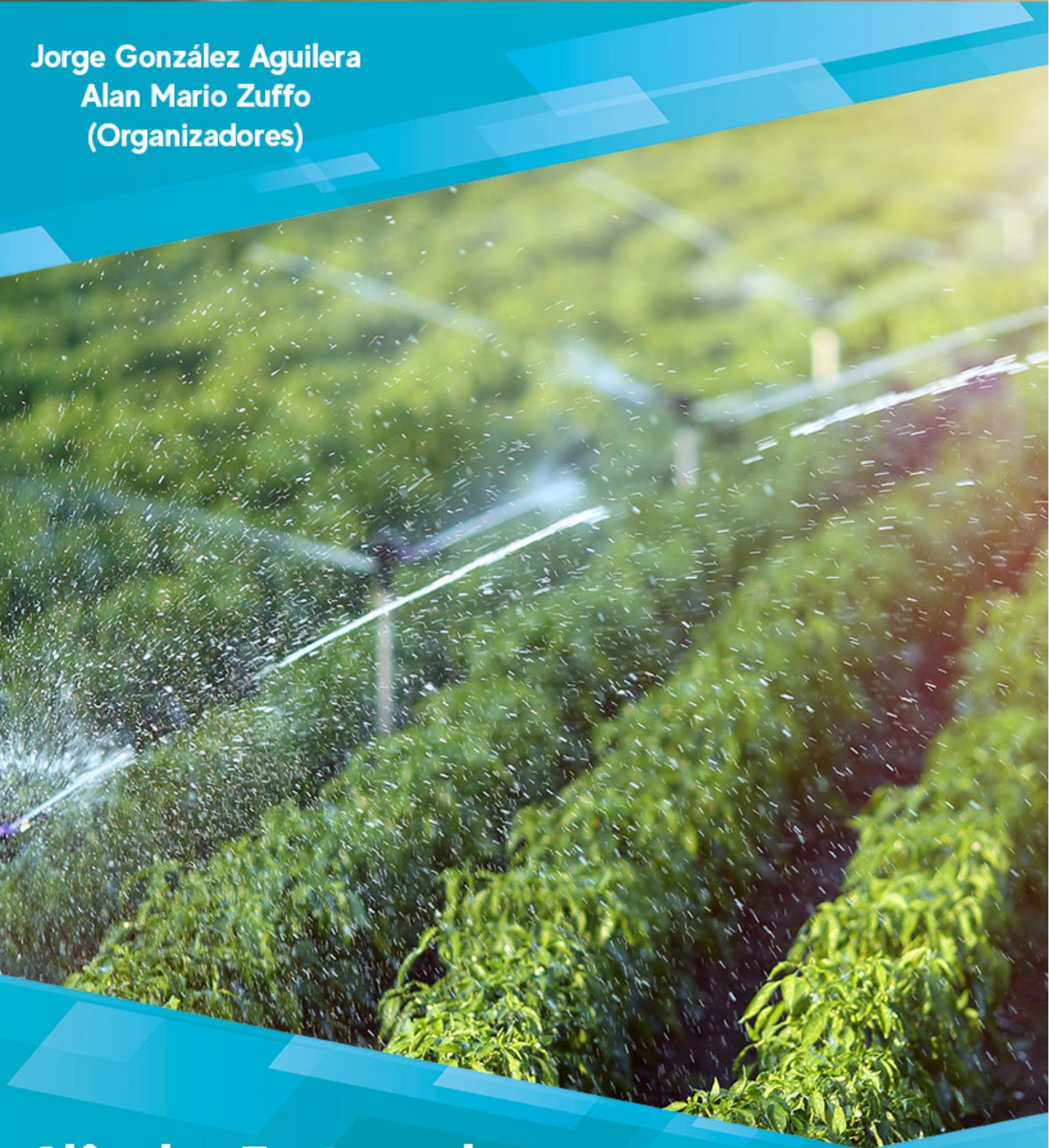


**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**



**Ciências Exatas e da
Terra e a Dimensão
Adquirida através da
Evolução Tecnológica 2**

Atena
Editora
Ano 2019

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

**Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão
Adquirida através da Evolução Tecnológica
2**

**Atena Editora
2019**

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-473-3 DOI 10.22533/at.ed.733191107 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario CDD 509.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 2*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 28 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO	
Margarida Regueira da Costa Alexandre Luiz Souza Borba Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.7331911071	
CAPÍTULO 2	7
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.7331911072	
CAPÍTULO 3	18
AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN	
Melquisedec Medeiros Moreira Newton Moreira de Souza Miguel Dragomir Zanic Cuellar Kátia Alves Arraes	
DOI 10.22533/at.ed.7331911073	
CAPÍTULO 4	27
AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ	
Antônio Flávio Costa Pinheiro Itabaraci Nazareno Cavalcante Alexsandro dos Santos Garcês Rafael Mota de Oliveira Emanuel Arruda Pinho	
DOI 10.22533/at.ed.7331911074	
CAPÍTULO 5	42
CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA	
Milson dos Santos Barbosa Débora da Silva Vilar Aline Resende Dória Isabelle Maria Gonzaga Duarte Dara Silva Santos Lays Ismerim Oliveira Géssica Oliveira Santiago Santos Luiz Fernando Romanholo Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.7331911075	

CAPÍTULO 6	53
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS	
Helder Lopes Vasconcelos Andressa Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.7331911076	
CAPÍTULO 7	63
DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	
Mayara Torres Mendonça Clamarion Maier Edenir Luís Grimm Gustavo Henrique Merten Jainara Fresinghelli Netto Ricardo Boscaini Miriam Fernanda Rodrigues Thais Palumbo Silva Franciele de Bastos Raí Ferreira Batista Suélen Matiasso Fachi	
DOI 10.22533/at.ed.7331911077	
CAPÍTULO 8	76
DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO	
César de Oliveira Ferreira Silva Manuel Enrique Gamero Guandique	
DOI 10.22533/at.ed.7331911078	
CAPÍTULO 9	84
DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET	
Márcio Antônio Aparecido Santana Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães Luca Giovanni Lanza	
DOI 10.22533/at.ed.7331911079	
CAPÍTULO 10	93
DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO	
Marcelo Vieira Sodré Barbosa Ana Carolina Lopes Ozorio Itapotiarã Vilas Bôas	
DOI 10.22533/at.ed.73319110710	

CAPÍTULO 11 100

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Imedelais Bordin
Victor de Aguiar Pedott
Elton Luis Hillesheim
Rogério Marcos Dallago
Marcelo Luís Mignoni

DOI 10.22533/at.ed.73319110711

CAPÍTULO 12 109

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos
Rudney Lobato Furtado
Mariano Araújo Bernadino Rocha
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

DOI 10.22533/at.ed.73319110712

CAPÍTULO 13 124

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira
Wanilson Luiz Silva

DOI 10.22533/at.ed.73319110713

CAPÍTULO 14 138

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França
Fernando Figueiredo Goulart
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

DOI 10.22533/at.ed.73319110714

CAPÍTULO 15 153

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza
Carlos Alberto Simões Pires Wayhs
Alan Donassollo

DOI 10.22533/at.ed.73319110715

CAPÍTULO 16 167

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos
Leila Nunes Menegasse Velasquez

DOI 10.22533/at.ed.73319110716

CAPÍTULO 17 182

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco
Fabio Luiz Carasek
Sival Francisco de Oliveira Junior
Luiz Fernando Scheibe
Manuela Gazzoni dos Passos
Mariana Muniz Blank

DOI 10.22533/at.ed.73319110717

CAPÍTULO 18 197

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira
Alan Rodrigues Teixeira Machado
Marcelo Segala Xavier
Jussara Vitória Reis

DOI 10.22533/at.ed.73319110718

CAPÍTULO 19 210

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro
Kely Silva dos Santos
Karine Silva Araujo
Mayanna de Kássia Silva Rodrigues
James Werllen de Jesus Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.73319110719

CAPÍTULO 20 219

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa
Anne Karolyne Pereira da Silva
Rafael Wendell Barros Forte da Silva
João Vitor Benevides de Castro
Francisco de Assis Franco Vieira
David Harley de Oliveira Saraiva

DOI 10.22533/at.ed.73319110720

CAPÍTULO 21 233

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO (ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos
Leonardo Barros Dobbss
Amanda Azevedo Bertolazi
Alessandro Coutinho Ramos
Ian Drumond Duarte
Lívia Dorsch Rocha
Leonardo Valandro Zanetti
Silvia Tamie Matsumoto

DOI 10.22533/at.ed.73319110721

CAPÍTULO 22	247
SUPORTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO	
Ivan Martins Barreto	
Maria Antônia Carvalho Lima Jesus	
Djalma Menezes De Oliveira	
Ronaldo Costa Santos	
Alini Tinoco Fricks	
Heiddy Márquez Alvarez	
DOI 10.22533/at.ed.73319110722	
CAPÍTULO 23	256
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.73319110723	
CAPÍTULO 24	263
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
DOI 10.22533/at.ed.73319110724	
CAPÍTULO 25	275
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA	
Maricleide Maia Said	
Luiz Antonio de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110725	
CAPÍTULO 26	287
AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO	
Luymara Pereira Bezerra de Almeida	
Helena Cristina Moura Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110726	
CAPÍTULO 27	299
LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS (<i>Bemisia tabaci</i>) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I	
Isaura Luiza Donati Linck	
Antônio Luis Santi	
Ezequiel Zibetti Fornari	
Luis Felipe Rossetto Gerlach	
Fernanda Marcolan de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73319110727	

CAPÍTULO 28 305

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA
PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRUCAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE
PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Eudoro da Costa Lima Neto

Talitha Oliveira de Rezende

Leonardo Borges Acurcio

DOI 10.22533/at.ed.73319110728

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 317

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ
Ijuí - RS

Carlos Alberto Simões Pires Wayhs

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ Ijuí - RS

Alan Donassollo

Maccaferri do Brasil
Novo Hamburgo – RS

RESUMO: A aplicação de reforços é uma técnica muito antiga para aumentar a estabilidade de taludes, sendo uma delas as estruturas de solo reforçado com uso de telas de gabião com prolongamento para dentro do talude, ainda muito pouco utilizadas. Este trabalho objetiva relatar pesquisa onde foram dimensionadas estruturas otimizadas de contenção de 8 a 12 metros no sistema Terramesh sem reforço adicional com geogrelha, analisando-se estabilidade global, estabilidade interna e verificação como muro. A pesquisa serviu de tema para trabalho de conclusão de curso da primeira autora e é produto da parceria existente entre a universidade e empresa global fornecedora de soluções de engenharia. A metodologia adotada na pesquisa compôs-se pesquisa experimental, modelagem das estruturas em software, apresentação

e análise dos resultados e arazoamento de conclusões. As análises das estruturas de contenção buscaram otimizar os parâmetros de projeto visando atender no limite os fatores de segurança da NBR11682/2009. Verificou-se que a eficácia das estruturas de contenção aconteceu quando o comprimento do reforço equivalia a sua altura menos dois metros.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Reforçado. Sistema Terramesh. Muros em Solo Reforçado.

ABSTRACT: The application of reinforcements is a very old technique to increase slope stability, one of which is the reinforced soil structures with gabion screens extending into the slope, still very little used. This work aims to report a survey where optimized containment structures of 8 to 12 meters in the Terramesh system without additional geogrid reinforcement were analysed, analysing overall stability, internal stability and verification as a wall. The research served as the theme for the first author's course work and is a product of the existing partnership between the university and the global engineering solutions provider. The methodology adopted in the research was experimental research, modelling of structures in software, presentation and analysis of results and reasoning of conclusions. The analysis of the containment structures sought to optimize the design parameters in order to meet the

safety factors of NBR11682/2009. It was found that the effectiveness of the containment structures occurred when the length of the reinforcement was equal to its height less than two meters.

KEYWORDS: Reinforced Soil, Terramesh System, Reinforced Soil Walls.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas que atingem a população brasileira é a instabilidade de encostas, que tem provocado acidentes de grandes proporções colocando vidas em risco. Em estações chuvosas com elevado índice pluviométrico as encostas ficam mais suscetíveis a escorregamentos, devido ao aumento do excesso de poro-pressão que reduz a resistência do solo ao cisalhamento (DUTRA, 2013).

De acordo com Massad (2010), um dos processos de estabilização de encostas mais utilizados atualmente é a execução de aterros compactados que para a garantia de estabilidade devem ser reforçados, um destes tipos é a estrutura de solo reforçado.

Existem diversas técnicas de reforço eficientes para a estabilização dessas estruturas, possibilitando obras de contenção em regiões com solos de baixa capacidade mecânica, bem como em locais de difícil acesso. Dentre algumas técnicas pode-se citar a utilização de elementos de reforço, como os paramentos frontais anexos a reforços de malhas hexagonais, entre outros (MASSAD, 2010).

De acordo com Palmeira (1992), o conjunto solo mais reforço, apresenta material menos deformável e mais resistente que o solo natural, melhorando a resistência e reduzindo as deformações de obras como taludes íngremes, estruturas de contenção, entre outros.

O crescimento na construção de estruturas de contenção e a necessidade de se ter estruturas cada vez mais altas e resistentes, fez com que se abrissem caminhos para pesquisas em tecnologias que tornassem essas estruturas cada vez mais eficientes. A partir de então, surgiu a ideia de utilizar como tema do trabalho de conclusão de curso da primeira autora a modelagem de estruturas de contenção, com alturas variando de 8 a 12 metros, no sistema Terramesh, tecnologia desenvolvida pela empresa Maccaferri do Brasil, a qual é parceira deste estudo em conjunto com a UNIJUÍ (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul).

Este sistema oferece boa resistência a tração devido a malha hexagonal que é inserida no maciço de solo, e flexibilidade, além de facilidade construtiva. Para Lopes (2001), o reforço de solos funciona como um melhoramento mecânico do solo. O reforço permite que o solo suporte esforços de corte superiores aos que suportaria de outra forma (LOPES, 2001). Assim, pode-se construir estruturas de contenção com maiores alturas, maior verticalidade, superior resistência, em pouco tempo e com menor custo, visto que pode ser utilizado o solo local, mesmo que este seja de qualidade inferior, não apropriado a tal estrutura (LOPES, 2001).

Assim, este trabalho objetiva relatar pesquisa onde foram dimensionadas

estruturas de contenção de 8 a 12 metros de altura no sistema Terramesh sem reforço adicional, analisando-se estabilidade global, estabilidade interna e verificação como muro. A modelagem das estruturas foi executada utilizando comprimento otimizado de reforço, objetivando analisar a variação do comprimento de acordo com a altura de cada estrutura, além de verificar seu desempenho.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em quatro etapas. Iniciou-se pela análise de resultados de ensaios laboratoriais de pesquisas anteriores, realizados no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), especialmente nos ensaios de caracterização e de cisalhamento direto.

Na sequência, escolheram-se os dados referentes às características do solo e parâmetros de resistência, que foram utilizados para modelagem da estrutura de contenção no sistema Terramesh em software criado pela empresa Maccaferri, o MACSTARS. Os dados usados na modelagem foram os parâmetros de resistência do solo coesão, ângulo de atrito do solo e os pesos específicos natural e saturado.

Foi analisado então o comportamento da estrutura quando submetido a variação da altura de 8 a 12 m, buscando o menor comprimento da base possível, bem como da malha hexagonal que avança para dentro do solo do aterro, funcionando como um reforço, visando obter uma estrutura que tivesse estabilidade externa e interna e atendesse as verificações como muro de contenção, que são tombamento, deslizamento e capacidade de carga nas fundações.

A metodologia completa-se com as duas últimas etapas, com a análise dos dados obtidos na modelagem e apresentação de resultados, finalizando com as conclusões.

3 | RESULTADOS

Este capítulo, para melhor entendimento, dividiu-se em apresentação do sistema Terramesh e do método de análise da estabilidade de taludes utilizado. Na sequência destacam-se a caracterização geotécnica do solo a partir dos resultados de ensaios. Conclui-se com a análise das estruturas modeladas.

3.1 O sistema Terramesh

O Sistema Terramesh, é baseado no princípio do solo reforçado e na tecnologia desenvolvida no início dos anos 60 por Henri Vidal, conhecida como “terre armé” (terra armada). Esse princípio pode ser encontrado na natureza, observando como o solo adquire resistência pela presença de raízes inseridas ao longo de sua estrutura, agindo como tensores (SAYÃO; SIEIRA, 2005).

Segundo Ananias et al. (2013), o sistema Terramesh é composto por reforços em malha hexagonal de dupla torção 8x10 cm, em arame com 2,7 mm de diâmetro

revestido em PVC, anexos a um paramento frontal formado pela mesma malha, e pedras no formato de caixas similares aos gabiões. Os elementos do sistema Terramesh não necessitam de acabamento complementar e os elementos de reforço compõem o maciço de solo, de forma contínua e sem qualquer tipo de emenda ou costura, além de o pano de reforço e a base ficar paralelo a face da tampa do paramento frontal, conforme visualiza-se no modelo da Figura 1 de autoria de Maccaferri (2008).

De acordo com o dissertado por Sayão e Sieira (2005), a capacidade de ancoragem desenvolvida pela malha hexagonal é devido à ação combinada do atrito, corte e travamento mecânico das partículas. Já a resistência à tração na direção das torções é maior do que na direção oposta, por isso os painéis de malha devem ser sempre colocados de forma que a direção das torções forme um ângulo reto com a face frontal da estrutura. E arrematam que quando a capacidade de ancoragem supera a resistência à tração da malha, a falha por ruptura tem lugar sem deformações significativas do painel de reforço.

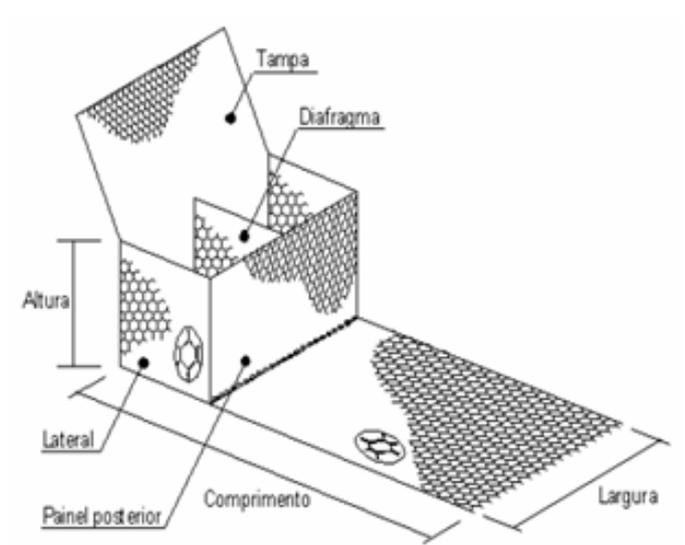


Figura 1. Modelo do Sistema Terramesh.

3.2 Método de estabilização de taludes

A escolha do método adequado para verificação da estabilidade de uma estrutura é fundamental, tanto para fase de execução como também para a confiabilidade dos resultados obtidos a partir do seu dimensionamento. As análises das estruturas modeladas foram realizadas utilizando o método analítico baseado no princípio do equilíbrio limite pelo método de Bishop Simplificado que é utilizado no software Macstars.

De acordo com Morgenstern e Sangrey (1978), no método do equilíbrio limite assume-se a existência de certa superfície de ruptura bem definida, considerando que a massa de solo está em risco de sofrer uma ruptura iminente, abordado pelo critério de ruptura, determinado por Mohr-Coulomb ao longo da superfície.

Um dos principais métodos de análise por equilíbrio limite, conforme o referido

autor, é o método das fatias, no qual a superfície potencial de ruptura é dividida em fatias verticais, podendo esta superfície ser circular ou poligonal. Este método de análise é utilizado por Bishop, que considera a superfície de ruptura circular, entendendo-se que há um equilíbrio de forças e momentos entre as fatias e que é nula a resultante das forças entre elas.

O método de Bishop pode ser aplicado somente para superfícies circulares, que são consideradas superfícies de ruptura adotando um centro de rotação fictício. As forças entre as fatias têm direção apenas horizontal e o coeficiente de segurança é calculado pelo equilíbrio contra rotação em torno do centro da circunferência (SAYÃO e SIEIRA, 2005). Este método é muito usado na prática e recomendado para projetos simples.

Para a análise da estabilidade, o valor do fator de segurança é muito importante, pois é através dele que se analisa a estabilidade do talude. Por exemplo, se ele for menor que 1, teoricamente encontra-se na iminência de romper-se, por outro lado se for maior ou igual, o talude está sem risco teórico e de ruptura. Adotou-se como limites os fatores de segurança recomendados na NBR-11682/2009, o valor de 1,5 para a verificação a estabilidade global. Já na verificação como muro respectivamente 2 para tombamento, 1,5 para deslizamento e 3 para verificação na fundação (ABNT, 2009).

3.3 Caracterização geotécnica do solo

Todo projeto geotécnico que visa dimensionar uma obra de infraestrutura que envolva diretamente o solo é mandatório primeiramente conhecer este solo. Isto pode ser feito a partir de ensaios de caracterização geotécnica. A partir disso é possível classificar o solo. Já para a modelagem de estrutura de contenção precisa-se dos parâmetros de resistência do solo e uma das formas de obtê-los é através da realização de ensaios de cisalhamento direto. Tanto a caracterização geotécnica como a obtenção dos parâmetros de resistência a partir do cisalhamento direto são etapas obrigatórias previstas na NBR 11682, intitulada de Estabilidade de Encostas.

Os resultados dos ensaios de caracterização e de cisalhamento direto do solo foram obtidos a partir de pesquisa realizada por Cristiano Viecili no ano de 2003. Utilizaram-se estes resultados especialmente porque se trata de solo residual típico da região noroeste do Rio Grande do Sul, e por ter sido analisada a pior situação, resistência residual, amostra natural, inundada. As amostras do solo foram retiradas de talude situado no campus da UNIJUÍ, próximo ao LEC. Segundo Viecili (2003), oito amostras indeformadas do solo foram retiradas a dois metros de profundidade com relação à superfície, para execução de dois programas de ensaios de cisalhamento direto, um para amostra indeformada na umidade natural e outra para amostra indeformada inundada.

Conforme Viecili (2003), o material é composto por 85% de argila (<0,005 mm), 10% de silte (0,005 a 0,074 mm), 4,12% de areia fina (0,074 a 0,42 mm), 0,72% de

areia média (0,42 a 2,0 mm), 0,16% de areia grossa (2,0 a 4,8mm) e não possui fração de pedregulho. Na Tabela 1, apresenta-se as propriedades físicas médias do solo.

PROPRIEDADES	Valores Médios
Limite de liquidez (LL)	59,00%
Limite de plasticidade (LP)	47,03%
Índice de plasticidade (IP)	11,97%
Peso específico real dos grãos (G)	28,52 kN/m ³
Umidade média de campo (H)	34,53%
Peso específico natural (γ_n)	13,74 kN/m ³
Peso específico aparente seco (γ_d)	10,21 kN/m ³
Índice de vazios médio (e)	1,79
Porosidade média (n)	0,64
Índice de Atividade (Ia)	0,14
Índice de Consistência (IC)	2,04

Tabela 1. Propriedades físicas do solo.

De acordo com Vecili (2003), executaram-se ensaios de cisalhamento direto com tensões normais de 30, 60, 100 e 200 kPa, com velocidade constante de deslocamento de 0,031 mm/min, na situação inundada. Com base no ensaio, é possível analisar que conforme aumenta a tensão aplicada sobre o solo, a tensão cisalhante e o deslocamento horizontal respectivamente aumentam de maneira gradativa. Comportamento semelhante ocorre com a deformação vertical e o deslocamento horizontal, onde a cada tensão maior aplicada, seus valores crescem.

Vale ressaltar que o solo utilizado estava na umidade natural, inundado, obtendo-se para a coesão o valor de 15,8 kPa. Para dimensionamento das estruturas, reduziu-se em 2/3 a coesão, adotando-se 10,53 kPa. Indica-se na Tabela 2 os parâmetros do solo utilizados na modelagem das estruturas.

PROPRIEDADES DO SOLO	
Ângulo de atrito	24,14°
Coesão	10,53 kPa
Peso específico natural	13,748 kN/m ³
Peso específico saturado	16,638 kN/m ³

Tabela 2. Parâmetros do Solo Adotados na Modelagem.

Importante ressaltar que foram utilizados parâmetros da envoltória de Mohr de resistência residual, com deslocamento horizontal de 2 mm, considerada ruptura técnica, pois é a situação mais desfavorável do ponto de vista da resistência.

Vecili (2003) percebeu que o solo apresentou aumento da resistência ao cisalhamento após a ruptura na aplicação da tensão de 200 kPa. Considerando que o solo estava inundado e sabendo que este fato reduz consideravelmente a sua

capacidade de carga, pode-se dizer que se tratava de um solo normalmente adensado. Lambe e Whitman (1974), explicam que o aumento da resistência ao cisalhamento após a ruptura do solo é típico de argila normalmente adensada.

3.4 Apresentação e análise da modelagem

As estruturas de contenção são formadas pelo maciço de solo com paramento frontal, de caixas de gabião de 1 m de altura, onde em sua base prolonga-se a malha hexagonal para dentro do talude, funcionando como reforço, pois resistem aos esforços de tração sofridos pelo maciço. O paramento frontal das estruturas analisadas é escalonado, respeitando o afastamento de 10 centímetros da face frontal da caixa inferior com relação a superior, equivalendo a uma inclinação com ângulo de seis graus com a vertical, como se mostra na Figura 2, de autoria de Maccaferri (2008).

As estruturas de contenção dimensionadas, não necessitam de fundação específica, também não é necessário executar base de concreto magro para colocação das caixas, que formam o paramento. Todas as estruturas foram dimensionadas com caixas de 1 metro de altura, inclusive as inferiores do paramento frontal, visando facilitar a modelagem de forma a se inserir no tema, além de proporcionar maior conhecimento operacional do software. Importante salientar, que a medida adotada não prejudicou a resistência, a estabilidade e bom desempenho da estrutura.

As estruturas de contenção analisadas têm tendência de ruptura de base, na qual o círculo de ruptura, de acordo com Das (2007), é de ponto intermediário.

As análises foram realizadas pelo software Macstars, utilizando o método das fatias de Bishop simplificado. De acordo com Das (2007), Bishop propôs uma solução mais refinada, de forma que o efeito das forças nas faces de cada fatia é levado em conta somente até certo ponto.

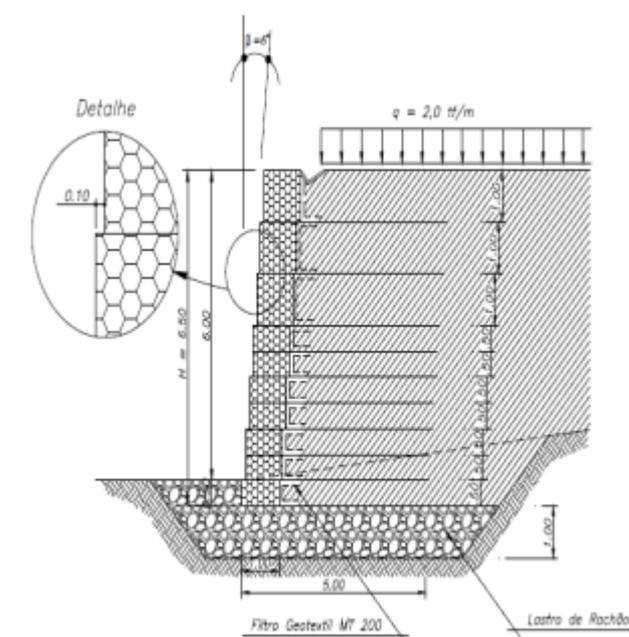


Figura 2. Exemplo de Escalonamento do Paramento.

Nas análises dos taludes, foram investigadas 1010 superfícies de ruptura, visando encontrar a superfície crítica que fornecesse o fator de segurança mínimo. Durante as análises foi possível observar que o fator de segurança vai reduzindo conforme aumenta o número de superfícies analisadas. Isto se dá devido à proximidade da superfície crítica. Na Tabela 3 apresentam-se os fatores de segurança mínimos de cada análise para as estruturas otimizadas de 8 a 12 m de altura.

A análise da estabilidade global abrange todo o maciço reforçado, pois se refere a estabilidade do bloco como um todo. Já nas análises de estabilidade interna foram verificadas as solicitações internas, impostas aos reforços, que quando superiores àquelas que o reforço pode suportar, ocasionam a ruptura/arrancamento da massa de solo.

No que se refere à análise da estrutura como muro foram analisadas a tendência ao deslizamento, tombamento e pressão na fundação.

A análise de tombamento avalia a tendência do bloco reforçado de rotacionar em relação ao ponto frontal inferior do bloco, devido ao momento do empuxo ativo ser superior ao somatório do momento do empuxo passivo com o momento do peso próprio da estrutura. Esta análise considera de acordo com a Maccaferri (2004), como se a fundação não se deformasse no momento de giro. No entanto, isso não ocorre porque é necessário que a fundação entre em colapso devido às cargas aplicadas, para que haja rotação do bloco.

Conforme Sayão e Sieira (2005), as estruturas tendem a deslizar em relação a base sobre a qual estão apoiadas, devido a aplicação do empuxo ativo, no sentido de dentro para fora da parte frontal do talude. No entanto há uma componente do empuxo passivo, a fim de contrapor o deslizamento.

E na análise das fundações, verificam-se as pressões aplicadas na fundação pela estrutura de contenção. Importante salientar que as pressões não devem ultrapassar a capacidade de carga da fundação, para evitar seu colapso.

Análises das estruturas - fatores de segurança					
Estruturas Contenção	Est. Global	Est. Interna	Verificação c/ Muro		
	FS	FS	FSde	FSto	FSpf
Talude de h= 8 m	1,531	2,661	3,84	8,375	3,5
Talude de h= 9 m	1,521	2,55	3,693	8,754	3,5
Talude de h= 10 m	1,51	2,534	3,635	9,791	3,188
Talude de h= 11 m	1,519	2,402	3,861	10,963	3,219
Talude de h= 12 m	1,527	2,327	3,891	12,474	3,375

Tabela 3. Fatores de Segurança por Estrutura Otimizada.

Analisando os valores da Tabela 3, percebe-se que os fatores de segurança de todas as análises atenderam os limites da NBR 11682 (ABNT, 2009) e citados no item 3.2.

Na Tabela 4 são apresentados os valores da força normal e horizontal, bem como os momentos de tombamento e a pressão máxima da fundação, obtidos através da análise das estruturas de contenção como muro.

Análises das estruturas – forças atuantes				
Estruturas Contenção	Força horiz. (kN)	Força normal (kN/m)	Momento tomb. (kN.m)	Pressão máx. fundação (kPa)
Talude de h= 8 m	134,21	1.008,900	396,33	175,66
Talude de h= 9 m	179,54	1295,9	571,55	193
Talude de h= 10 m	222,55	1617	722,43	207,8
Talude de h= 11 m	253,48	1972,2	885,32	222,32
Talude de h= 12 m	299,1	2361,6	1035,3	238,05

Tabela 4. Esforços Resultantes da Análise como Muro.

Pode-se verificar que o momento de tombamento cresce conforme aumenta a altura das estruturas, pois quanto mais alta a estrutura, maior é a tendência de tombamento por rotação da base.

Além dessas análises também foi realizada uma verificação da variação do comprimento do reforço e do bloco de acordo com as alturas de cada estrutura. No gráfico da Figura 3 representam-se os valores mínimos de comprimento para o reforço, que garantam a estabilidade da estrutura, resistência e bom desempenho como um todo.



Figura 3. Comprimento do Reforço x Altura.

Importante salientar que o reforço deve ter comprimento igual ao da base. É possível perceber facilmente a relação crescente do comprimento do reforço com relação à altura. Porém a diferença entre o comprimento do reforço e a altura se manteve sempre de dois metros. Para o caso da altura de 8 metros temos que o comprimento do reforço de 6 m equivale a 75% da altura, considerando esta como 100%. Já para a altura de 12 m temos o comprimento de reforço de 10 m equivalendo a 83,33%.

Assim, podemos dizer que para a variação das alturas de 8 a 12 metros, o comprimento do reforço é igual a altura menos dois, pois a análise apresenta-se com aumento do reforço gradativo e uniforme, conforme aumenta a altura da estrutura, ou seja, ambos são diretamente proporcionais aritmeticamente.

Para exemplificação, reproduzem-se nas Figuras 4 a 6, os gráficos de resultados da modelagem da estrutura de contenção de 12 metros de altura, realizada no software Macstars, apresentando os fatores de segurança de cada análise. Visualiza-se também o diagrama de projeto com as superfícies de ruptura, destacando-se a linha tracejada como sendo a superfície de ruptura crítica da estrutura para análise das estabilidades global, interna, e como muro. Na Figura 7 ilustra-se o projeto da estrutura de solo reforçado para altura de 12 m.

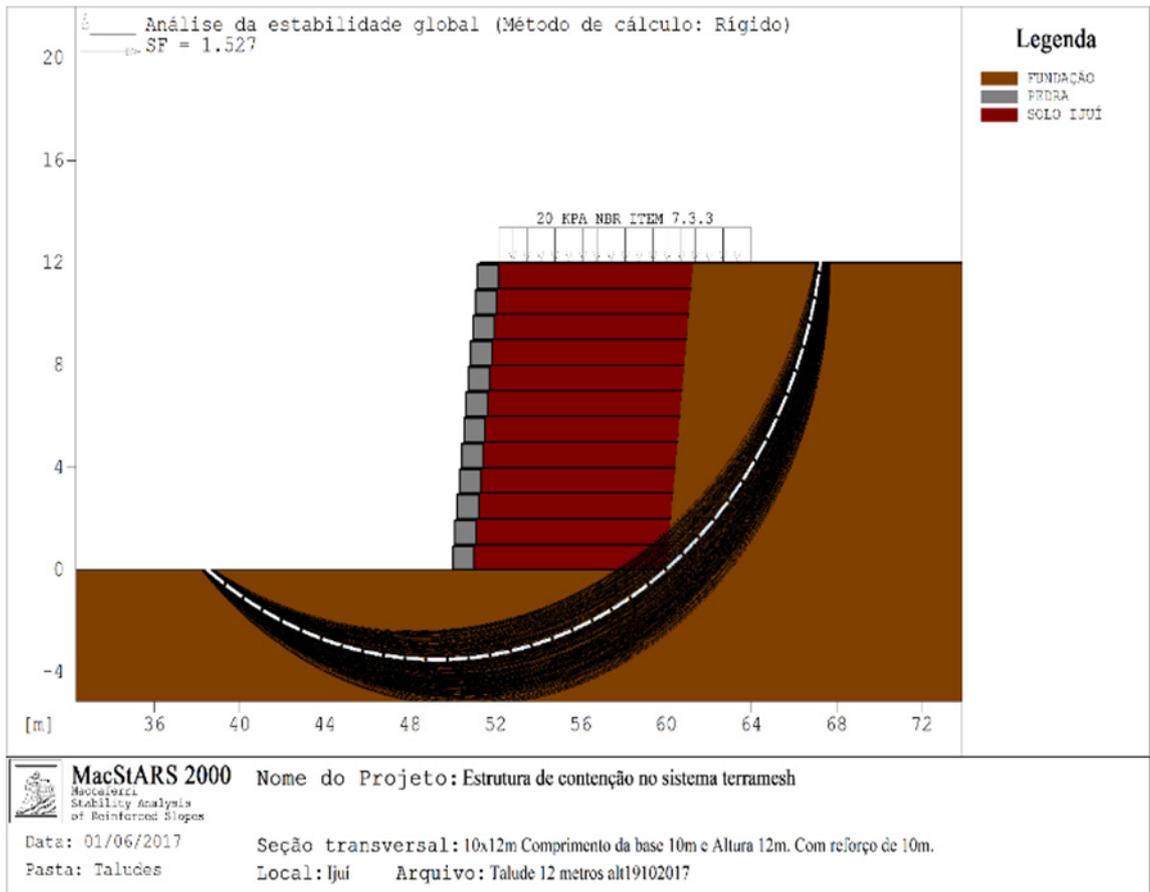


Figura 4. Análise da Estabilidade Global.

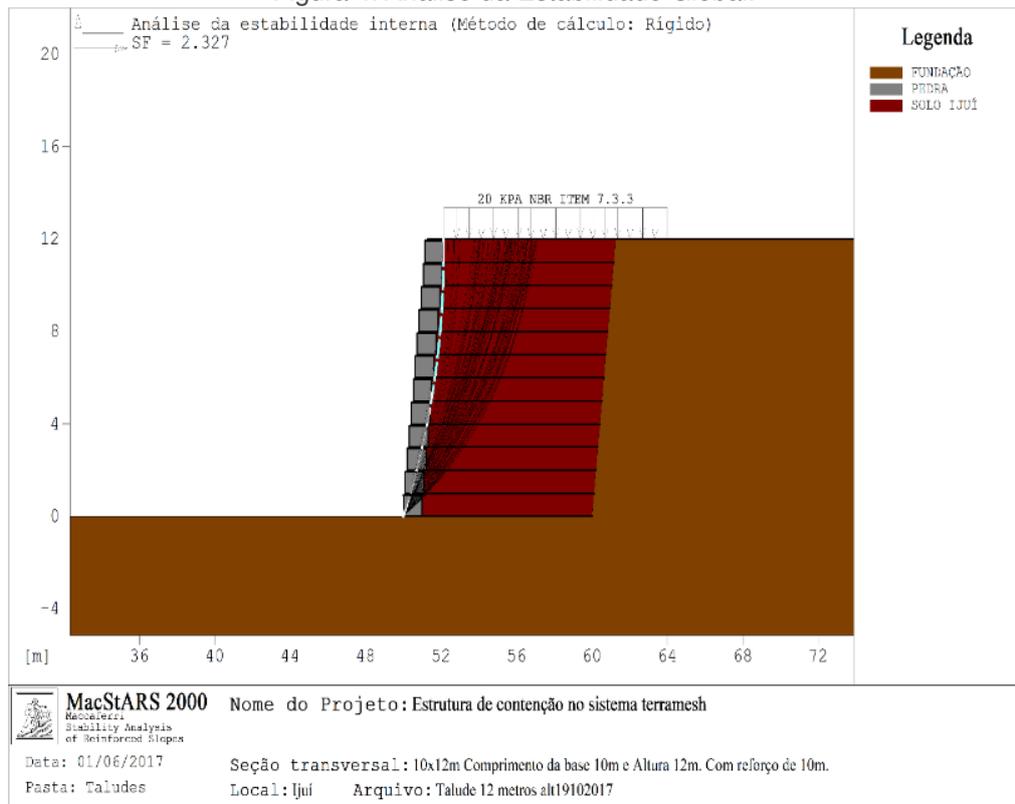


Figura 5. Análise da Estabilidade Interna.

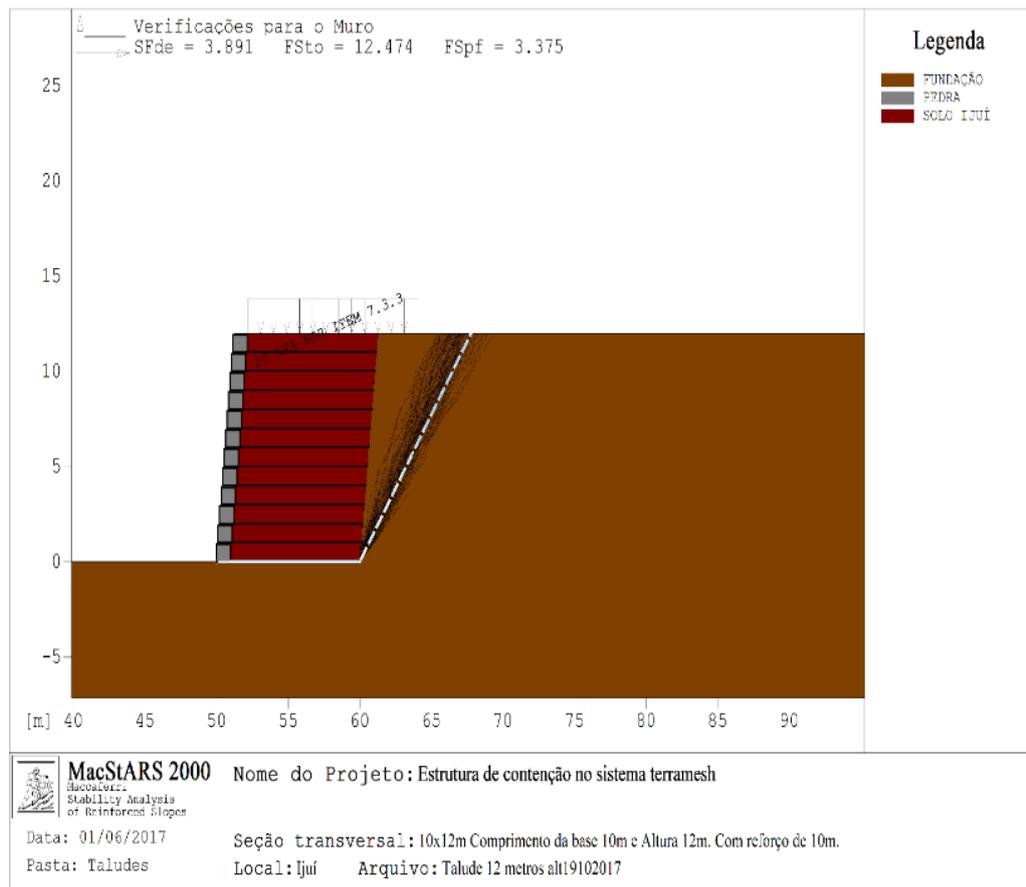


Figura 6. Análise da Estabilidade como Muro.

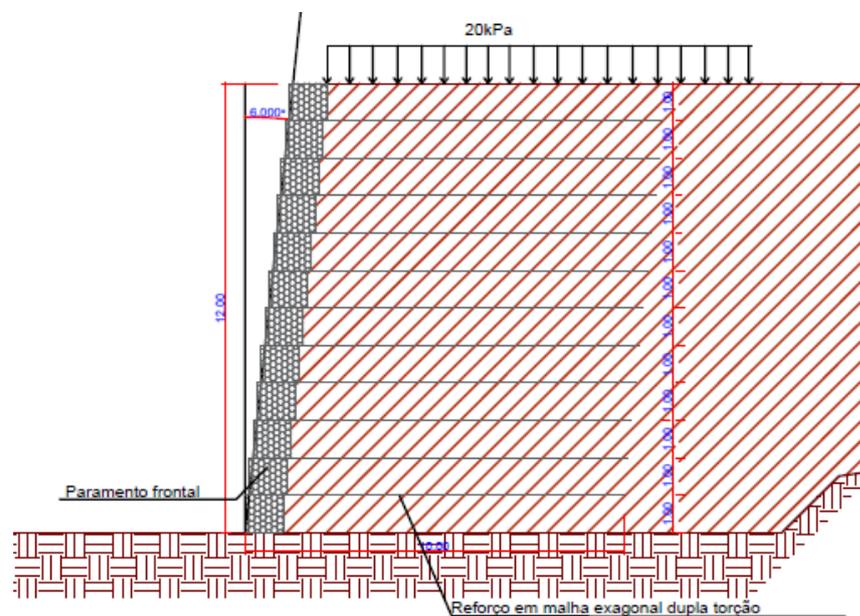


Figura 7. Estrutura de Solo Reforçado de 12 metros.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos ensaios de caracterização e cisalhamento direto do solo, foi possível concluir que a sua coesão aparente proporciona um aumento da resistência ao cisalhamento proporcional a redução do teor de umidade, e por consequência ocasiona a redução da resistência quando o solo se encontra inundado. Por outro

lado, é possível analisar que a resistência de cisalhamento do solo tem tendência a aumentar após a ruptura da amostra, quando atinge a tensão máxima admissível.

Por este motivo que as análises das estruturas de contenção foram dimensionadas com os dados da amostra de solo natural inundado para uma ruptura técnica considerada para um deslocamento horizontal de 2 mm.

As estruturas de contenção foram dimensionadas buscando utilizar o mínimo de comprimento para o reforço e para a base, e não utilizar reforço adicional de geogrelha. Para as estruturas com alturas de 8 a 12 metros, foram executadas análises da estabilidade global, que avaliam a estrutura em geral; estabilidade interna, que avalia a condição de resistência dos reforços; e a verificação como muro, que analisa as estabilidades contra deslizamento, tombamento, e pressão na fundação. Todas as análises apresentaram os fatores de segurança acima dos limites mínimos indicados na NBR 11682/2009. A verificação da estabilidade global foi o critério que norteou o dimensionamento, por ter valores praticamente iguais ao limite da NBR 11682 de 1,5. Em segundo plano, a verificação mais próxima do limite mínimo da norma foi a verificação da pressão na fundação, especialmente para a altura de 10 m.

Por fim, o comprimento do reforço aumenta de acordo com o aumento da altura, evidentemente em face do maior risco de tombamento, deslizamento e ruptura por pressão na fundação. No entanto este aumento é da mesma magnitude do aumento da altura de forma aritmética, ou seja, aumentando 1 metro na altura faz com que o reforço aumente 1 m. Desta forma, para a amplitude estudada com alturas de 8 a 12 metros, verificou-se que o comprimento do reforço equivale ao valor da altura menos dois metros, o que torna a estrutura de solo reforçado otimizada, atendendo a todos os requisitos de segurança.

REFERÊNCIAS

Ananias, E. J.; Teixeira, A.M.; Duran, J. S. (2013). **O uso crescente de solos reforçados para contenções em áreas urbanas: uma ênfase aos 20 anos da solução Terramesh no Brasil**, Artigo Científico, São Paulo, Jundiaí.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 11682 (2009). **Estabilidade de encostas**, Rio de Janeiro.

Das, M. Braja. (2007). **Fundamentos de engenharia geotécnica**, Tradução da 6ª ed. Norte-americana, São Paulo.

Dutra, V.A.S. (2013). **Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural**, Trabalho de conclusão de curso, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Gil, A.C. (2002). **Como elaborar projetos de pesquisa**, 4ª ed, São Paulo.

Lambe, T.W.; Whitman, R.V. (1974). **Mecânica de solos**, Editorial Limusa S.A, México.

Lopes, C.P.F.C. (2001). **Estudo da interação solo-geossintético através de ensaios de corte em**

plano inclinado, Dissertação de Mestrado - F.E.U.P., Porto.

Maccaferri. (2004). **Estruturas de solo reforçado com o sistema Terramesh**, Encarte Técnico, São Paulo.

Maccaferri. (2008). **Reforço de solos**, Manual Técnico, São Paulo.

Massad, F. (2010). **Obras de terra: curso básico de geotecnia**, 2ªed, São Paulo, Editora Oficina de Textos.

Morgenstern, N.R.; Sangrey, D.A. (1978). **Methods of stability analysis**, National Academy of Sciences.

Palmeira, E.M. (1992). **Estabilização e reforço de aterros sobre solos moles utilizando geotêxteis**, Publicação no GRE – Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília.

Sayão, A.; Sieira, A.C.F. (2005). **Manual técnico sobre reforço de solos**, Maccaferri do Brasil Ltda., São Paulo.

Viecili, C. (2003). **Determinação dos parâmetros de resistência do solo de Ijuí a partir do ensaio de cisalhamento direto**, Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Civil, UNIJUÍ, Ijuí.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-473-3

