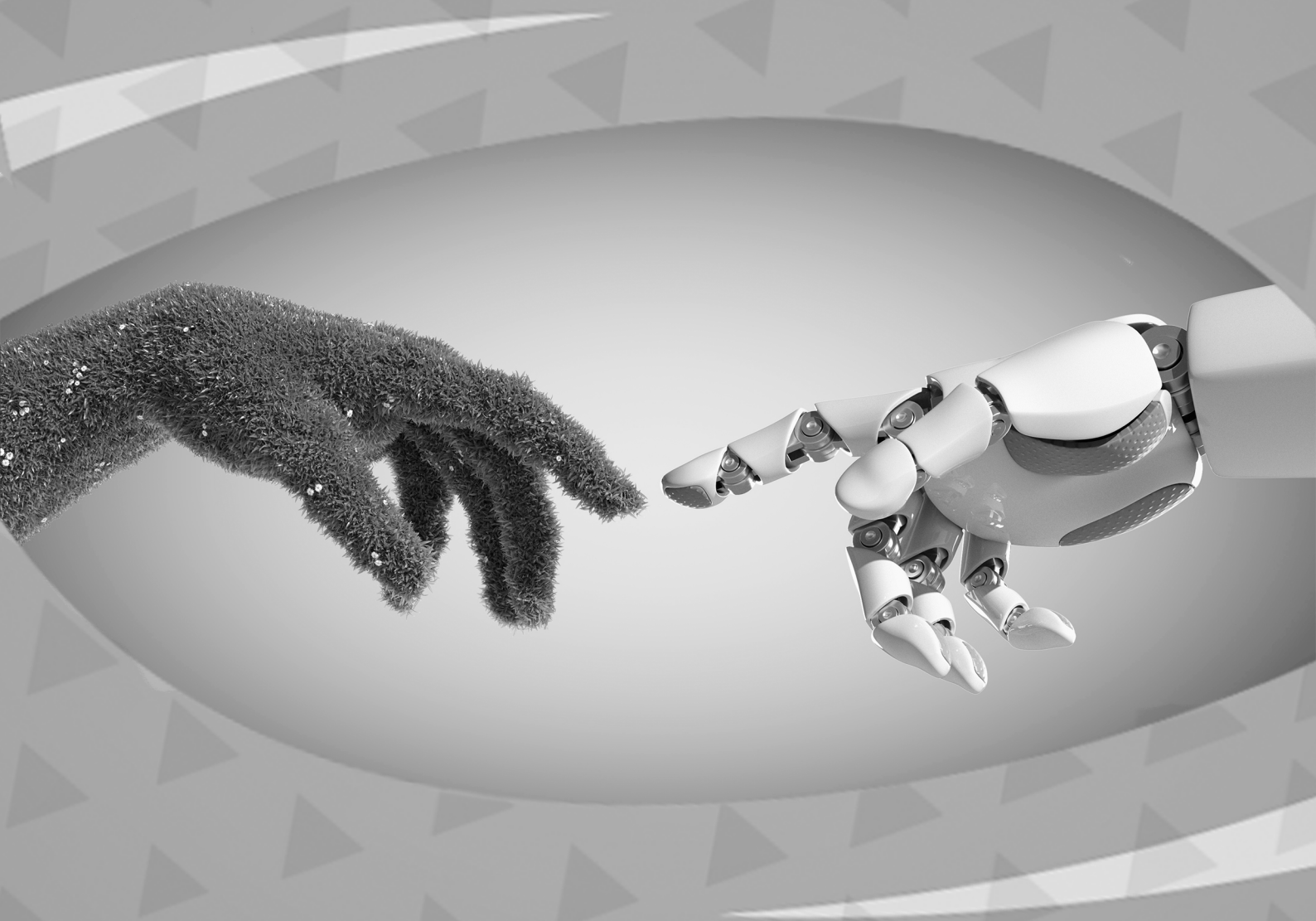


**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editores:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 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 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-087-2            DOI 10.22533/at.ed.872200806</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo.</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

A obra “As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5” contempla vinte e um capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

Pesquisas na área de engenharia elétrica trazem informações sobre transmissão, geração de energia, bem como, pesquisas visando a sustentabilidade e eficiência energética.

São apresentados trabalhos referentes a robótica, demonstrando estudos sobre ferramentas que visam a construção de equipamentos que auxiliam as pessoas a executar determinadas atividades de forma autônoma.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre suas propriedades, o que permite a utilização em diversas áreas.

Estudos sobre urbanização, influência do vento na estrutura de edificações, conforto térmico e saneamento também são objetos desta obra.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que a sociedade vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade do meio ambiente e economia. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II	
Emmanuel Moura Reis Santos Edson Guedes da Costa Luiz Antônio Magnata	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
AVALIAÇÃO DO MODELO DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ADOTADO NO BRASIL DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO	
João Carlos de Oliveira Mello Evelina Maria de Almeida Neves Dalton Oliveira Camponês do Brasil Eduardo Nery Thais Prandini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL	
Athanasio Mpalantinos Neto Carlos Ruy Nunez Barbosa Luís Adriano de Melo Cabral Domingues Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira Rafael Monteiro da Cruz Silva Júlio César A. de Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO VIÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS PLANOS ENERGÉTICOS REFERENCIAIS DO SETOR ELÉTRICO DAS NAÇÕES	
Flavio Minoru Maruyama Andre Luiz Veiga Gimenes Luiz Claudio Ribeiro Galvão Miguel Edgar Morales Udaeta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
CONSTRUÇÃO DE TURBINA DE TESLA E VALIDAÇÃO DE MODELO TEÓRICO	
Lucas Vinicius Capistrano de Souza Leonardo Haerter dos Santos Jader Flores Schmidt Moises da Silva Pereira Agnaldo Rosso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008065</b>	



**CAPÍTULO 6 ..... 64**

DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Lourival Lippmann Junior  
Rafael Wagner  
Carlos Ademar Purim  
Francisco José Rocha de Santana

**DOI 10.22533/at.ed.8722008066**

**CAPÍTULO 7 ..... 75**

O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

João Carlos de Oliveira Mello  
Thaís Melega Prandini  
Marcelo Ajzen  
Xisto Viera Filho  
Edmundo Pochman da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8722008067**

**CAPÍTULO 8 ..... 88**

UMA VISÃO DE MERCADO NA GESTÃO DE RISCOS DE CONSUMIDORES ELETROINTENSIVOS - MELHORES PRÁTICAS

João Carlos de Oliveira Mello  
Camila Câmara Lourenço  
Rodrigo Viana  
Rogério Catarinacho  
Nicolas Jardin Jr

**DOI 10.22533/at.ed.8722008068**

**CAPÍTULO 9 ..... 101**

CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Kaike Wesley Reis  
Rebeca Tourinho Lima  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.8722008069**

**CAPÍTULO 10 ..... 109**

DOOGIE MOUSE: UMA PLATAFORMA OPEN SOURCE PARA APLICAÇÃO DE ALGORITMOS INICIAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ROBÓTICA MÓVEL

Caio Alves Amaral  
Mateus dos Santos Meneses  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080610**

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

SEISMIC IMAGING USING FPGA APPLIED FOR REVERSE TIME MIGRATION

Joaquim Ranyere Santana de Oliveira  
João Carlos Nunes Bittencourt  
Deusdete Miranda Matos Junior  
Anderson Amorim do Nascimento  
Laue Rami Souza Costa de Jesus  
Georgina Gonzalez Rojas  
Rodrigo Carvalho Tutu  
Wagner Luiz Alves de Oliveira  
Silvano Moreira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.87220080611**

**CAPÍTULO 12 ..... 127**

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Gabriel da Silva Santos  
Etevaldo Andrade Cardoso Neto  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080612**

**CAPÍTULO 13 ..... 136**

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO COMO ADITIVO A LUBRIFICANTES

Matheus Gonçalves Leão de Oliveira  
Pollyana Grazielle Luz da Rocha  
Paulo Vitor França Lemos  
Denilson de Jesus Assis  
Adelson Ribeiro de Almeida Júnior  
Jania Betânia Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.87220080613**

**CAPÍTULO 14 ..... 146**

UTILIZAÇÃO DE COATINGS DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*)

Luciano Pighinelli  
Anderson Rockenbach  
Pamela Persson  
Renata Cardoso Pospichil

**DOI 10.22533/at.ed.87220080614**

**CAPÍTULO 15 ..... 156**

ANÁLISE METALOGRAFICA DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO AISI 1050 USADO NA HASTE DE DIREÇÃO DE UMA MÁQUINA AGRÍCOLA DA SÉRIE 8R

Vagner dos Anjos Costa  
Fábio Santos de Oliveira  
Sílvio Leonardo Valença  
Gabriela Oliveira Valença  
Paulo Henrique de Souza Viana  
João Vítor Chaves Cordeiro

**DOI 10.22533/at.ed.87220080615**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>165</b>
EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE	
<a href="#">Petronio Silva de Oliveira</a> <a href="#">José Laécio de Moraes</a> <a href="#">Francisco Evanildo Simão da Silva</a> <a href="#">Francisco Thiciano Rodrigues de Assis</a> <a href="#">Edyeleen Mascarenhas de Lima</a> <a href="#">Anderson Lima dos Santos</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>176</b>
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LUCAIA, SALVADOR-BA	
<a href="#">José Orlando Oliveira Moura Júnior</a> <a href="#">Nicole Caroline B. Santos Xavier</a> <a href="#">Thayna Santana de Lima</a> <a href="#">Alexandre Boleira Lopo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>182</b>
QUALIDADES DO URBANO	
<a href="#">Franklin Soldati</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>199</b>
ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE CONFORTO TÉRMICO E DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UNIDADE DE SAÚDE	
<a href="#">Gabriela Regina Rosa Galiassi</a> <a href="#">Ana Clara Alves Justi</a> <a href="#">Gabriel Henrique Justi</a> <a href="#">Maribel Valverde Ramirez</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>215</b>
ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
<a href="#">Neilton dos Santos Seguins Costa</a> <a href="#">Vilson Souza Pereira</a> <a href="#">Dalmo Inácio Galdez Costa</a> <a href="#">Paulo César de Oliveira Queiroz</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
TRANSPORTE DE CROMO (CR <sup>+3</sup> ) E NÍQUEL (NI <sup>+2</sup> ) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA	
<a href="#">Leonardo Ramos da Silveira</a> <a href="#">Newton Moreira de Souza</a> <a href="#">André Luis Brasil Cavalcante</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080621</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>241</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>242</b>

## TRANSPORTE DE CROMO (CR<sup>+3</sup>) E NÍQUEL (NI<sup>+2</sup>) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA

Data de aceite: 02/06/2020

### Leonardo Ramos da Silveira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás. Campus Águas Lindas.  
leonardo.silveira@ifg.edu.br

### Newton Moreira de Souza

Universidade de Brasília - Programa de Pós Graduação em Geotecnia. nmsouza@unb.br

### André Luis Brasil Cavalcante

Universidade de Brasília - Programa de Pós Graduação em Geotecnia.  
cavalgantelb@yahoo.com.br

**RESUMO:** O acúmulo de contaminantes no solo é consequência dos processos físico-químicos de interação solo-contaminante originados do transporte destes contaminantes através do solo. Torna-se, portanto necessário o desenvolvimento de pesquisas que mostrem como o processo de migração de metais ocorrem na matriz do solo. O objetivo deste trabalho foi verificar o transporte dos contaminantes Cromo (Cr<sup>+3</sup>) e Níquel (Ni<sup>+2</sup>) em camada de solo compactada. A pesquisa foi realizada com ensaios de caracterização geotécnica de solos, ensaios geoambientais (difusão

e sorção) em laboratório. Os resultados indicam que o solo em estudo trata-se de um típico solo laterítico do DF, e que o mesmo possui coeficiente de permeabilidade que o faz apresentar condições para ser usado como um *liner* compactado. Os resultados com as soluções sintéticas monoespécie, indicam a tendência para este tipo de ensaio, concentração diminuindo em função do tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transporte, metais, cromo, níquel, solo compactado.

### CHROME (CR<sup>+3</sup>) AND NICKEL (NI<sup>+ 2</sup>) TRANSPORTATION IN COMPACTED SOIL LAYER

**ABSTRACT:** The accumulation of contaminants in the soil is a consequence of the physical-chemical processes of soil-contaminant interaction originated from the transport of these contaminants through the soil. It is therefore necessary to develop research to show how the process of metal migration occurs in the soil matrix. The objective of this work was to verify the transport of contaminants Chromium (Cr + 3) and Nickel (Ni + 2) in compacted soil layer. This survey conducted geotechnical soil characterization tests, geo-environmental tests (diffusion and sorption) in the laboratory.

Results indicate that the soil under consideration is a typical laterite soil from the DF, and its coefficient of permeability allows the soil to be used as a compacted liner. However, results of the synthetic monospecies solutions indicate the tendency for this type of test, the concentration decreases as a function of time.

**KEYWORDS:** Transport, metals, chrome, nickel, compacted soil.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os processos de acumulação e transporte de contaminantes através do solo dependem da natureza do contaminante e do tipo do solo em questão. A composição e as propriedades dos resíduos são fatores significativos no desenvolvimento da interação com o substrato do solo. Se, contudo, for possível estimar as propriedades físicas e químicas mais importantes dos contaminantes e conhecer bem as características do solo, poderemos compreender melhor o seu transporte e, assim, dimensionar melhores barreiras naturais ou artificiais para áreas contaminadas ou para futuras áreas de disposição do resíduo (DEMUELENAERE, 2004).

As trocas iônicas representam as principais interações entre o solo e as substâncias nele adicionadas e estão diretamente relacionadas com a fração argila e silte do solo. Os solos são em sua grande maioria eletronegativos, sendo capazes de adsorver as cargas opostas, os cátions, como o  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{H}^+$  e os metais pesados como  $\text{Cd}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ . Essa capacidade dos solos é chamada de capacidade de troca de cátions (CTC), que é a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso (PICARELLI, 2003).

Atributos do solo, tais como pH, teor de matéria orgânica, textura e composição das argilas, potencial redox, competição entre metais pelos sítios de adsorção, reações de complexação, temperatura e atividade microbiana são responsáveis pelo controle dos processos de degradação do conteúdo orgânico do resíduo e consequente solubilidade e mobilidade dos metais. Estudos de fracionamento de metais pesados realizados por Amaral Sobrinho et al. (1997) e Gomes et al. (1997) indicaram a importância dos óxidos de Fe e Al na retenção de metais, por meio de mecanismos de adsorção específica e/ou co-precipitação.

Os argilominerais juntamente com a matéria orgânica são os principais responsáveis pela troca de cátions no solo. A origem das cargas negativas na superfície das partículas minerais e orgânicas tem duas formas principais: substituição isomórfica na estrutura cristalina e por dissociação de íons  $\text{H}^+$ . Assim um dos fatores que interferem diretamente na CTC é o pH, pois as cargas superficiais originadas da dissociação de íons  $\text{H}^+$  formam-se quando há um aumento da concentração de íons  $\text{OH}^-$  na solução, provocando a saída de íons de  $\text{H}^+$  da superfície dos óxidos, argilominerais e matéria orgânica. Ou seja, a CTC aumenta com o aumento do pH.

O impacto da contaminação e/ou poluição por metais pesados não deve ser avaliado somente pelo seu teor total em solos, mas pela sua biodisponibilidade, que é uma propriedade relacionada com sua mobilidade no solo e absorção pelas plantas (Costa *et al.*, 2007). O risco associado aos metais está principalmente ligado ao fato do solo ser capaz de armazenar estes

metais. Embora os metais pesados sejam cumulativos no solo, diversos fatores interferem na dinâmica da sua disponibilidade tais como o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a textura e o teor de matéria orgânica.

Portanto, o conhecimento dos mecanismos de transporte simultâneo da água e de solutos no solo é essencial para pesquisas que envolvam pontos de vista ambiental e econômico, uma vez que abrange tanto a eficiência do uso da água quanto à aplicação de resíduos agroindustriais na produção agrícola, ou até mesmo a aplicação de lodo de esgoto. Esses insumos, quando aplicados acima da capacidade-suporte do solo, podem liberar íons e compostos tóxicos, os quais poderão poluir o solo e as águas subterrâneas. A lixiviação de nutrientes varia com os atributos físicos do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e, principalmente, porosidade. Entre os atributos químicos que afetam a lixiviação, estão a capacidade de retenção de íons e o pH (SANTOS et al., 2002).

Desta forma, dependendo das condições ambientais, os metais podem estar presentes no solo em formas não disponíveis para as plantas. Neste caso, a transferência de metais, para a cadeia alimentar, dependerá das características de cada solo e do tipo de planta, visto que as espécies vegetais têm capacidades variáveis de absorção de metais (SANEPAR, 1999). A medição da presença dos metais no solo é normalmente feita com a indicação de massa por massa seca (mg/kg). A implantação de estudos geotécnicos e ambientais configura-se como medida para o entendimento da dinâmica de transporte e dinâmica de mobilidades de metais para o meio ambiente. É neste contexto que este trabalho tem como objetivo verificar o transporte dos metais cromo e níquel em camada de solo compactada.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O solo para esta pesquisa foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto ETE Samambaia/Melchior. O mesmo foi conduzido para o laboratório de Geotecnia na Universidade de Brasília para posterior caracterização. Os ensaios de caracterização física consistiram basicamente de umidade higroscópica ( $w_0$ ), massa específica real dos grãos ( $\rho_s$ ), análise granulométrica convencional, limite de liquidez ( $w_L$ ), limite de plasticidade ( $w_P$ ), índice de plasticidade (IP), massa específica aparente seca ( $\rho_d$ ), índice de vazios ( $e$ ) e porosidade ( $n$ ).

A umidade higroscópica ( $w_0$ ) foi determinada de acordo com o ensaio preconizado pela NBR 6457 (ABNT, 1986). A massa específica real dos grãos ( $\rho_s$ ) determinada de acordo com a norma da NBR 6508 (ABNT, 1984). Análise granulométrica, determinação preconizada das normas da NBR 7181 (ABNT, 1984) e NBR 13602 (ABNT, 1996). Esta metodologia foi aplicada de duas maneiras: com e sem o uso do defloculante hexametáfosfato de sódio. Além disso, utilizou-se o granulômetro a laser modelo “Microtrac s 3500”. Foram realizados então os ensaios de compactação em equipamento em miniatura ME 228 (DNER, 1994), solos compactados em equipamento em miniatura Mini-MCV ME 258 (DNER, 1994), Solos compactados em miniatura – Determinação da perda de massa por imersão ME 256 (DNER, 1994).

Os limites de consistência foram determinados conforme a NBR 6459 (ABNT, 1984)

limite de liquidez, e limite de plasticidade NBR 7180 (ABNT, 1984). O ensaio de compactação para obtenção da curva de compactação e a massa específica aparente seca foi determinada conforme a NBR 7182 (ABNT, 1986), obtendo-se a massa específica aparente seca para cada umidade de solo compactado de forma dinâmica, ensaio tipo Proctor Normal, gerando desta forma uma curva de compactação. A permeabilidade foi determinada a partir da norma NBR 14545 (ABNT, 2000), que determina o coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Neste ensaio a determinação foi feita tanto com o corpo de prova moldado no bloco em estado natural e compactado em diferentes umidades.

O ensaio de difusão utilizado foi o desenvolvido por Barone et al. (1989) e adaptado por Boscov (1997) para solos compactados. As células de difusão utilizadas foram às desenvolvidas por Gurjão (2005), essas células foram construídas em acrílico medindo 11.7 cm de altura e 9.7 cm de diâmetro, com base e topo parafusáveis e anéis de vedação (*o-rings*), a fim de se obter uma estanqueidade total da célula. O corpo de prova utilizado tinha 3 cm de altura e diâmetro igual a 9,7 cm. Este experimento foi realizado conforme os descritos por Gurjão (2005), com concentrações decrescentes em cada reservatório. Os corpos de prova foram compactados nas células de difusão com a energia proctor normal, com grau de compactação de forma a assegurar que os mesmos ficassem com a massa específica aparente seca determinada na curva de compactação. Os corpos de prova foram saturados de forma a obter no mínimo 95% de saturação. Todo este experimento foi realizado na condição saturada.

## 2.1 ENSAIO DE DIFUSÃO COM CLORETO DE CROMO ( $\text{Cr}^{3+}$ )

A solução sintética de cloreto de cromo foi produzida nas concentrações de 0,25g, 0,5g, 1g, 2g e 4g de cromo para a solução de um litro de cloreto de cromo 3 hexahidratado, ou seja, 250 mg/L, 500 mg/L, 1000 mg/L, 2000 mg/L e 4000 mg/L de cromo para cada célula ensaiada (Figura 1).



Figura 1 – Soluções de  $\text{Cr}^{3+}$  preparadas nas diferentes concentrações

Amostras da solução na célula (Figura 1.2) foram coletadas em intervalos de 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 e 36 dias através do orifício na tampa da célula, por meio de uma seringa descartável, para monitoramento da concentração em ensaio de absorção atômica. Esta determinação foi realizada no Laboratório de Saneamento da Universidade de Brasília.

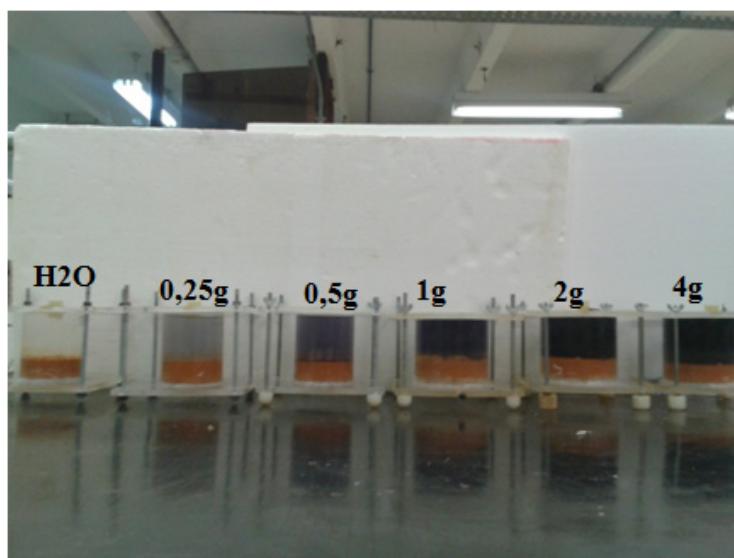
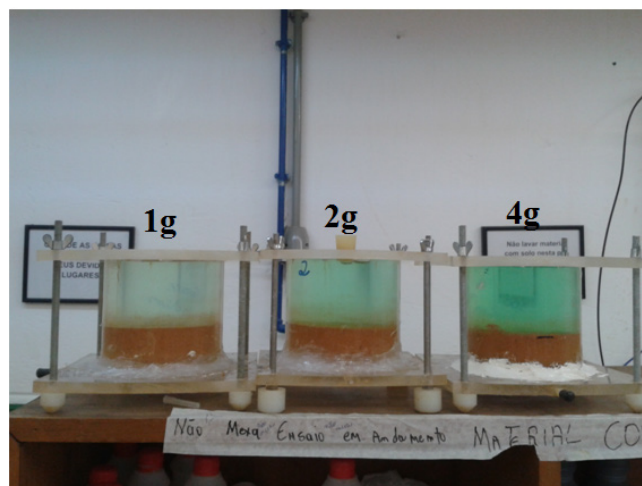


Figura 1.2 – Diferentes concentrações da solução contaminante.

## 2.2 Ensaio De Difusão Cloreto De Níquel $N^{+2}$

Para o ensaio de difusão com a solução sintética de níquel, os *liners* foram compactados nas células de difusão com a energia proctor normal, com grau de compactação de forma a assegurar que os mesmos ficassem com a massa específica aparente seca determinada na curva de compactação. Os corpos de prova foram saturados de forma a obter 95% de saturação. Todo este experimento foi realizado na condição saturada.

As soluções sintéticas de cloreto de níquel (Figura 1.3) foram produzidas nas concentrações de 1g, 2g e 4g de níquel para a solução de cloreto de níquel hexahidratado, ou seja 1000 mg/L, 2000 mg/L e 4000 mg/L de níquel para cada célula ensaiada.





Amostras da solução, na célula, foram coletadas em intervalos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 dias através do orifício na tampa da célula, por meio de uma seringa descartável, para monitoramento da concentração em ensaio de absorção atômica. Esta determinação foi realizada no Laboratório de Saneamento da Universidade de Brasília. Para a determinação de níquel o solo foi fatiado em três camadas e as amostras foram encaminhada para o Laboratório Solo Química.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise granulométrica elaborou-se a Tabela 1 com as porcentagens passantes em cada peneira. Nota-se que quando o solo é ensaiado sem defloculante, não há identificação da presença de argila, mas somente pedregulho, areia e silte, sendo o silte predominante com 45%. Dessa forma o solo sem defloculante classifica-se como silte arenoso. Já para o solo ensaiado com defloculante têm-se 42% de argila e 32% de silte, o que determina uma classificação como argila siltosa.

D(mm)	Classificação	Sem defloculante (%)	Com defloculante (%)
6,0 – 20,0	Pedregulho médio	1,8	0,9
2,0 – 6,0	Pedregulho fino	8,2	4,3
0,6 – 2,0	Areia grossa	7,4	10,6
0,2 – 0,6	Areia média	16,4	5,9
0,06 – 0,2	Areia fina	20,8	4,4
0,002 – 0,006	Silte	45,4	32,02
< 0,002	argila	0,0	41,75
Solo		Silte arenoso com pedregulho	Argila Siltosa

Tabela 1 – Resultado da análise granulométrica.

O ensaio de massa específica dos grãos foi realizado de forma convencional encontrando-se um valor de 2,68 g/cm<sup>3</sup>. O mesmo procedimento foi realizado para o ensaio de limite de Atterberg, onde observa um limite de liquidez de 54%, e limite de plasticidade de 39%.

Após a classificação MCT por meio do ensaio de mini compactação, e a classificação MCT expedita, pode notar que o solo enquadra-se dentro das areias lateríticas. Diferentemente dos observados na Tabela granulométrica, o solo foi classificado como arenoso laterítico, no entanto corroboram com a grande quantidade de areia para o mesmo. A massa específica aparente seca máxima foi 1,38 g/cm<sup>3</sup> e umidade ótima de 27,5%, índice de vazios de 0,94 e porosidade de 48%.

O ensaio de permeabilidade foi realizado com a amostra indeformada natural,

moldado no cilindro de compactação, e amostras compactada na umidade ótima de compactação (27,5%), obtendo-se os seguintes valores respectivamente  $2,2 \times 10^{-5}$  e  $4,5 \times 10^{-9}$ . De acordo com Nogami e Villibor (1995), os solos da classe LA', são solos de baixa permeabilidade ou impermeáveis quando compactados variando numa faixa de  $10^{-9}$  a  $10^{-8}$  m/s, observa-se que os valores ficaram dentro dos previstos para este tipo de solo.

Foram realizadas análises químicas no solo. A Tabela 1.2 apresenta os valores do resultado para a caracterização do solo da área experimental na ETE Samambaia/Melchior.

Valores medidos	Valor
pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade	6,0
pH em KCl, sem unidade	4,8
Fósforo – P, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	0,2
Cálcio – Ca, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,6
Magnésio – Mg, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,1
Potássio – K, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,07
Sódio – Na, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,03
Alumínio – Al, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,0
Acidez (H+Al), em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	3,2
Soma das bases, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,8
CTC, ou T, em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> = mE/100mL	4,0
Saturação de Bases – V, em %	20,0
Saturação por Alumínio – m, em %	0,0
Saturação com Sódio – ISNa, em %	0,8
Carbono Orgânico – C, em g/kg	11,5
Matéria orgânica – MO, em g/kg	19,8
<b>Metais pesados</b>	
Cromo	<0,01
Cádmio	<0,01
Níquel	<0,01
Cobre disponível – Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	1,24
Manganês – Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	0,22
Zinco – ZN, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	1,04

Tabela 1.2 – Caracterização do solo no local do experimento da ETE Samambaia/Melchior.

### 3.3 Ensaio De Difusão Solução Sintética De Cr<sup>+3</sup>

O ensaio de difusão para a solução de cromo foi realizado com a concentração crescente no reservatório, sendo elas: 250 mg/L, 500 mg/L, 1000 mg/L, 2000 mg/L, e 4000 mg/L, o ensaio teve a duração de 36 dias. As Figuras 1.4 e 1.5 apresentam os resultados para a concentração no reservatório, e nas camadas de solo respectivamente. Já a Figura 1.6 apresenta os dados de coeficiente de difusão, e as curvas dos dados experimentais e as curvas do modelo matemático.

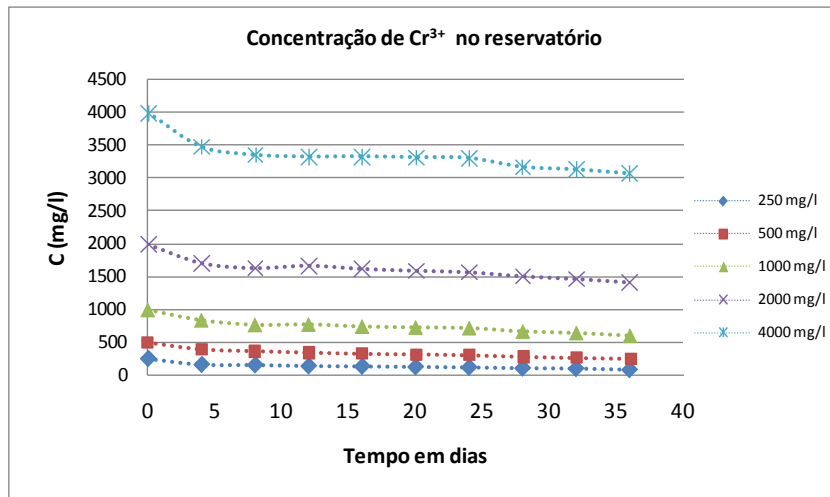


Figura 1.4 – Concentração de cromo no reservatório.

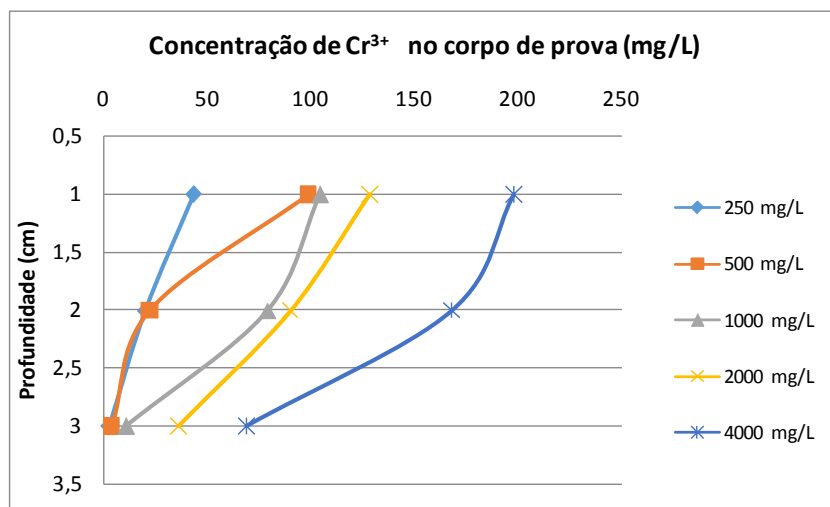


Figura 1.5 - Concentração de cromo nas camadas de solo no 36º dia.

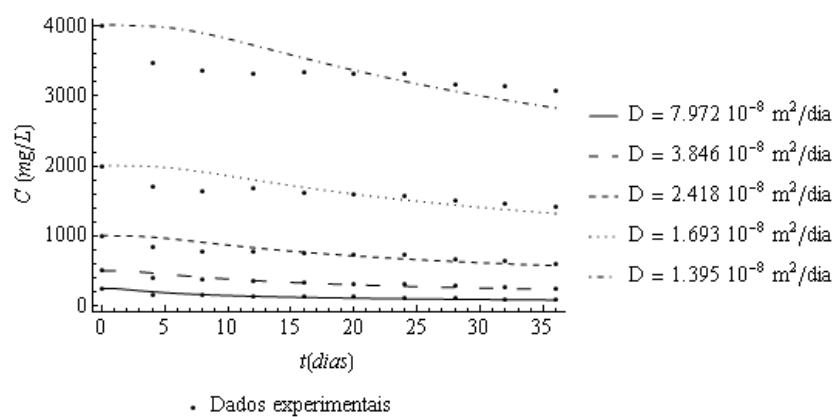


Figura 1.6 – Coeficientes de difusão para as diferentes concentrações.

Ao analisar a Figura 1.4, quando se trata de um ensaio de difusão com uma única espécie, observa-se claramente a diminuição dos valores da concentração em função do tempo, isso se torna mais perceptível para as concentrações de 2000 mg/L e 4000 mg/L.

As quedas de concentração ocorrem até no máximo no décimo dia, depois estabilizando,

fato este relacionado à capacidade máxima do solo em sorver este metal. Todas as curvas de concentração ao longo do corpo de prova, Figura 1.5, para as diferentes concentrações, observa-se uma diminuição do topo para a base. Nota-se que quando não há competição multiespécies (ensaio com uma única espécie) a diminuição da concentração do metal no solo diminui a medida que se afasta da fonte contaminante. As concentrações adotadas para o referido ensaio estão bem acima dos normatizados para este referido metal, e isso ocorreu pelo fato da determinação ser realizada via absorbância.

Analisando a Figura 1.6 observa-se valores de coeficiente de difusão da mesma ordem de  $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/dia, variando somente os valores decimais, ainda pode-se notar um bom ajuste do modelo matemático e dos dados experimentais.

Já a classificação de acordo com a Norma Conama nº420 de 2009, observa-se que todos os valores estão acima dos citados para o valor de classe 4, ou seja, são solos que apresentam pelo menos uma substância química com os valores acima dos valores de investigação, sejam ele, agrícola, residencial, ou industrial.

### 3.4 Ensaio De Difusão Solução Sintética De Ni<sup>+2</sup>

A determinação da difusão para o níquel foi realizada em três concentrações 1000, 2000 e 4000 mg/L, com a duração de 22 dias. A Figura 1.7 apresenta os dados da concentração no reservatório, já a Figura 1.8 apresenta a concentração nas camadas de solo, e a Figura 1.9 os valores de coeficiente de difusão.

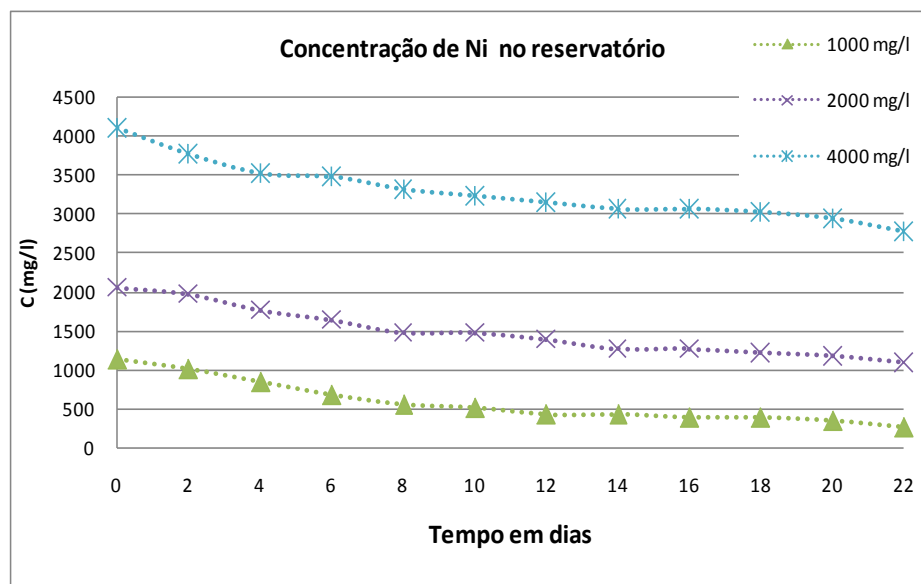


Figura 1.7 – Concentração de níquel no reservatório.

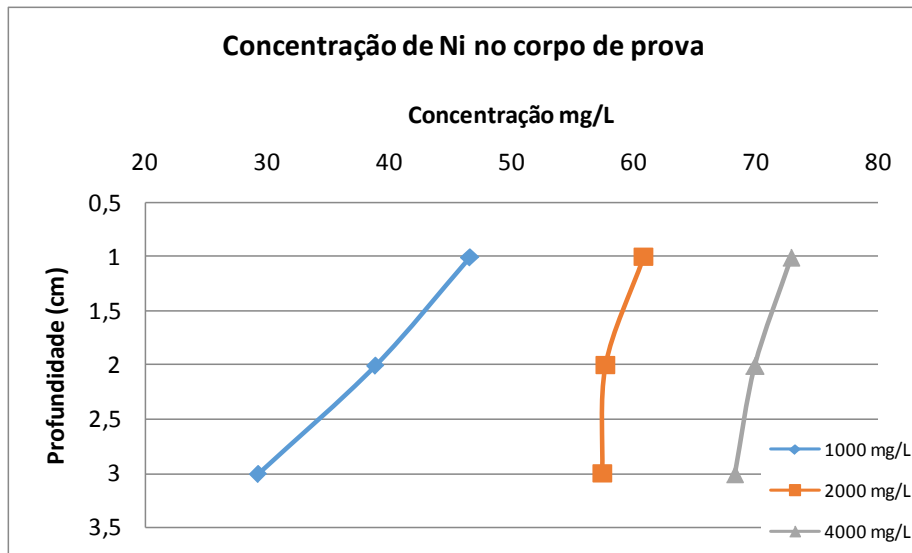


Figura 1.8 – Concentração de níquel nas camadas de solo.

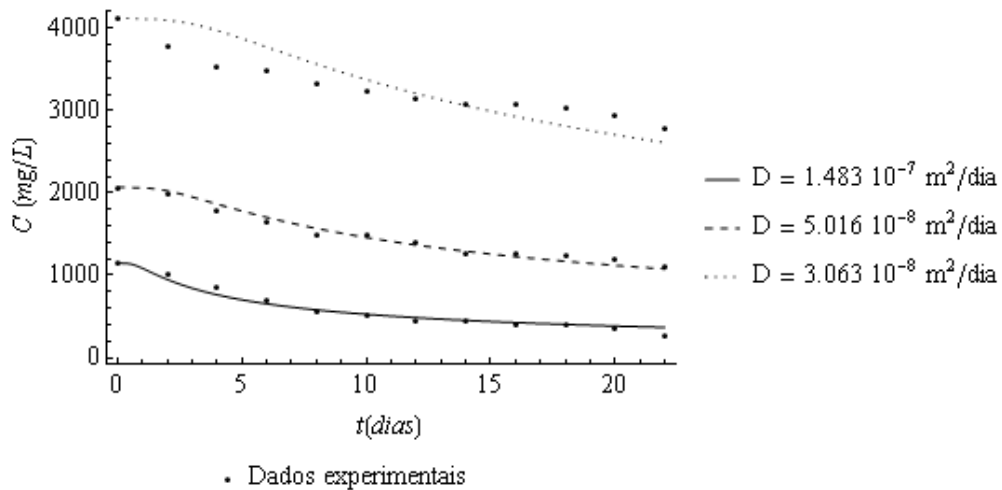


Figura 1.9 – Coeficiente de difusão para as diferentes concentrações.

O ensaio de difusão com a solução sintética de níquel apresentou os resultados conforme esperado, ou seja, os valores das concentrações diminuindo em função do tempo até atingir o valor máximo de adsorção do solo. Já em relação aos dados de difusividade observa-se que a concentração de 4000 mg/L, obteve coeficiente de difusão maior que as demais concentrações. Classificando o solo após o ensaio de difusão, de acordo com o Conama 420 de 2009, o mesmo seria classificado como classe 3, ou seja seriam os solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o valor de prevenção e menor ou igual ao valor de investigação. A Figuras 2.0 e 2.1 apresentam as isotermas para o efluente sintético de cromo.

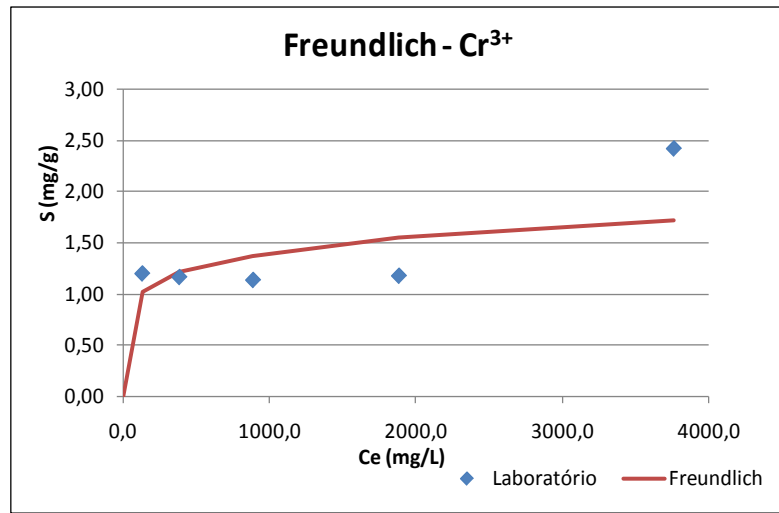


Figura 2.0 – Isoterma de Freundlich de Cr<sup>3+</sup> (sintético).

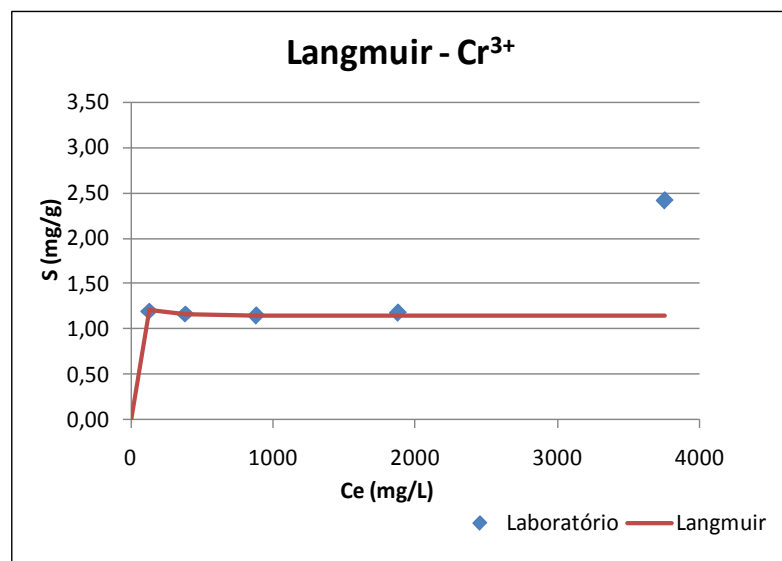


Figura 2.1 – Isoterma de Langmuir de Cr<sup>3+</sup> (sintético).

As Figuras 2.2 e 2.3 apresentam os dados referente aos modelos de isotermas para contaminante com a solução sintética de níquel.

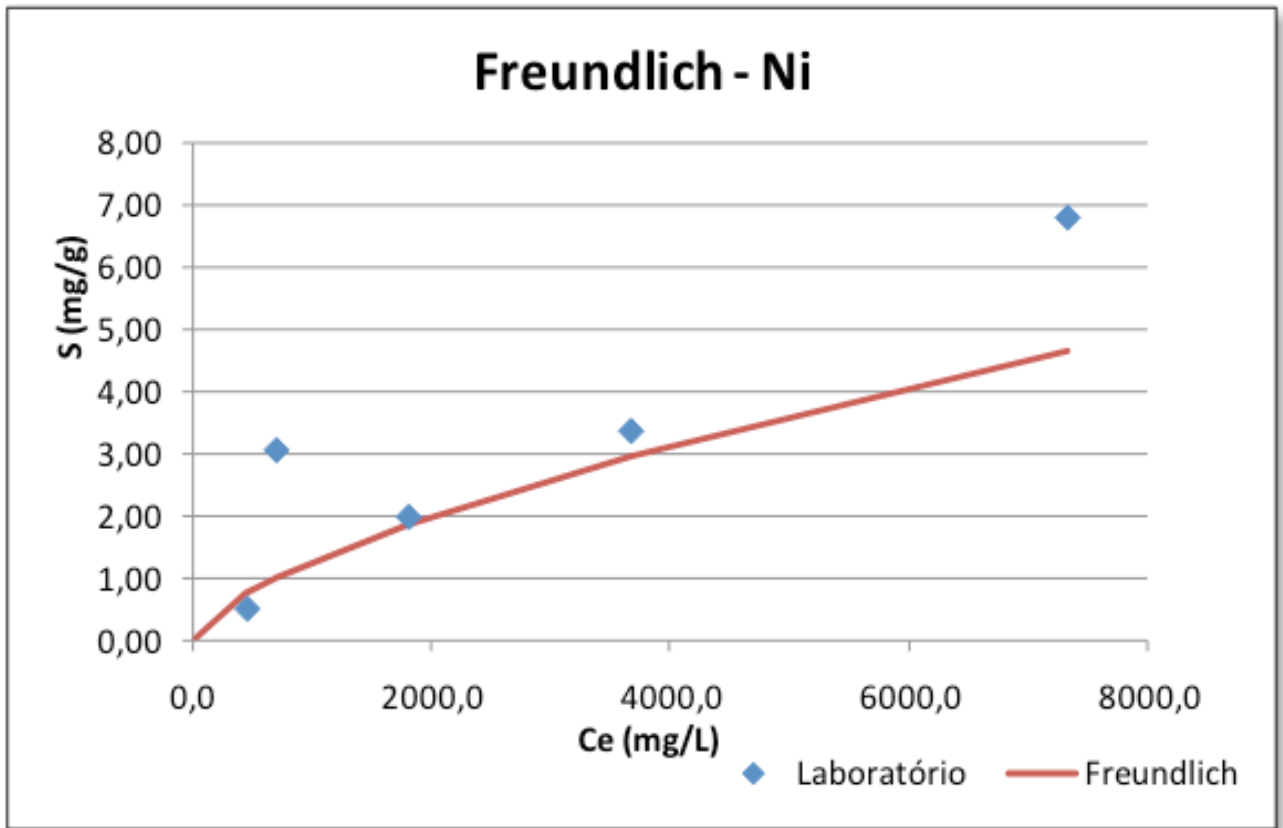


Figura 2.2 – Isotermas de Freundlich para o níquel (sintético).

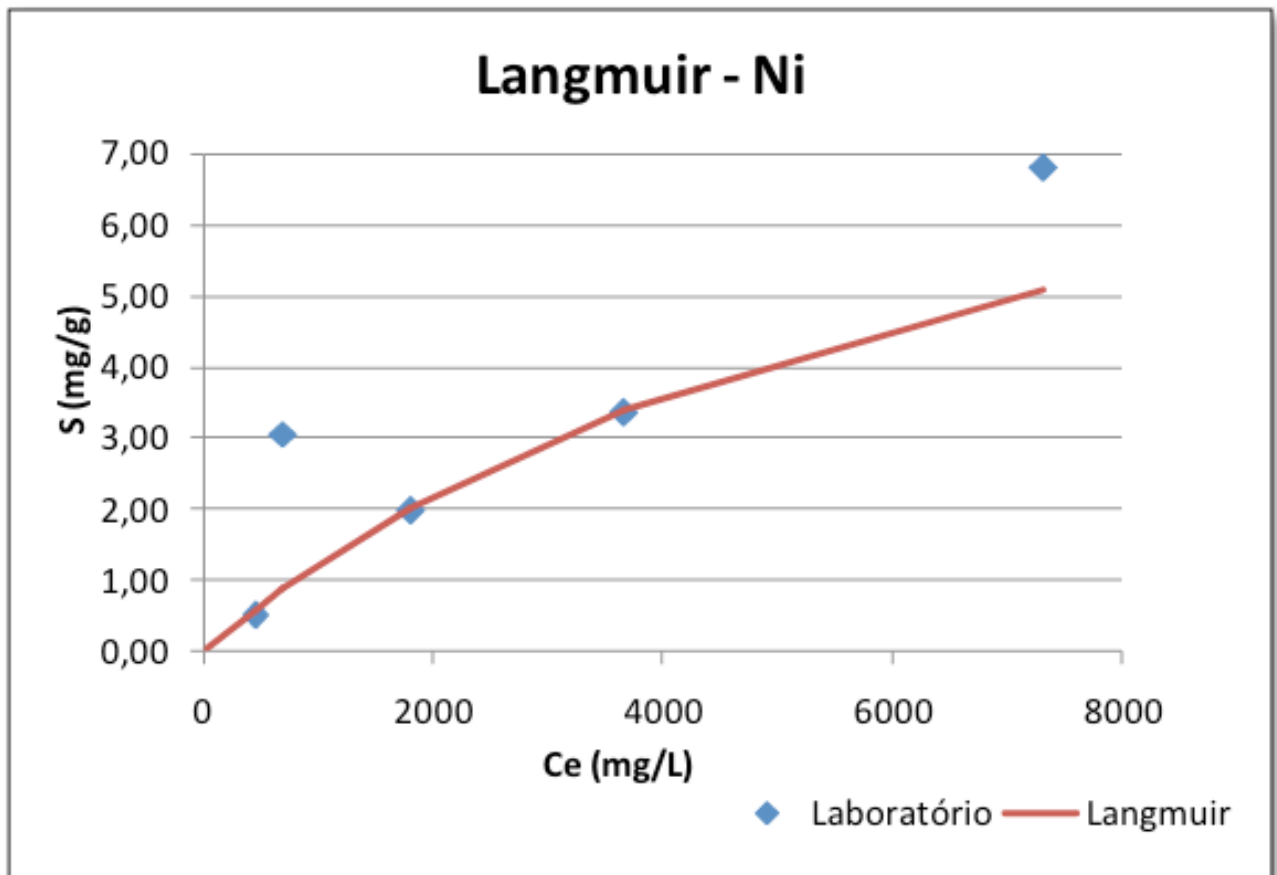


Figura 2.3 - Isotermas de Langmuir para o níquel (sintético).

As isotermas para a solução contaminante sintética Figuras 2.0, 2.1, 2.2 E 2.3 observa-se um bom ajuste para ambas isotermas. Nessas isotermas nota-se também que o ponto

de máxima concentração 4000 mg/L ficou bem distante da linearidade, e isso pode estar correlacionado a quantidade de cromo ser bem acima da capacidade de sorção do solo.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo trata-se de uma argila siltosa, quando compactado apresenta uma permeabilidade de  $4,5 \times 10^{-9}$  m/s, o que o confere como bom material para confecção de *liner* compactado. A caracterização química do solo mostrou que o mesmo possui baixa quantidade de elementos o que configura numa baixa capacidade de troca de cátions, o que poderá influenciar diretamente nos mecanismos de sorção.

O ensaio de difusão única espécie tanto para o cromo como o níquel apresentou diminuição em função do tempo de ensaio, estabilizando a sorção, no momento em que solo havia saturado a sua capacidade de absorver esses elementos;

O solo do *liner* após o ensaio de difusão com o cromo, foi classificado de acordo com a Norma Conama nº420 de 2009, em classe 4, ou seja, são solos que apresentam pelo menos uma substância química com os valores acima dos valores de investigação, sejam ele, agrícola, residencial, ou industrial. Já o ensaio de difusão com o níquel o solo foi classificado como classe 3, ou seja seriam os solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o valor de prevenção e menor ou igual ao valor de investigação.

Os modelos de sorção de Freundlich e Langmuir apresentaram melhor ajustes para as condições em que os elementos estavam separados em uma única espécie, fato este observando na literatura pesquisada.

#### REFERÊNCIAS

ABNT (1986). Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (método de ensaio). NBR-6457/1986. Rio de Janeiro. RJ. 8 p.

ABNT (1984). Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. NBR-6508. ABNT. Rio de Janeiro. RJ. 8p.

ABNT (1984). Solo – Análise Granulométrica. NBR-7181. ABNT. Rio de Janeiro. RJ. 13 p.

ABNT (1996). Solo – Avaliação da dispersividade de solos argilosos pelo método sedimentométrico comparativo – Ensaio de dispersão SCS. NBR-13602. Rio de Janeiro, RJ.5 p.

ABNT (1984). Determinação do Limite de Liquidez. NBR-6459. ABNT. Rio de Janeiro. RJ. 6 p.

ABNT (1986). Determinação do Limite de Plasticidade. NBR-7180. Rio de Janeiro. RJ. 3 p.

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7182 (1986) - Solos - Ensaio de Compactação. 10 p.

ABNT (1997). Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. NBR-14545. Rio de Janeiro, RJ. 12 p.



AMARAL SOBRINHO, N. M. B. (1998). Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. Revista brasileira de ciência do solo, v 22: 345-353.

BRASIL. Resolução nº 420 do CONAMA, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial União [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 de dez. 2009.

BOSCOV, M. E. G. (1997). Contribuição ao Projeto de Sistemas de Contenção de Resíduos Perigosos Utilizando Solos Lateríticos. Tese de Doutorado. EPUSP, São Paulo.

COSTA, P. O. S. (2002). Avaliação em laboratório do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de SAUÍPE/BA. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Geotecnia, PUC-RIO, Rio de Janeiro, RJ, 188p.

DEMUELENAERE, R. G. A. (2004). Caracterização de propriedades de transporte de metais pesados em solos residuais do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PUC-RIO. Rio de Janeiro, RJ, 120p. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5462/5462\\_1.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5462/5462_1.PDF)>. Acesso em jan de 2020.

DNER (1994) – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - ME228 – Solos – Compactação em equipamento miniatura. 14 p.

DNER (1994) – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - ME256 - Solos – Compactação em equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão. 6 p.

DNER (1994) – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - ME258 - Solos – Compactação em equipamento miniatura – Mini-MCV. 14 p.

GOMES, P.C. (1997). Extração fracionada de metais pesados em latossolo vermelho-amarelo. Revista brasileira de ciência do solo, v 21:543-551.

GURJÃO, C.M.C. (2005). Estimativa de Propriedades Geoambientais de Camadas Impermeabilizantes de Solos Tropicais. Tese de Doutorado em Geotecnia, Brasília, DF, 257 p. Disponível em: <<http://www.geotecnia.unb.br/index.php?p=posgrad&pos=teses>>. Acesso em jan de 2020.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. (1995). Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos. São Paulo, Villibor. 213p.

PICARELLI, S. (2003). Avaliação da contaminação de solos por hidrocarbonetos e metais pesados em diques de contenção. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Minerais, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 95p. Disponível em : <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3039/000380877.pdf>>. Acesso em dez de 2019.

SANEPAR (1999). Uso e manejo do lodo na agricultura . Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Curitiba, PR, 98 p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em out de 2019.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campinas Grande, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio** Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Leonardo Tullio** Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE/2009), MBA em Agronegócios (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE/2011), Mestre em Agricultura Conservacionista (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Doutorando em Ciências do Solo na Universidade Federal do Paraná - UFPR. Membro da Equipe Multidisciplinar do NUTEAD/UEPG. Professor no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biopolímeros 137, 146, 147

### C

Coatings 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Coefficiente de atrito 136, 137, 141, 144

Cogeração 50, 51, 90

Competitividade 77, 78, 81, 85, 86, 88, 94, 99

Computação verde 119

### D

Desenvolvimento sustentável 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 168

Desperdício 146, 147, 167

### E

Efluente líquido 165, 174

Energia 9, 1, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 35, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 114, 119, 167, 217, 230, 231

Expansão da geração 15, 18, 75, 76, 85

### F

FPGA 12, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126

### G

Galvanoplastia 165, 166, 167, 168, 175

Geração 9, 1, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 49, 50, 51, 60, 62, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 167, 168, 184, 188

Gerador 1, 2, 5, 6, 9, 10, 47, 58, 76

### H

Hidrelétrica 1, 10, 79

### I

Inteligência artificial 109, 110, 113

### L

Leilões de transmissão 11, 15, 16, 17, 19, 21

Localização 12, 17, 30, 85, 87, 113, 127, 128, 127, 128, 133, 134, 171, 178, 202

### M

Manipulador-H 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

Manutenção 6, 8, 10, 12, 21, 41, 51, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 76, 152, 158, 167, 185, 188, 189, 192  
Marcos fiduciais 127, 128, 129, 134  
Melhores práticas 77, 88, 89, 91, 100  
Mercado Livre 88, 99, 100  
Metalografia 156, 158, 159, 160  
Micromouse 109, 110, 111, 113, 166, 117  
Microscopia óptica 156  
Migração Sísmica 119  
Movelt 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

## **N**

Nanolubrificante 136, 139, 141  
Nanopartículas de amido 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144

## **O**

Open source 109, 110, 129  
Oportunidades 11, 13, 75, 88, 90, 95, 97, 134, 187

## **P**

PIR 35, 36, 37, 46, 47, 48  
Planejamento energético 35, 36, 38, 44, 46, 47, 48  
Project Finance 11

## **Q**

Qitosana 146, 147, 148, 149, 150, 152

## **R**

Rendimento 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61  
Repotenciação 1, 3, 8, 9, 10  
Risco 4, 15, 51, 67, 76, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 99, 228  
Robótica 9, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 127, 128, 135  
Robótica móvel 110, 109, 128  
ROS 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 129  
RTM 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

## **S**

Setor elétrico 11, 13, 15, 22, 24, 29, 35, 36, 41, 45, 47, 75, 76, 77, 85, 98, 99  
Simulação 17, 25, 34, 93, 94, 95, 96, 104, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 127, 129, 130, 132, 216, 226  
Smart Grid 64, 70  
Supercapacitor 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74  
Supercomputação 119  
Sustentabilidade 9, 64, 99

## T

Taxa de desgaste 136, 139, 143, 144

Térmicas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 96, 209, 214

Tratamento 38, 128, 158, 156, 160, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 229

Turbina de Tesla 49, 50, 51, 52, 60, 62

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**