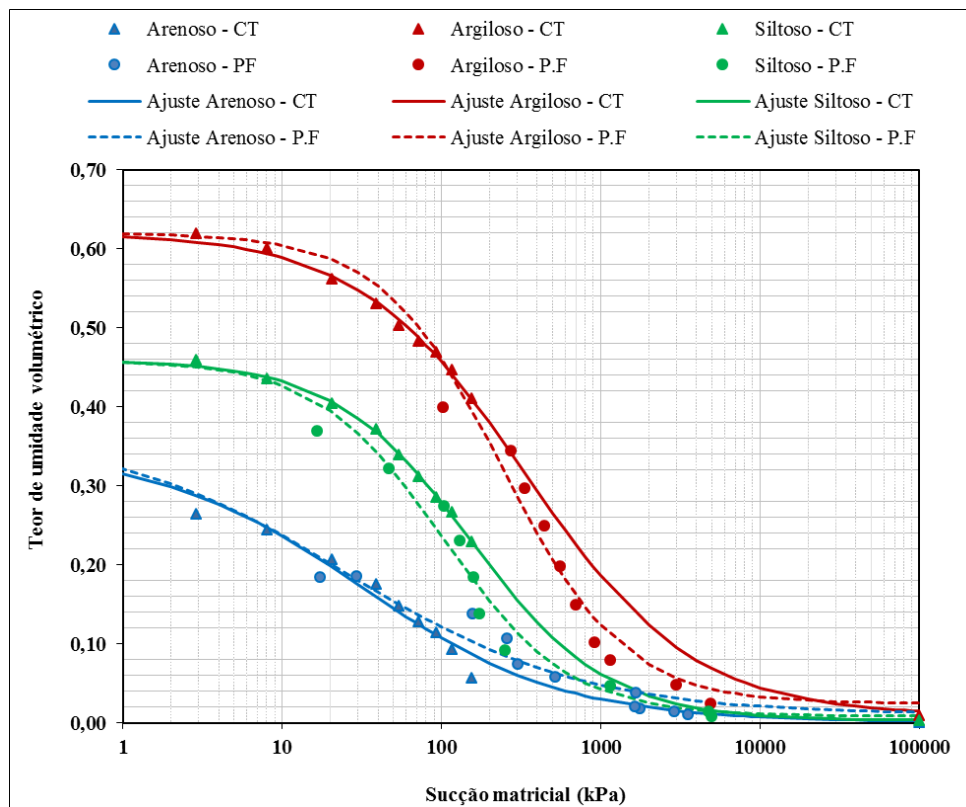


Figura 1 - Ajustes das Curvas de Retenção de Água para o modelo de Gardner (1958)

Na Figura 2 é mostrado os ajustes realizados das três amostras (argilosa, siltosa e arenosa) para os métodos centrífuga e papel-filtro de acordo com o modelo de van Genutchen (1980).

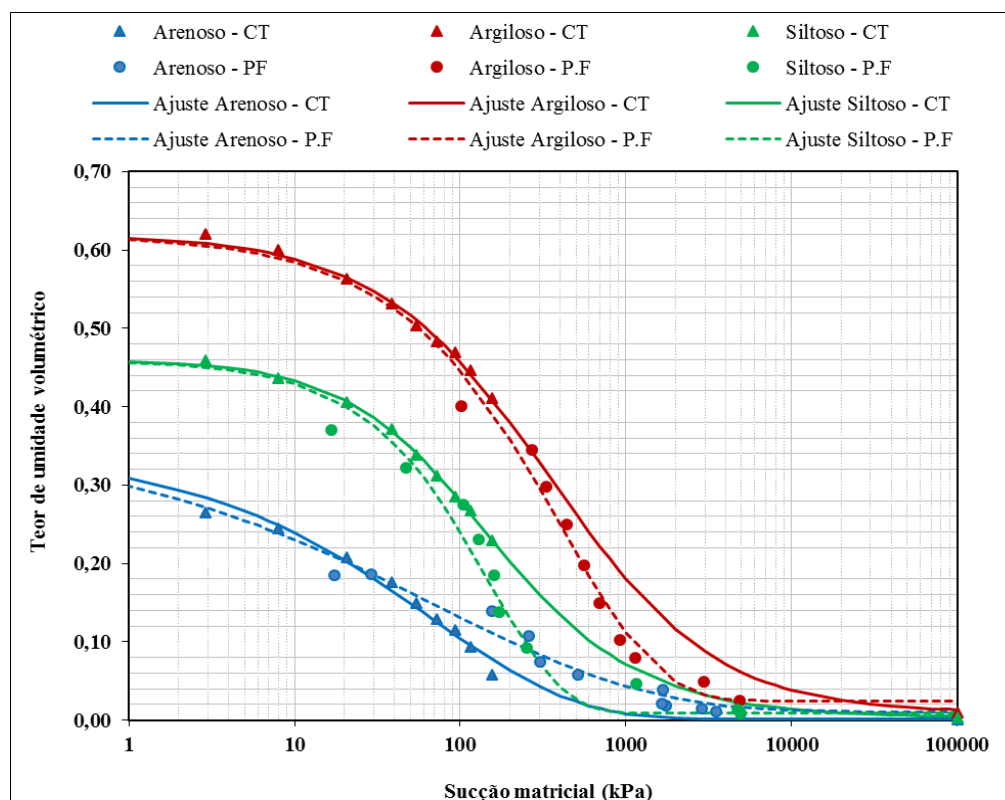


Figura 2- Ajustes das Curvas de Retenção de Água para o modelo de van Genutchen (1980)

Na Figura 3 estão apresentados os ajustes realizados das três amostras (argilosa, siltosa e arenosa) para os métodos centrífuga e papel filtro de acordo com o modelo de Fredlund e Xing (1994).

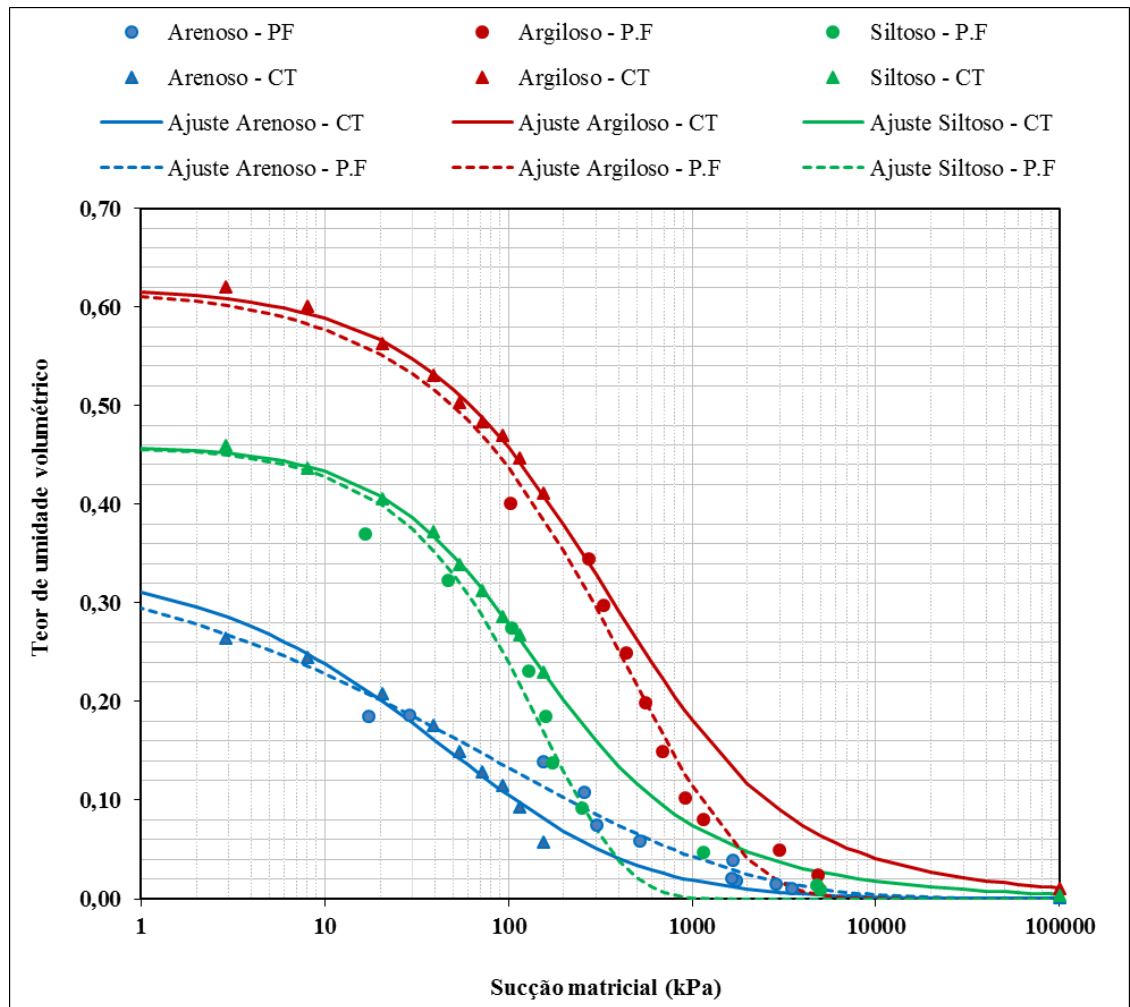


Figura 3- Ajustes das Curvas de Retenção de Água para o modelo de Fredlund e Xing (1994)

### 3.2 Correlações realizadas

Com base nas tabelas 2 e 3 e nas figuras 4 e 5 pode-se notar que as correlações obtidas entre o índice de plasticidade e o coeficiente de permeabilidade com os parâmetros dos modelos houve tendência parabólica. Além disso, verificou-se que há uma constância do parâmetro  $n$ , tanto para Gardner (1958), Fredlund e Xing (1994) e van Genutchen (1980).

Amostras Centrífuga			
Correlação	Modelo	Expressão correlacionada	$R^2$
IP	Fredlund and Xing (1994)	$a = -0,349 IP^2 + 15,672IP - 1,8755$	1
		$n = 0,003IP^2 - 0,1345IP + 1,9259$	1
		$n = -0,0263IP^2 + 1,1096IP - 5,4013$	1
		$\psi = 1E+06IP^2 - 3E+07IP + 2E+08$	1
	Gardner (1958)	$\alpha = -0,0002IP^2 + 0,0081IP - 0,046$	1
		$n = 0,002IP^2 - 0,0938IP + 1,6374$	1
	van	$\alpha = 5E-05IP^2 - 0,0025IP + 0,0262$	1
	Genutche n (1980)	$n = 0,0034IP^2 - 0,1577IP + 2,1096$	1
		$n = -0,2902IP^2 + 12,513IP - 80,751$	1
	Amostras Papel Filtro		
Correlação	Modelo	Expressão correlacionada	$R^2$
IP	Fredlund and Xing (1994)	$a = 111254IP^2 - 5E+06IP + 5E+07$	1
		$n = 0,0047IP^2 - 0,199IP + 2,2597$	1
		$m = 1317,2IP^2 - 62045IP + 631224$	1
		$\Psi = 15123IP^2 + 506900IP - 3E+06$	1
	Gardner (1958)	$\alpha = -0,0002IP^2 + 0,0095IP - 0,0513$	1
		$n = 0,0046IP^2 - 0,1812IP + 2,2536$	1
	van	$\alpha = 4E-07IP^2 - 2E-05IP + 0,0002$	1
	Genutche n (1980)	$n = 0,0048IP^2 - 0,201IP + 2,2869$	1
		$m = 0,4164IP^2 - 20,239IP + 235,94$	1

Tabela 2. Correlações obtidas pelo IP para todos os parâmetros dos modelos matemáticos.

Amostras Centrífuga			
Correlação	Modelo	Expressão correlacionada	$R^2$
k	Fredlund and Xing (1994)	$a = -5E+12k^2 + 8E+07k + 68,706$	1
		$n = 4E+10k^2 - 621325k + 1,2492$	1
		$\psi = 1E+20k^2 - 2E+15k + 2E+093$	1
		$m = -5E+11k^2 + 9E+06k - 4,589$	1
	Gardner (1958)	$\alpha = -4E+09k^2 + 65561k - 0,0383$	1
		$n = 2E+10k^2 - 304972k + 1,0143$	1
	van	$\alpha = 2E+08k^2 - 3240,2k + 0,0035$	1
	Genutche n (1980)	$n = 4E+10k^2 - 576078k + 1,1373$	1
		$m = -5E+12k^2 + 9E+07k - 55,374$	1
	Amostras Papel Filtro		
Correlação	Modelo	Expressão correlacionada	$R^2$
k	Fredlund and Xing (1994)	$a = 2E+18k^2 - 3E+13k + 4E+07$	1
		$n = 9E+10k^2 - 2E+06k + 1,9646$	1
		$\psi = 3E+18k^2 - 6E+13k + 7E+07$	1
		$n = 1E+16k^2 - 2E+11k + 179617$	1
	Gardner (1958)	$\alpha = -5E+09k^2 + 84165k - 0,0509$	1
		$n = 1E+11k^2 - 2E+06k + 3,0668$	1
	van	$\alpha = 2E+08k^2 - 3240,2k + 0,0035$	1
	Genutche n (1980)	$n = 1E+11k^2 - 2E+06k + 2,1595$	1
		$m = 2E+12k^2 - 2E+07k + 53,2$	1

Tabela 3. Correlações obtidas pela k para todos os parâmetros dos modelos matemáticos.

Nas Figuras 4 e 5 são mostradas as curvas de retenção previstas a partir das correlações obtidas neste trabalho. Os dados experimentais (parâmetros) foram calculados a partir das expressões encontradas nas tabelas 2 e 3, e reproduzidos para apresentar a previsão das CRAs de cada modelo e para cada tipo de solo.

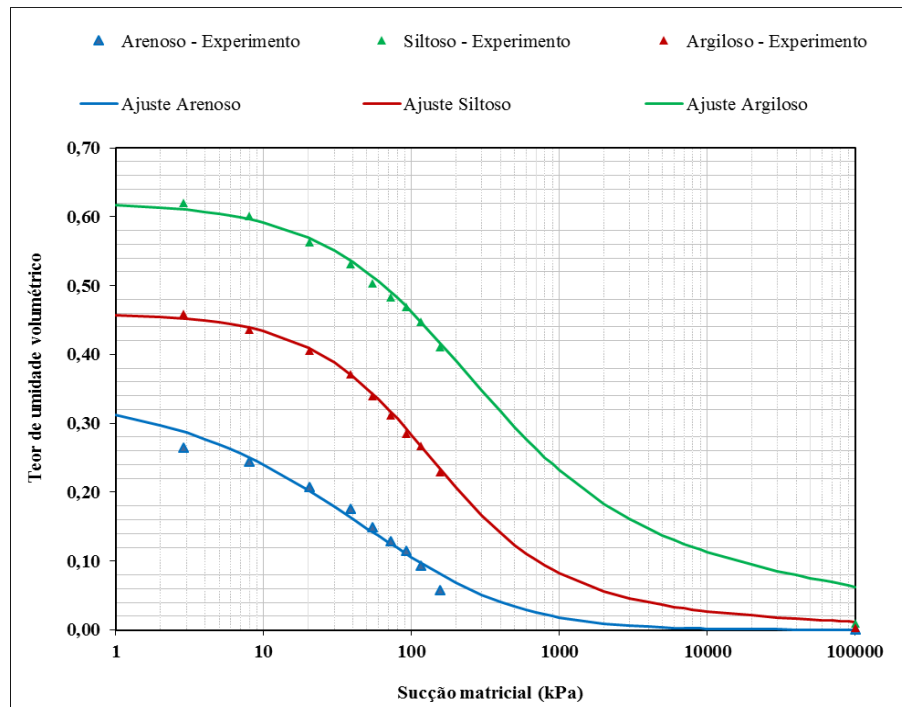


Figura 4- Previsão da curva de retenção dos três solos utilizando as correlações obtidas do Índice de Plasticidade (IP) pelo método da centrífuga para o modelo de Fredlund and Xing (1994).

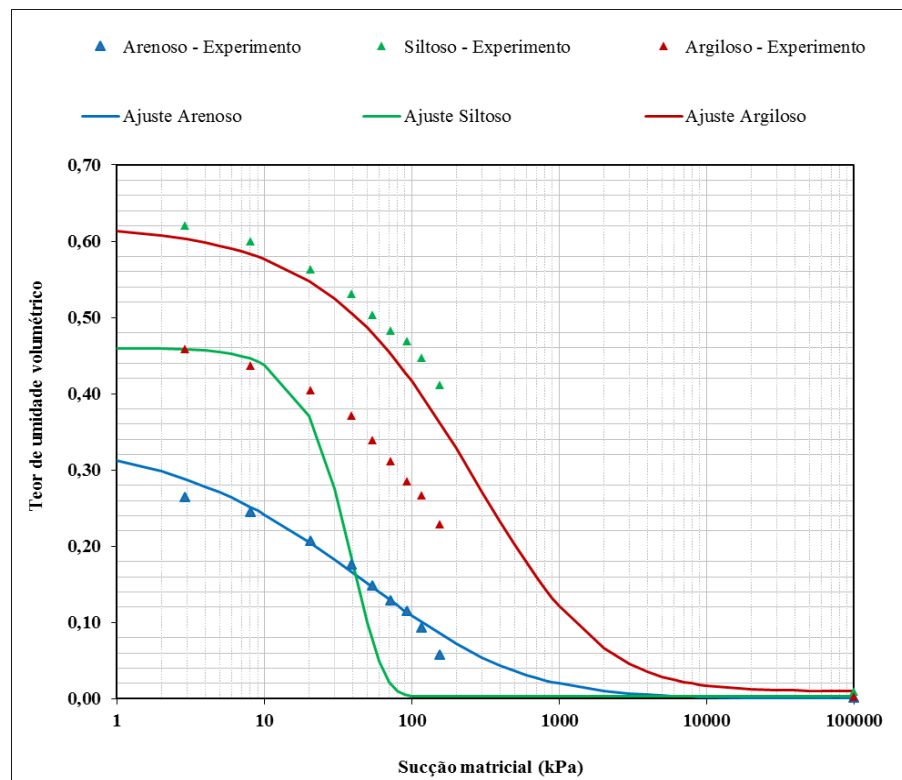


Figura 5- Previsão da curva de retenção dos três solos utilizando as correlações obtidas da permeabilidade (k) pelo método da centrífuga para o modelo de van Genuchten (1980).

Dentre os modelos utilizados, analisando de maneira global, as correlações mais concordantes foram obtidas para as propostas de van Genuchten (1980) e Fredlund e Xing (1994).

Para análises restritas, observou-se um bom ajuste da curva de previsão obtida do IP para o solo siltoso nos modelos de Fredlund e Xing (1994) e Gardner (1958). Ainda observou-se para o solo argiloso um bom ajuste da curva de previsão obtida de  $k$  para os modelos de Gardner (1958) e van Genuchten (1980).

### 3.2.1 Correlações obtidas com o Índice de Plasticidade (IP)

Para os modelos de Fredlund e Xing (1994), Gardner (1958) e van Genuchten (1980) foram obtidas correlações com o IP, através de funções parabólicas, onde  $R^2 = 1$ , utilizando-se as curvas da centrífuga e papel filtro de todos os solos. Para as três amostras ensaiadas encontraram-se coeficiente de determinação que variaram em função do parâmetro considerado ( $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $\lambda$  e  $\Psi$ ).

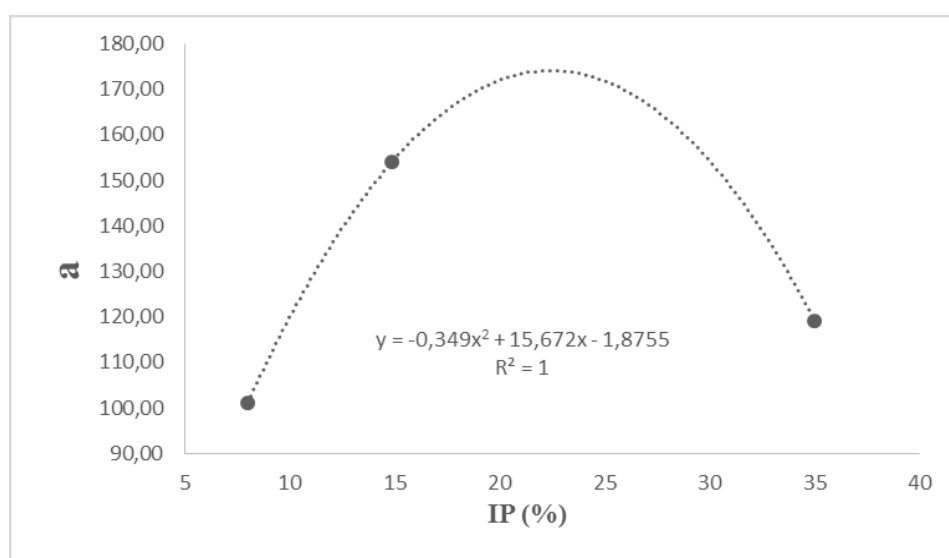


Figura 6- Correlação entre o IP dos três solos pelo método da centrífuga com o parâmetro  $\alpha$  do modelo de Fredlund and Xing (1994).

### 3.2.2 Correlações obtidas com a Permeabilidade ( $k$ )

A correlação parabólica foi obtida na correlação com a permeabilidade ( $k$ ), onde  $R^2 = 1$ , utilizando-se as curvas da centrífuga e papel filtro de todos os solos. Para as três amostras ensaiadas encontraram-se coeficiente de determinação que variaram em função do parâmetro considerado ( $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $\lambda$  e  $\Psi$ ).

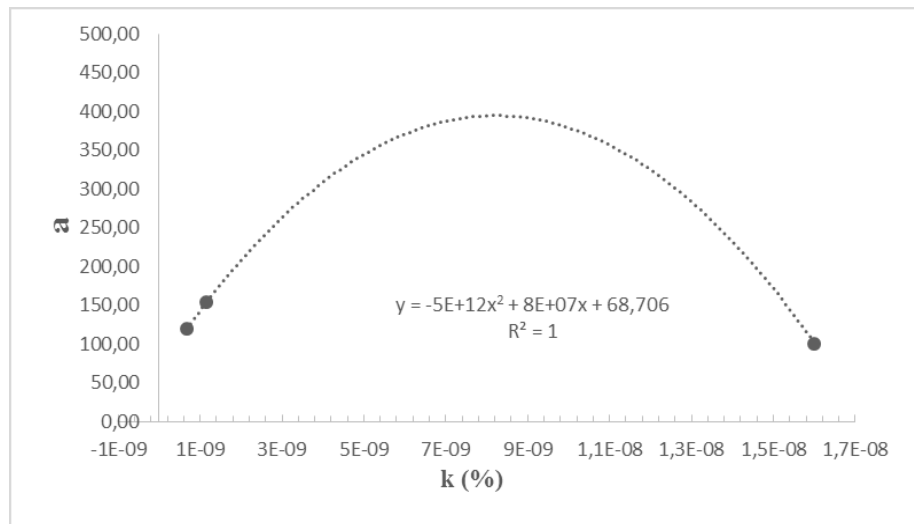


Figura 7- Correlação entre o  $k$  dos três solos pelo método da centrífuga com o parâmetro  $a$  do modelo de Fredlund and Xing (1994).

### 3.2.3 Constância do parâmetro $n$

Para o parâmetro  $n$ , correlacionado com  $IP$  e  $k$  foi observada uma faixa de variação bastante reduzida, de 0,52 a 1,07, sugerindo a possibilidade de adoção de um valor constante e ressaltando a baixa sensibilidade do parâmetro mesmo quando ocorre a mudança de aplicação dos modelos matemáticos e métodos de ensaio (centrífuga e papel filtro).

Amostras Centrífuga				
Modelo	Parâmetro	1	2	3
Fredlund and Xing (1994)	a	153,96	101,17	119,19
	n	0,58	1,04	0,85
	m	5,29	1,79	1,26
	$\Psi$	5,18 E06	991,82	73,72 E06
Gardner (1958)	$\alpha$	0,03	0,01	0,003
	n	0,69	1,02	0,82
van Genutchen (1980)	$\alpha$	1,15 E-05	0,01	1,40 E-03
	n	0,52	1,07	0,77
	m	41,1	0,77	1,73

Amostras Papel Filtro				
Modelo	Parâmetro	1	2	3
Fredlund and Xing (1994)	a	2,97 E06	18,80 E07	17,00 E08
	n	0,33	0,97	0,99
	m	84,77	73,16 E03	21,92 E04
	$\Psi$	7,41 E06	1,57 E06	1,56 E06
Gardner (1958)	$\alpha$	0,039	0,0098	0,0026
	n	0,59	1,1	1,6
van Genutchen (1980)	$\alpha$	1,16 E-06	6,13 E-05	6,50 E-05
	n	0,35	0,98	1,09
	m	27,1	100,68	37,69

Tabela 4. Parâmetros dos modelos matemáticos das CRA.

#### 4 | CONCLUSÕES

O trabalho determinou as curvas de retenção de água para três tipos de solos distintos (arenoso, argiloso e siltoso) pelos métodos da centrífuga e papel filtro e correlacionou com os parâmetros geotécnicos permeabilidade (k) e Índice de Plasticidade (IP).

Os ajustes das curvas foram realizados através dos modelos matemáticos Gardner (1958), Fredlund e Xing (1994) e van Genutchen (1980), os quais Gerscovich (2004) destaca que estes são os que melhor se adaptam a solos brasileiros.

Pode-se observar que todos conseguiram reproduzir bem os pontos experimentais com erros de no máximo 10% para o método do papel filtro e 7% para centrífuga.

Uma análise geral das correlações com o Índice de plasticidade e a permeabilidade, pode-se observar que as mais concordantes foram obtidas para as propostas de van Genutchen (1980) e Fredlund e Xing (1994). De maneira restrita, observou-se um bom ajuste da curva de previsão obtida do IP para o solo siltoso nos modelos de Fredlund e Xing (1994) e Gardner (1958). Ainda observou-se para o solo argiloso um bom ajuste da curva de previsão obtida de k para os modelos de Gardner (1958) e van Genutchen (1980).

É notório observar uma faixa de variação bastante reduzida, de 0,52 a 1,07 do



parâmetro  $n$ , correlacionado com IP e  $k$ , sugerindo a possibilidade de adoção de um valor constante.

## REFERÊNCIAS

American Society for Testing And Materials ASTM D-5298-03. **Standard test method for measurement of soil potential (suction) using filter Paper**, 2003, 6 pg.

American Society for Testing and Materials ASTM D-6527-01. **Teste method for determining unsaturated and satured hydraulic conductivity in porous media by steady-state centrifugation**. Int, West Conshohocken, PA,2000.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7181. **Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016, 12pg.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 6459. **Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016, 5pg.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7180. **Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016, 3pg.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7182. **Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986, 10pg.

Bulut, R. & Leong, E.C. **Indirect measurement of suction**. Geotech. Geol. Eng., 26:633-644, 2008.

Candido, Eduardo, et all. **Determinação de Curvas Características Utilizando uma Pequena Centrífuga e o Método do Papel Filtro**. 7 pg.

Chandler, R.J., Crilly, M.S. e Montgomery-Smith, G. (1992). **A low-cost method of assessing clay desiccation for low-rise buildings**. In: Proceedings of the ICE-Civil Engineering. Thomas Telford, 1992. p. 82-89.

Fredlund, D.G. e Xing, A. (1994). **Equations for the soil-water characteristic curve**. Canadian Geotechnical Journal, v. 31, n. 4, p. 521-532.

Gardner, W.R. (1958). **Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table**. Soil science, v. 85, n. 4, p. 228-232.

Guimaraes, L.M. (2013). **Determinação das propriedades hidráulicas em solos não saturados utilizando uma centrífuga de pequenas dimensões**. Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. 133 p.

Lucas, Juliana, et all. **Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro**. 2011, 8 pg.

Moura, S. Alfran, et. all. **Previsão de curvas de retenção por correlações com propriedades dos solos**. 2017, 7 pg.

Van Genutchten, M.T. (1980). **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Science Society of America Journal, v. 44, n. 5, p. 892-898.

Gerscovich, D. M. S. e GUEDES, M. N. **Avaliação das relações de condutividade hidráulica em solos brasileiros não saturados**. 2004, 6 pg.

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



9 788572 474306